

Problemfaktoren für das Gewässer Alte Aare und seinen Fischbestand

Synthesebericht zum gleichnamigen Workshop in Lyss vom 9./10. Mai 2000 *

Daniel Bernet¹

Bern, November 2000

¹ Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Tierspital Bern, Länggass-Strasse 122, 3012 Bern, daniel.bernet@itpa.unibe.ch

* Dieses Projekt wurde finanziert durch das Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA), das Fischereiinspektorat des Kantons Bern, das Projekt "Fischnetz" und durch die Hochschulstiftung der Burgergemeinde Bern.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Einleitung	3
2. Ist-Zustand der Alten Aare	4
2.1. Historische Ereignisse	4
2.2. Prozesse und Problemfaktoren.....	6
2.2.1. Fischbestand	6
2.2.2. Fischgesundheit.....	7
2.2.3. Fischdurchgängigkeit.....	9
2.2.4. Dotation und Morphologie	9
2.2.5. Kolmation	9
2.2.6. Wasserqualität.....	10
2.2.7. Altlasten	12
2.2.8. Grundwasser	12
2.2.9. Wassertemperatur	12
2.2.10. Auenlandschaft.....	13
3. Visionen und Massnahmen	14
3.1. Fischbestand	14
3.2. Veränderung der Gerinnestruktur.....	15
3.3. Dotation.....	15
3.4. Kolmation.....	18
3.5. Wasserqualität	18
3.6. Fischdurchgängigkeit.....	21
4. Vergleich der Situation an der Alten Aare mit den Hypothesen des Projekts Fischnetz	24
5. Rückmeldungen der TeilnehmerInnen	26
6. Anhang	27
6.1. Teilnehmer	27
6.2. Vorträge.....	28
6.3. Katalog vorhandenen Datenmaterials.....	29
6.3.1. Altlasten	29
6.3.2. ARA Lyss	29
6.3.3. Fischbestand / Fischbewirtschaftung.....	29
6.3.4. Fischkrankheiten.....	29
6.3.5. Grundwasser	30
6.3.6. Industriebelastung im Einzugsgebiet der Alten Aare und der ARA Lyss.....	30
6.3.7. Makroinvertebraten / Gewässergüte.....	30
6.3.8. Naturschutz / Auenrevitalisierung.....	31
6.3.9. Ökomorphologie	31
6.3.10. Wasserchemie / Sedimentanalytik Alte Aare	32
6.3.11. Wasserdotierung Kraftwerk Aarberg	32
6.3.12. Diverses	32

Zusammenfassung

An der Alten Aare (BE; zwischen Aarberg und Meienried, Länge ca. 16 km) wurden in den vergangenen Jahren wiederholt Fischsterben und Fischkrankheiten beobachtet. Die zum Fischbestand vorliegenden Daten könnten auf einen Fischrückgang hinweisen. Betroffen sind vorwiegend Karpfen- und Barschartige. Der Bachforellenbestand ist klein. Die natürliche Fortpflanzung der Bachforellen wird durch die stark kolmatierte Gewässersohle so gut wie verhindert. Die Altersstruktur der Bachforellen ist charakterisiert durch eine Untervertretung der Tiere ab dem dritten Altersjahr. Während der Sommermonate wurden hauptsächlich in den 80er Jahren alljährlich mehrere "schwarze" verendende Forellen festgestellt.

Auf ein Postulat des Grossrats Rychen hat der bernische Regierungsrat 1985 eine umfassende wissenschaftliche Gesamtuntersuchung an der Alten Aare bewilligt. Seither wurden zur Alten Aare mehrere Studien verfasst. Es kann auf ein relativ ausführliches Datenmaterial der Bereiche Fische, Hydrologie, Morphologie, Grundwasser, Gewässergüte, Naturschutz und Wasserqualität zurückgegriffen werden (vgl. Kap. 6.3.).

Bei einem zweitägigen Workshop trafen sich VertreterInnen von eidgenössischen und kantonalen Ämtern, Hochschulen sowie Gewässerökologen, um 15 Jahre nach dem Postulat Rychen Erkenntnisse auszutauschen und die Situation an der Alten Aare zu diskutieren. Der Workshop hatte zum Ziel, die in neueren Projekten erhobenen Daten zur Alten Aare zusammenzufassen, zu werten und in die vorhandenen Daten einzufügen, um daraus zu einer Zustandsbeschreibung des Gewässerzustandes und des Status der Fischpopulation in der Alten Aare zu gelangen. Dadurch sollte die Identifizierung und Gewichtung der Problemfaktoren für den Fischbestand und den Zustand des Gewässers allgemein ermöglicht werden.

Die Problematik und das heutige Erscheinungsbild an der Alten Aare werden massgeblich durch drei historische Ereignisse bestimmt. 1868-1891 und 1962-1970 wurde die Aare bei der ersten und zweiten Juragewässerkorrektur bei Aarberg durch den neu geschaffenen Hagneck-Kanal in den Bielersee umgeleitet. Der ehemalige Aarelauf zwischen Aarberg und Meienried wurde in ein künstlich begradigtes Gerinne umgewandelt, welches fortan "Alte Aare" hiess. Die ehemals ausgedehnten Auenwälder wurden auf wenige Fragmente reduziert. 1967 nahm das Kraftwerk Aarberg seinen Betrieb auf, welches die Dotation der Alten Aare vorerst bei 1.5 m³/s und ab 1973 verbindlich bei 3.5 m³/s regelte. 1968 wurde die ARA Lyss in Betrieb genommen. Die Alte Aare dient der ARA als Vorfluter.

Das verbliebene Auengebiet entlang der Alten Aare wurde 1992 ins Aueninventar von nationaler Bedeutung aufgenommen. Lebensraumtypische, dynamische Prozesse für eine Aue (wiederkehrende Überschwemmungen, Geschiebeüberschüttungen und Staunässe) werden jedoch durch den konstanten Abfluss und das kanalartige Gerinne verhindert. Der Auenwald läuft Gefahr auszutrocknen und seine Artenzusammensetzung und Struktur zu verlieren. Der gleichmässige, relativ schnell fliessende Wasserstrom in der Alten Aare bedeutet auch für die Fischfauna ein Struktur- und Lebensraumdefizit. Es fehlen vor allem Ruhezone und Stillwasserbereiche für Brut und Jungfische. Die konstante Dotation führt zusammen mit dem durch das Kraftwerk Aarberg unterbundenen Geschiebetrieb und der teilweise hohen Schwebstoffführung zu einer ausgesprochen starken Kolmation der Gewässersohle. Die natürliche Fortpflanzung kieslaichender Arten ist eingeschränkt. Die Infiltrationsleistung der Alten Aare, die ca. 10% des Grundwassers speist, ist durch die Kolmation der Gewässersohle in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Die Qualität des Grundwassers - wesentliche Ressource der Trinkwasserversorgung Biel/Worben und Büren/Dotzigen - hat abgenommen. Die Einleitung von geklärtem Abwasser der ARA Lyss in die Alte Aare führt zu einer deutlichen Verschlechterung der Wasserqualität. Aufgrund

des Saprobienindex und der Kieselalgen-Differenzial-Analyse gilt die Wasserqualität der Alten Aare unterhalb der ARA Lyss als mässig bis stark belastet. Es kommt zu Schaumbildung, Wassertrübungen und Geruchsemissionen, Sauerstoffzehrung, Wachstum von sichtbaren Abwasserorganismen und Eisensulfid-Bildung. Ammoniumkonzentrationen, biochemischer Sauerstoffbedarf sowie Keimzahl-Konzentrationen unterhalb der ARA Lyss überschreiten die Qualitätsanforderungen der Gewässerschutzverordnung teilweise deutlich. Bei toxikologischen Tests mit verdünntem Abwasser der ARA Lyss (meist 1:2) wurden wiederholt zell- und genotoxische sowie endokrine Aktivitäten nachgewiesen. Die Makroinvertebratenfauna in der Alten Aare unterhalb der ARA Lyss wird durch die Einleitung des Abwassers deutlich verändert. Im Sommer werden in der Alten Aare hohe Wassertemperaturen festgestellt ($>21^{\circ}\text{C}$), die für Bachforellen Stress bedeuten. Die hohen Wassertemperaturen sind auf zahlreiche Staustrecken der Aare (Wohlensee, Niederriedstausee, Aarestau bei Aarberg) sowie der Einleitung von erwärmtem Wasser zur Kühlung des Kernkraftwerkes Mühleberg in die Aare vor der Ausleitung in die Alte Aare zurückzuführen. Das Ende der 70er und in den 80er Jahren jährlich auftretende Sterben von schwarzen, apathischen Bachforellen in den Monaten Juli und August, das als "Sommersyndrom" bezeichnet wird, lässt vermuten, dass die hohen Temperaturen im Sommer zumindest "auslösendes Potenzial" haben.

Mit den hydrologischen Faktoren, den Wanderhindernissen, den Lebensraumdefiziten, der hochgradigen Kolmation, der belasteten Wasserqualität, den hohen Wassertemperaturen während der Sommermonate, den Reproduktionsproblemen und den auftretenden Fischkrankheiten handelt es sich an der Alten Aare um ein sehr komplexes, multifaktorielles Problemgefüge. Die Problemfaktoren sind nicht nur für die fischereiliche Situation massgebend, sondern auch verantwortlich für die ökologischen Probleme der Auenlandschaft und der Grundwasserproblematik an der Alten Aare.

Zur Gesundung der Fischfauna und zur Förderung eines dem Habitat der Alten Aare entsprechenden Zielfischbestandes (Kap. 3.1.) ist die dynamische Regelung des heute konstanten Abflusses die prioritäre Massnahme schlechthin (Kap. 3.3.). Weitere Verbesserungsmassnahmen sind bei der morphologischen Gerinnestruktur (Kap. 3.2.), bei der Kolmationsproblematik (Kap. 3.4.), bei der Wasserqualität (Kap. 3.5.) und der Fischdurchgängigkeit (Kap. 3.6) zu treffen. Die Dynamisierung des Abflusses sowie die Fischdurchgängigkeit in Aarberg bedingen bauliche Massnahmen am Kraftwerk Aarberg, so dass diese Massnahmen mittelfristig zu realisieren sind. Eine variabelere Gerinnestruktur lässt sich im Rahmen von Massnahmen der Auenschutzverordnung kurzfristig realisieren. Die Lösung der Kolmationsproblematik ist nur mit der künstlichen Einbringung von Kies im Oberlauf der Alten Aare zu realisieren. Bei der Wasserqualität dürfte durch die begonnene Sanierung der ARA Lyss sowie zahlreicher ARAs entlang der Aare am frühesten mit Verbesserungen gerechnet werden.

Der Workshop hat eindeutige Evidenzen erbracht, dass der Fischbestand und die Bachforellenpopulation in der Alten Aare bezüglich Populationsstruktur und Gesundheitszustand des Einzeltieres gestört ist. Darüber hinaus hat der Workshop gezeigt, dass die Alte Aare bezüglich der hydrologischen Verhältnisse, der Gewässergüte, und der Morphologie Defizite aufweist und mit toxischen Stoffen belastet ist. Es ist davon auszugehen, dass diese multifaktorielle Stresssituation für den fischereilichen Zustand verantwortlich ist, ohne dass die relative Bedeutung der Einzelfaktoren gewichtet werden kann. Der Synthesebericht bildet mit der Identifizierung der Problemfaktoren und den diskutierten Verbesserungsmassnahmen eine wichtige Grundlage für Umsetzungsmassnahmen und somit für die Gesundung des Fischbestandes und des Zustands der Alten Aare. Die Ergebnisse an der Alten Aare fliessen ins Projekt "Fischnetz" ein, das die Aktivitäten zum Thema Fischrückgang gesamtschweizerisch koordiniert.

1. Einleitung

Gewässerschutzprobleme, Fischkrankheiten und Fischsterben in der Alten Aare veranlassten Grossrat Rychen (Lyss), im Jahre 1985 ein Postulat für eine umfassende wissenschaftliche Gesamtuntersuchung an der Alten Aare einzureichen. Die Genehmigung des Postulats durch den Regierungsrat initiierte mehrere wissenschaftliche Studien an der Alten Aare. In einer ersten Phase der Problemerkennung wurden im Rahmen einer Diplomarbeit gewässerchemische, hydrologische und fischereibiologische Untersuchungen durchgeführt (Rüfenacht & Spörri, 1988). Im Rahmen des kantonalen Vollzugskonzepts Siedlungsentwässerung (VOKOS) wurde die Gewässergüte der Alten Aare aufgrund der Makroinvertebraten-Fauna untersucht (AquaPlus, 1993). "Schwarze", verendende Forellen, die jährlich während der Sommermonate auftraten, wurden an der Nationalen Fischuntersuchungsstelle, Tierspital Bern, untersucht. 1993 stellte Heinz Marrer, Büro für Gewässer- und Fischereifragen, eine erste Synthese aus allen wesentlichen Untersuchungen zusammen und machte konkrete Vorschläge für Massnahmen (Marrer, 1993). Seit dieser ersten komplexen Zusammenstellung sind weitere Abklärungen in den Bereichen Wasserqualität (z.B. Toxizitäts-, Schwermetall-, Schwebstoffanalysen, biologische Untersuchungen), Fischgesundheit (Effekte der Kläranlage Lyss), Grundwasserverhältnisse, Fischbestände (regelmässige quantitative Abfischungen) und Altlastenemissionen vorgenommen worden. 1992 trat die Auenverordnung in Kraft, bei der der Schweizerische Bundesrat von den Kantonen den nachhaltigen Schutz der Auengebiete verlangt, zu denen im Kanton Bern die Alte Aare gehört. In einem Massnahmenkatalog hat das Naturschutzinspektorat Bern in Zusammenarbeit mit der Berner Bürogemeinschaft Berz Hafner & Partner AG verschiedene Vorschläge für konkrete Verbesserungsmassnahmen an der Alten Aare im Sinne der Auenverordnung zusammengestellt.

15 Jahre nach dem Postulat des Berner Grossrats Rychen wurden im Rahmen eines zweitägigen Workshops am 9./10. Mai 2000 in Lyss mit ausgewählten VertreterInnen verschiedener kantonalen und eidgenössischer Ämter, ForscherInnen und Experten die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen an der Alten Aare aufgegriffen und diskutiert. Die Identifizierung und Gewichtung von fischereibiologisch und gewässerökologisch relevanten Problemfaktoren ermöglichte die Formulierung von entsprechenden Massnahmen. Damit wollte man dem langfristigen Ziel zur Verbesserung der Bedingungen für den Fischbestand in der Alten Aare einen Schritt näher kommen.

Am ersten Tag des Workshops wurden bei einer Vortragsserie (Kap. 6.2.) von den einzelnen ExpertInnen die Problemfaktoren an der Alten Aare aus ihrer Sicht vorgestellt und Wissenslücken und offene Fragen bezeichnet. Am zweiten Tag wurden in Gruppen- und Plenumsdiskussionen die Problemfaktoren an der Alten Aare gewichtet und Visionen und Massnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes und der fischereibiologischen Situation an der Alten Aare formuliert. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse und Diskussionen des Workshops und macht eine aktuelle Synthese von

der Problematik an der Alten Aare vor allem unter Berücksichtigung derjenigen Daten, die nach der Erstellung des Syntheseberichts von Marrer (1993) erhoben worden sind.

Die Alte Aare ist kein Einzelfall. In den vergangenen 10 Jahren sind die Fangerträge von Bachforellen vor allem in den Fliessgewässern des schweizerischen Mittellandes deutlich zurückgegangen (Frick et al., 1998, Friedl, 1999). Im landesweit koordinierten Projekt "Fischnetz" werden die Aktivitäten zur Erforschung des Fischrückgangs in der Schweiz vorangetrieben. Die langjährigen fischereibiologischen und gewässerökologischen Erkenntnisse an der Alten Aare bieten sich an, als Einzelbeispiel in das Projekt "Fischnetz" einzufließen.

2. Ist-Zustand der Alten Aare

2.1. Historische Ereignisse

Der heutige Zustand der Alten Aare und ihr Erscheinungsbild wurden durch drei historische Ereignisse entscheidend geprägt. Die Ereignisse sind nachfolgend stichwortartig beschrieben.

1) **erste und zweite Juragewässerkorrektion** (1868-1891 und 1962-1970)

Umleitung der Aare bei Aarberg durch den neu geschaffenen Hagneck-Kanal in den Bielersee; die Alte Aare stellt nun das begradigte Gerinne des ehemaligen Aarelaufes zwischen Aarberg und Meienried dar; nach der Eröffnung des Hagneckkanals nur noch gespiesen von Radelfingerau und Überfallbauwerk bei Aarberg ($\sim 0.8 \text{ m}^3/\text{s}$) (Berz et al., 1985; Rüfenacht & Spörri, 1988).

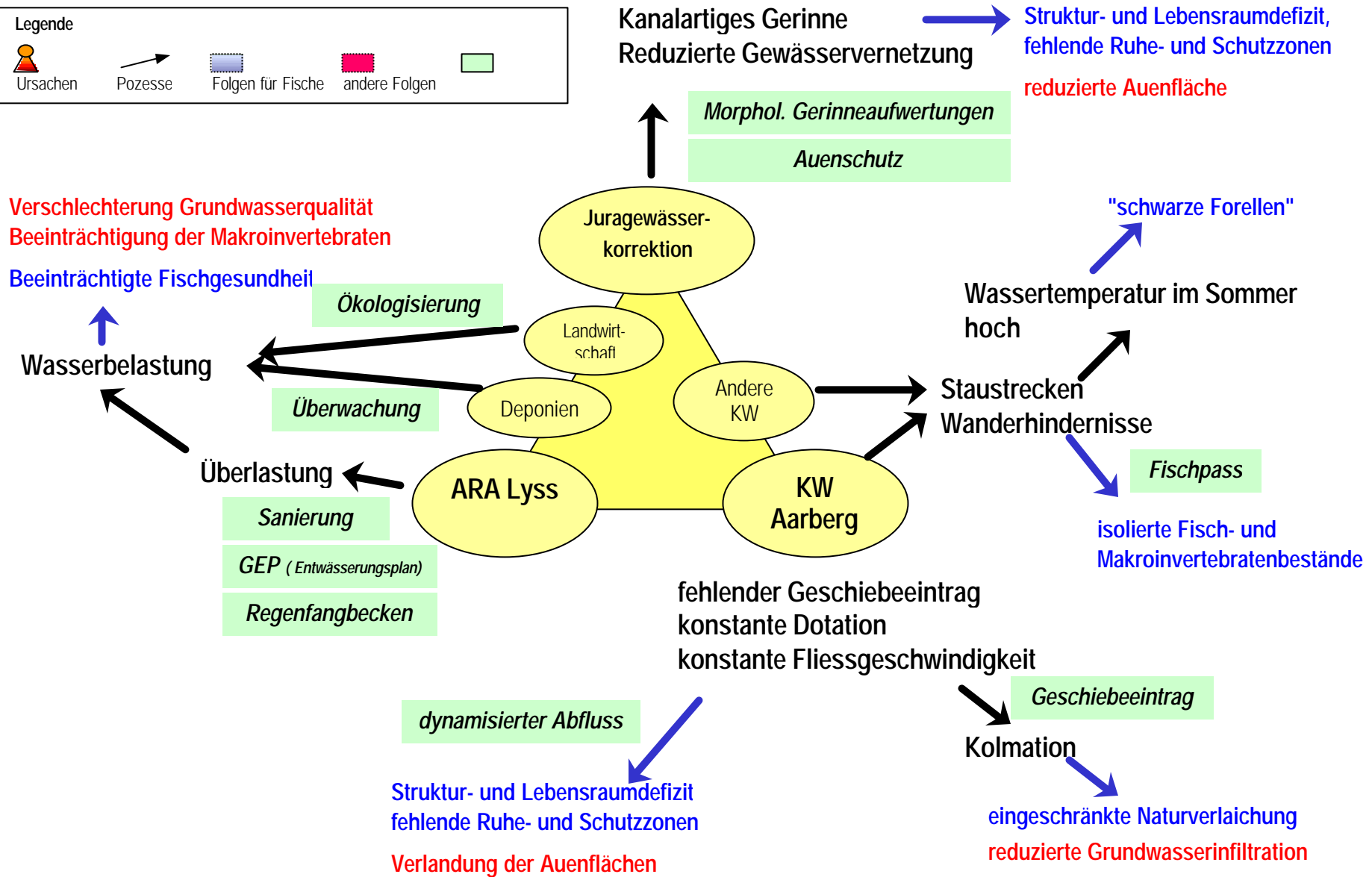
2) **Inbetriebnahme KW Aarberg** (1967)

Abflussregime mit konstanter Dotation; ab 1967 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ durch Pflichtwasserturbine und Bypass, welcher beim Ausfall oder Abstellen der Turbine öffnet und eine Dotation von $1 \text{ m}^3/\text{s}$ sicherstellt (bei Mehrdotation wurden damals Überschwemmungen und ungünstige Auswirkungen auf Wasserversorgungsanlagen Biel und Lyss befürchtet!); seit 1973 verbindliche Regelung bei $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (mit Passus, dass Dotationserhöhung bis $6 \text{ m}^3/\text{s}$ erlaubt ist). Pflichtwasserturbine ist nicht regulierbar (Rüfenacht & Spörri, 1988; Marrer, 1993; WEA).

3) **Inbetriebnahme ARA Lyss** (1968)

Belastung: konzipiert für 68'000 EWG aus 11 Gemeinden; Anschlussgrad 97%; Entwässerung zu 70% im Mischsystem; Fremdwasseranteil ca. 40%; keine Regenwasserbehandlung; keine Nitrifikation und Denitrifikation; heute überlastet (Vokos, 1996); **Industrie:** Schmutzwasseranteil 7% ($250'000 \text{ m}^3/\text{J}$), belastungsmässig (CSB) sind dies jedoch 50%; keine wilden Einleitungen (jedoch ausgedehnte Schlammdeponien der Zuckerfabrik Aarberg (bis 1982 benutzt)); **Verdünnung** des Abwassers durch Alte Aare $\sim 1:20$; seit 1999 Sanierung im Gange (höhere Leistungsfähigkeit (für 85'000 EWG), Vollnitrifikation und Teildenitrifikation; Fertigstellung voraussichtlich 2003);

0.1: Schematische Situationsanalyse an der Alten Aare



2.2. Prozesse und Problemfaktoren

Die drei historischen Ereignisse leiteten Prozesse ein, die sich an der Alten Aare negativ auf die Fische und das ökologische Gleichgewicht auswirken. In den nachfolgenden Kapiteln wird der Fischbestand in der Alten Aare charakterisiert und die Problemfaktoren für das Gewässer aufgelistet. Abb. 1 fasst die Prozesse und Problemfaktoren inklusive den in Kap. 3. vorgeschlagenen Massnahmen grafisch zusammen.

2.2.1. *Fischbestand*

Mit 26 nachgewiesenen Arten stellt die Alte Aare ein artenreiches Gewässer dar. Der Artenreichtum ist weniger auf lebensräumliche geeignete Bedingungen, sondern auf die Refugialfunktion der Alten Aare in der artenreichen und fischökologisch vielfältigen Region Bielersee/Nidau-Büren-Kanal/Häftli anzusehen, die im Bereich des Nidau-Büren-Kanals ausgesprochen fischökologische Defizite aufweist. Die Alte Aare wird aufgrund der Artenzusammensetzung (vorwiegend rheophile, viele indifferente Arten und wenige limnophile Arten) der Barbenregion zugeordnet (Marrer, 1993). Trotzdem wurden bei den bisherigen Besatzmassnahmen vor allem die beiden rheophilen Arten Bachforelle und Äsche gefördert. Die Grösse des Fischbestandes unterliegt deutlichen Schwankungen, die in erster Linie durch Wanderungen von Karpfen- und Barschartigen bedingt zu sein scheinen (Rüfenacht & Spörri, 1988; Marrer, 1993; Bestandeskontrollen FI Bern). Massenwanderungen von Barben und Haseln sind ca. 10 Jahre nach der zweiten Juragewässerkorrektion und der Inbetriebnahme der Kraftwerke Flumenthal und Bannwil (1970; in der Aare unterhalb der Alten Aare) drastisch zurückgegangen (Marrer, 1993). Es wird davon ausgegangen, dass durch die starke Kolmation der Gewässersohle die natürliche Reproduktion der Bachforelle sehr stark eingeschränkt ist. Laichgruben und Naturbrut von Bachforellen wurden nur an einigen wenigen Stellen beobachtet (J. Ramseier, pers. Mitteilung; Rüfenacht & Spörri, 1988; Marrer, 1993). Die Bachforellenpopulation wurde daher bis anhin wie die Äschenpopulation durch Besatzmassnahmen gestützt (Bachforellen: ca. 10'000 Brütlinge und 5'000-7'500 Sömmerlinge pro Jahr). Die Altersstruktur der Bachforellen ist charakterisiert durch einen normalen Anteil an Fischen der Grössenklasse 5-10 cm und einem geringen Anteil an fangfähigen Bachforellen (ab 26 cm; Altersklasse > 2+). Da der Befischungsdruck an der Alten Aare und die Prädatorensituation durch fischfressende Vögel mässig ist, muss eine unnatürlich hohe Mortalität der eingesetzten Bachforellen vermutet werden (Rüfenacht & Spörri, 1988). Die Ursachen für diesen erhöhten Abgang sind nicht geklärt. Krankheiten wie PKD und Furunkulose aber auch Auswirkungen der ungenügenden Wasserqualität sind potentielle Gründe (Kap. 2.2.2.).

Seit 1989 werden vom Fischereiinspektorat standardisierte quantitative Bestandesuntersuchungen durchgeführt. Die Interpretation der Datenlage stösst auf einige Schwierigkeiten, da der Gesamtfischbestand durch starke Fluktuationen bei schwarmbildenden Arten wie Egli, Schneider und

Barben beeinflusst wird. Von 1991 bis 1996 wurden in jedem Jahr weniger Fische abgefischt. Die Differenz im Gesamtfischbestand zwischen 1991 und 1996 betrug 85%. Erst 1998 war der Gesamtbestand wieder etwas höher als im Vorjahr. Die Daten können so interpretiert werden, dass ein Fischrückgang vorliegt. Die Verifizierung dieser Tendenz bedarf jedoch einer Weiterführung der Bestandenserhebungen. Die Populationsstärke der Bachforellen war in den letzten 10 Jahren konstant, jedoch klein (gewichtsmässiger Anteil am Gesamtbestand: 3-30%). Vor 1989, dem Beginn der standardisierten quantitativen Bestandenserhebungen durch das Fischereiinspektorat, existieren nur Daten von drei quantitative Abfischungskampagnen, die jedoch untereinander nicht standardisiert waren. In den Jahren 1986 und 1987 führten Rüfenacht & Spörri (1988) auf drei Teststrecken (je 200 m; Netzabsperungen; 2-3 Durchgänge) quantitative Elektroabfischungen durch. Vom Fischereiinspektorat existieren Daten über Kontrollabfischungen zu Beginn der 80er Jahre (je 300 m; ohne Netzabsperungen; ein Durchgang). Und im Herbst 1964 wurde die ganze Alte Aare in einer 3-tägigen Abfischungskampagne abgefischt. Wegen der unterschiedlichen Methoden und Abfischungsstrecken sind die drei Kampagnen mit Vorsicht zu vergleichen. Es ist unter Vorbehalten zu vermuten, dass sich der Gesamtfischbestand seit 1964 bis in die 80er Jahre verkleinert hat (Rüfenacht & Spörri, 1988). Bei den Abfischungen in den 60er Jahren betrug der relative Anteil der Bachforellen am Gesamtbestand 2.4% (Rüfenacht & Spörri, 1988), in den 80er Jahren 22-60% (Rüfenacht & Spörri, 1988) und in den 90er Jahren 4-43% (FI, Bern).

Seit Beginn der obligatorischen Fangstatistik in den Patentgewässern des Kantons Bern war die Anzahl der Jahrespatentinhaber, die in der Alten Aare erfolgreich auf Bachforellen gefischt haben, von 1989 bis 1992 leicht rückläufig und seit 1992 konstant (Mitteilung FI, Bern). Der Gesamtfang der Angelfischer in der Alten Aare (215-448 kg/J; =14-30 kg/ha) ist seit 1989 rückläufig. Der Fang von Bachforellen (20-65 kg/J) ist jedoch konstant, und macht 8-16% am Gesamtfang aus.

2.2.2. Fischgesundheit

Ende 70er bis Ende der 80er Jahre wurden in der Alten Aare während der Sommermonate wiederholt schwarze, verendende Bachforellen beobachtet. In den 90er Jahren waren solche Beobachtungen seltener, wobei dokumentierte Fälle sich auf Bachforellen aus dem Eichibach und dem Lyssbach (Nebenbäche der Alten Aare) beschränkten. Um die Ursachen des sogenannten "Sommersyndroms" abzuklären, wurden mehrmals Bachforellen an der Nationalen Fischuntersuchungsstelle (Tierspital Bern) untersucht. Das Krankheitsbild der befallenen Bachforellen (Dunkelfärbung, Blutarmut, Apathie) ist unspezifisch, d.h. kann durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden. Marrer (1993) berichtet, dass nach Angaben der Nationalen Fischuntersuchungsstelle die Ursache des Schwarzforellensyndroms nicht gefunden werden konnten, obwohl viele Krankheiten - die im Einzelfall auch Todesursache sein können - festgestellt wurden. Da das Auftreten von schwarzen Bachforellen

immer auf die Monate Juli und August beschränkt war, muss den erhöhten sommerlichen Wassertemperaturen zumindest auslösendes Potenzial zugemessen werden. Auffällig war jedoch das gehäufte Auftreten von PKD (Proliferative Nierenkrankheit). PKD ist eine parasitäre Erkrankung, die sich neben den beschriebenen Symptomen durch eine Vergrößerung der Milz und der Niere auszeichnet. PKD wurde jedoch nicht bei allen Bachforellen mit Schwarzforellensyndrom nachgewiesen. Daher wurde PKD bisher nicht als alleinige Ursache angesehen. Mit einer neuen lektinhistochemischen Färbetechnik ist der Nachweis des PKD-Parasiten heute einfacher geworden. Bei Nachfärbungen von altem Probematerial (Fälle von schwarzen Forellen zwischen 1980 bis 1988) mit der neuen Methode konnten in 2 von 4 Fällen PKD nachgewiesen werden, bei denen damals mittels konventioneller histologischer Methoden trotz der PKD typischen Symptome (vergrösserte Nieren, Dunkelfärbung) keine PKD diagnostiziert wurde. Trotzdem ist es auch heute nicht möglich, die Ursachen für das Sommersyndrom der Bachforellen abschliessend zu nennen. Die Aussage von Marrer (1993), dass das lokale Auftreten des Syndroms gegen eine rein infektiöse Ursache spricht, ist jedoch zu relativieren, da das Schwarzforellensyndrom mittlerweile auch in anderen schweizerischen Flüssen und in Bayern, Deutschland, beobachtet wurde.

Bei den untersuchten Forellen wurden zusätzlich Organveränderungen festgestellt, die nicht zum pathologischen Bild der PKD gehörten. Diese sind eher auf eine unzureichende Wasserqualität zurückzuführen. Hälterungsexperimente und Analysen freilebender Forellen in den 90er Jahren, die den Gesundheitszustand der Fische in der Alten Aare in Zusammenhang mit der Wasserbelastung durch die ARA Lyss beurteilten, zeigten, dass das vorbelastete Flusswasser der Alten Aare oberhalb der ARA Lyss bei Bachforellen bereits zu Veränderungen führt, dass jedoch die Einleitung von geklärtem Abwasser der ARA Lyss unterhalb von Lyss diese Veränderungen verstärkt (Bernet, 1999). Abwasserexponierte Forellen wiesen beispielsweise stärkere Organveränderungen auf als flusswasserexponierte (Bernet et al., 2000b). Die deutlichsten Veränderungen wurden an Kiemen und Leber beobachtet. Die Kiemenveränderungen dürften einerseits die O₂-Aufnahme, andererseits die Stickstoffexkretion erschwert haben, die in Zusammenhang mit den erhöhten Harnstoffwerten im Blut der abwasserexponierten Forellen gesehen werden dürfen. Unterhalb der ARA Lyss wiesen die Forellen erhöhte Lebergewichte auf, die auf eine gesteigerte Entgiftungsaktivität oder eine gesteigerte Fettablagerung hinweisen. Im Vergleich mit anderen Gewässern des Kantons Bern waren v.a. die Nierenveränderungen (z.T. wegen PKD-Befall) als hoch zu bewerten (Schmidt et al., 2000). Abwasserexponierte Forellen waren ausserdem anfälliger für sekundär pathogene Keime und einige Parasitenarten (Bernet et al., 2000a). Dies könnte ein Hinweis auf eine gehemmte Abwehrfunktion des Immunsystems der Tiere sein.

Der Konditionszustand der Bachforellen der Alten Aare nimmt, für diese Spezies untypisch, bereits vor der Laichzeit in den Monaten August und September ab (Rüfenacht & Spörri, 1988). Die Ursache dürfte bei den hohen Wassertemperaturen während der Sommermonate liegen, die mit Spitzenwerten von über 21°C zu Stresssituationen für die Bachforellen führen (Kap. 2.2.9.). Möglicherweise trägt auch das für die rheophile, Sauerstoff liebende Bachforelle suboptimale Habitat das seine dazu bei.

2.2.3. Fischdurchgängigkeit

Beim KW Aarberg ist die Fischdurchgängigkeit in beiden Richtungen nicht gegeben (Marrer, 1993). Es existiert keine Aufstiegsmöglichkeit von der Alten Aare in den Aarestau bei Aarberg. In entgegengesetzter Richtung ist eine Passage nur durch die Pflichtwasserturbine des KW möglich, die ein grosses Verletzungsrisiko für die Fische darstellt. Die Fischbestände in der Alten Aare sind daher als Populationen anzusehen, die von Populationen der Aare oberhalb des Bielersees separiert sind. Der Rückgang der Massenwanderungen von Karpfenartigen wird mit baulichen Eingriffen in den Nidau-Büren-Kanal (im Rahmen der zweiten Juragewässerkorrektion) sowie mit dem Bau der KW Flumenthal und Bannwil (1970; reduzierte Fischdurchgängigkeit, neue Stauhaltung und dadurch Verschlechterung des Lebensraums) in Verbindung gebracht (Marrer, 1993).

2.2.4. Dotation und Morphologie

Die Alte Aare ist ein begradigtes, künstlich-eingeengtes Gerinne mit geringer Breiten- und Tiefenvarianz und steilen, weitgehend naturnah bis leicht beeinträchtigten Ufern (ca. 9% künstlich gesichert durch Pflasterung oder Blockwurf). Der monotone, künstlich geregelte Abfluss (3.5 - 4.0 m³/s) durch das KW Aarberg führt in diesem Gerinne zu einer relativ hohen Fliessgeschwindigkeit (60-70 cm/s). Die Abflussdynamik der Alten Aare wird nach dem Zufluss des Lyssbachs (ca. 0.5 m³/s) etwas grösser. Neben dem Lyssbach münden nur wenige, meist kleine, seitlich befestigte oder eingedolte Zuflüsse in die Alte Aare. Diese Gegebenheiten führen zu einem Struktur- und Lebensraumdefizit für die Fische. Insbesondere fehlen Ruhezone für Brut und Jungfische.

2.2.5. Kolmation

Die konstante Wasserdotation und der unterbundene Geschiebeeintrag durch das KW Aarberg sowie die aus dem Dotierwasser der Aare stammende zeitweise hohe Schwebstoffführung führen in der Alten Aare zu einer starken Kolmation der Gewässersohle (Marrer, 1993). Die natürliche Fortpflanzung kieslaichender Arten ist stark eingeschränkt. Eine natürliche Fortpflanzung der Bachforellen wurde bis anhin nur an zwei Stellen oberhalb der ARA Lyss bei der Fischerhütte und bei der Autobahnbrücke beobachtet (J. Ramseier, pers. Mitteilung). Erst nach dem Zufluss des Lyssbachs, der bei Hochwasserereignissen Geschiebe in die Alte Aare einträgt, ist die Kolmation weniger stark.

2.2.6. Wasserqualität

Das Wasser der Aare fliesst vorbelastet in das Gewässersystem der Alten Aare. Ab Thunersee bis zur Ausleitung in die Alte Aare leiten 13 ARAs ihr Abwasser in die Aare ein. Das führt zu einer Belastung der Aare mit rund 3% gereinigtem Abwasser bei Q_{347} bzw. rund 1.5% bei mittlerer Wasserführung (B. Bangerter, pers. Mitteilung). Die Einleitung von geklärtem Abwasser der ARA Lyss in die Alte Aare führt zu einer deutlichen Verschlechterung der Wasserqualität. Die Konzentrationen von Ammonium und BSB_5 in der Alten Aare überschritten 1000 m unterhalb der Kläranlageneinleitung wiederholt und deutlich die gesetzlichen Qualitätsanforderungen. Die starke Belastung durch die ARA Lyss führt in der Alte Aare zu starker Sauerstoffzehrung, Wachstum von Abwasserorganismen (insbesondere Wimpertierkolonien), Eisensulfid-Bildung, Schaumbildung, Wassertrübungen und Geruchsemissionen, womit die allgemeinen Anforderungen für Oberflächengewässer der Gewässerschutzverordnung ebenfalls nicht erfüllt werden. Während die Alte Aare zwischen Aarberg und Lyss aufgrund chemisch-physikalischer Messungen und biologischer Gütebeurteilung (Saprobienindex und Kieselalgen-Differenzialanalyse) schwach bis mässig belastet ist, wird die Wasserqualität von Lyss bis Einmündung in den Nidau-Büren-Kanal als mässig bis stark belastet beurteilt (AquaPlus, 1993). Unterhalb der Einleitung der ARA Lyss ist die Makroinvertebratenfauna verändert: Das Artenspektrum ist im Vergleich zu oberhalb halbiert, die Individuendichte jedoch aufgrund einer massiven Zunahme von Wenigborstern und Zweiflüglern auf Kosten der Köcherfliegen verdoppelt (AquaPlus, 1993).

Die ARA Lyss emittiert hohe Konzentrationen und grosse Frachten von Stickstoffverbindungen, organischen Substanzen und *E.coli* Bakterien (VOKOS, 1996; GBL, Kontrollanalysen; ARA Lyss, Betriebsrapporte). Bei Tagessammelproben in den Jahren 1995 bis 1997 lagen die Maximalwerte für die Stickstoffparameter Ammonium, Nitrit und Nitrat bei 51.4 mg/l, 1.38 mg/l und 10.4 mg/l. Die Maximalwerte für CSB lagen bei 234 mg/l und für BSB_5 bei 57 mg/l. Die chemisch-analytische Zusammensetzung der Abwasserproben von 1995 bis 1999 ist unausgeglichen. Ein bestimmtes Muster ist nicht ersichtlich. In einigen Wochensammelproben wurden Spuren (Maximalwerte der Substanzen jeweils in eckigen Klammern) gefunden von PAH's (Acenaphten [19ng/l], Acenaphtylen [116ng/l], Anthracen [123ng/l], Fluoranthen [66ng/l], Fluoren [66ng/l], Naphthalin [99ng/l], Penanthren [80ng/l], Pyren [49ng/l], Trimehtylbenzol[1.7µg/l]), synthetischen Pyrethroiden (Permethrin [62ng/l]), aromatischen Kohlenwasserstoffen (Toluol [2.6µg/l]), halogenierten Alkanen (Dichlormethan [3µg/l], Trichlormethan [2.6µg/l], Tetrachlormethan [4.6µg/l]), halogenierten Alkenen (Tetrachlorethen [21µg/l], Trichlorethen [0.5µg/l]), Celestoliden [0.2µg/l], Phantoliden [0.3ng/l], Tonaliden [0.3µg/l], Traseoliden [0.17µg/l], anionische Tensiden [0.74mg/l], adsorbierbare organische Halogenverbindungen [0.025mg/l], Pestizide (Atrazin [1.58µg/l], Diazionon [0.51µg/l], Diethyltoluamid [1.31µg/l], Ethofumesat [0.28µg/l], Isoproturon [5.96µg/l], Metalaxyl [0.39µg/l], Metamitron [5.15µg/l], Simazin [0.93µg/l], Cashmeran [0.98µg/l], Galaxolide [0.4µg/l] (Mitteilungen GBL). Mittelwert-Konzentrationen von Nonylphenolverbindungen (NP +

NP1 + NP2 + NP3) aus 6 Wochensammelproben lagen bei über 12 µg/l. Diese überschritten den Grenzwert "unschädlicher Konzentrationen" (PNEC [Predicted No Effect Concentration] = 0.7 µg/l) deutlich. Häufig wurden niedrige Konzentrationen nach Niederschlagsereignissen gemessen (Verdünnungseffekt).

Bei Toxizitätstests mit 1:2 verdünntem Abwasser der ARA Lyss wurden bei einer von sechs Wochensammelproben leichtgradig zelltoxische (Vitalitätsverlust von kultivierten RTG-2 Zellen) und bei je 2 von 6 Proben leichtgradig genotoxische Effekte (AMES-Test und COMET-Assay) nachgewiesen (Hollert et al., 2000). Bei knapp 70% der Wochensammelproben waren leichtgradige bis max. mittelgradige endokrine Effekte nachweisbar (Vitellogenin-Produktion in RTG-2 Zellkulturen). Östrogenaktive Substanzen, die im Effektbereich nachgewiesen wurden, sind Nonylphenolverbindungen (siehe oben). Im Vergleich mit anderen ARAs des Kantons Bern weist die ARA Lyss das dritthöchste Schädigungspotenzial für östrogenaktive Stoffe und toxische Gesamtbelastung auf (Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern, 2000).

Toxizitätstests mit Sediment aus der Alten Aare zeigten unter- und oberhalb der ARA eine mittlere Toxizität, wobei das Sediment unterhalb stärker toxisch war als oberhalb (ecoconseil, 1997). Die Konzentrationen von Schwermetall im Sediment lagen unter den Grenzwerten der Bodenschutzverordnung und weisen durchschnittliche Sedimentbelastungen auf (Zürcher et al., 1998; Daten GBL). Unterhalb der ARA waren nur Blei- und Nickelwerte bzw. Kupferwerte leicht höher als oberhalb. Oberhalb der ARA waren im Bereich oberhalb der Verzinkerei Aarberg die Quecksilberwerte leicht erhöht. Grosse Streuungen im Quecksilbergehalt dürften ein Hinweis sein für ein stossweises Einschwemmen von Quecksilber in die Alte Aare bei Hochwasserentlastungen.

Neben den Einleitungen von ARAs sind landwirtschaftliche Einträge, Entlastungsspitzen bei Regenereignissen und Einleitungen der Zuckerfabrik Aarberg Faktoren, die die Wasserqualität der Alten Aare belasten. Emissionen von Altlasten und Deponien (Kap. 2.2.7.) wirken sich ausserdem auf die Qualität des Grundwassers negativ aus.

Konkrete Hinweise auf "verdächtige" Stoffe aus der Industrie können kaum gegeben werden. Im Einzugsgebiet der ARA Lyss sind 433 abwasser- oder abfallrelevante Betriebe aktenkundig. Die Betriebe Zuckerfabrik Aarberg, Vergärungsanlage Seeland, GZM Lyss (Verwertung von Schlachtabfällen), Nutriswiss AG Lyss (Speisefettfabrik), Essigfabrik, Druckfarbenfabrik und Häutezentrale heben sich bezüglich Abwassermenge, -fracht oder -zusammensetzung deutlich vom Durchschnitt ab und haben massgeblichen Einfluss auf die Belastung der ARA Lyss. Die geschätzte Abwassermenge aller Betriebe im Einzugsgebiet der ARA beträgt ca. 250'000 m³/J (ca. 7% des Schmutzwasseranteils der ARA Lyss). Belastungsmässig (CSB) ist der Industrieanteil viel bedeutender und beträgt ca. 50%. Abwasser dieser Betriebe wurden wenig nach organischen Einzelstoffen analysiert. Es werden überwiegend Summen-

parameter bestimmt, nicht zuletzt mangels eines eindeutigen Profils der "schädlichen" Stoffe. Gezielte Untersuchungen der industriellen Abwasser auf potentiell schädliche Einzelstoffe wären nötig und hoch interessant. Nur müsste eingegrenzt werden, nach welchen Stoffen bzw. Stoffgruppen oder auch Effekten zu suchen wäre.

2.2.7. Altlasten

Von den entlang der Alten Aare bestehenden Altlasten verursachen die Deponien der Zuckerfabrik Aarberg die meisten Probleme. Seit Ende des letzten Jahrhunderts wurde das Abwasser der Zuckerfabrik entlang der Alten Aare im Norden von Aarberg bis in den Bereich der heutigen Autobahn versickert. Ebenso wurden die Schlammrückstände aus der Rübenproduktion bis ins Jahr 1982 grösstenteils in diesem Gebiet deponiert. Das Abwasser und der Schlamm waren sehr stark mit organischen Bestandteilen belastet. Als Folge der Versickerung von organisch belasteten Wässern aus den Schlammdeponien ist das Grundwasser grossräumig belastet. Es findet ein mikrobieller Abbau der organischen Stoffe statt. Dies bewirkt je nach Abbauprodukt mehr oder weniger tiefe Sauerstoff-Gehalte, erhöhte Ammonium-, Mangan- oder Eisengehalte im Grundwasser. Auch heute noch erfolgen Einträge von Salzen und organischen Stoffen ins Grundwasser. Diese Emissionen aus den Deponien sind gegenüber früheren Einträgen allerdings relativ gering. Die heutige Belastung des Grundwassers rührt vorwiegend von eingetragenen organischen Material aus früheren Zeiten her.

2.2.8. Grundwasser

Die Speisung des Grundwassers erfolgt zu ca. 30% aus der Infiltration von Oberflächengewässern und zu ca. 70% aus der Versickerung von Niederschlagswasser. Zwischen Aarberg und Lyss liegt der Grundwasserspiegel immer unter dem Wasserspiegel der Alten Aare, so dass in diesem Abschnitt nur Wasser von der Alten Aare ins Grundwasser infiltriert. Die Infiltrationsleistung der Alten Aare ins Grundwasser ist abhängig von der Abflussdotationsrate. Bei einem Abfluss von 3.5 m³/s infiltrieren ca. 10% ins Grundwasser (zwischen Aarberg und Försterhaus: 100 l/s; zwischen Försterhaus und Lyss: 500 l/s). Die Infiltrationsleistung ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Wahrscheinlicher Auslöser ist die starke Kolmation der Gewässersohle. Unterhalb der ARA Lyss gibt es Infiltrations- und auch Exfiltrationsprozesse, da der Niveauunterschied des Grundwassers zur Alten Aare kleiner ist. Sickerwasser der Schlammdeponien der Zuckerfabrik Aarberg führt grossräumig zu einer Belastung des Grundwassers mit anaeroben Verhältnissen und erhöhten Salzgehalten (Kap. 2.2.7.).

2.2.9. Wassertemperatur

Die Alte Aare ist ein sommerwarmes und winterkühles Fliessgewässer. Während der Sommermonate werden mehrmals Spitzenwerte von über 21°C gemessen, wobei die Maximalwerte im Tagesverlauf erst gegen 18 Uhr auftreten. In der Nacht tritt ein zweiter, kleinerer Peak auf. Nach Meinung von Marrer

(1993) könnte dieser nächtliche Temperaturanstieg durch das Nachfliessen von Wassermassen aus dem Aarestau bei Aarberg zustande kommen, die ebenfalls um 18 Uhr ihren Maximalwert erreichen und sich auf dem Transportweg in die Alte Aare nicht deutlich abkühlen. Möglicherweise hängt der nächtliche Peak jedoch mit der Schliessung der Schleusen des Schiffenenstausees in der Nacht zusammen. Dadurch fliesst bedeutend weniger Wasser der deutlich kälteren Saane in die Aare oberhalb der Abzweigung zur Alten Aare ein. Werte von über 21°C bedeuten für Bachforellen Stress. Das Auftreten des "Sommersyndroms" mit den schwarzen Forellen während der Monate Juli und August lässt vermuten, dass die hohen Temperaturen im Sommer zumindest "auslösendes Potential" haben.

Die Temperatur in der Alten Aare ist im wesentlichen abhängig von der Dotation beim KW Aarberg und nimmt die Temperatur aus der Aare mit. Die Aare erwärmt sich während zahlreicher Staustrecken (Thunersee, Wohlensee, Niederriedstausee, Aarestau bei Aarberg) im Oberlauf der Einmündung in die Alte Aare. Die Einleitung von Kühlwasser des Kernkraftwerkes Mühleberg bewirkt zusätzlich eine Erwärmung der Aare (im Jahresmittel durchschnittlich 1.3°C bei Normalabfluss, 0.3°C im Sommer bei Maximalabfluss, 3.4°C im Winter bei Niedrigwasser). Die Temperaturvariation in der Alten Aare ist von Beginn bis Einmündung in den Nidau-Büren-Kanal relativ klein. Denn die im Abschnitt der Alten Aare beobachtete leichtgradige Erwärmung in Fliessrichtung wird durch den Zufluss des leicht kälteren Lyssbaches mehr oder weniger ausgeglichen.

2.2.10. Auenlandschaft

Die Alte Aare ist ein Auengewässer der Erlen-Eschenaue (*Equiseto-Alnetum incanae* mit Übergang zu *Ulmo-Fraxinetum*). Dieser Auentyp kommt in Talebenen der Mittelgebirgsflüsse vor und zeichnet sich durch relativ konstante hydrologische Bedingungen aus. Charakteristisch sind ganzjährig mehr oder weniger feuchte, weder hoch- noch anhaltend überschwemmte Böden, meist aus sandigen Schluffen. Seit 1961 ist der Auenwald auf den Staatsparzellen entlang der Alten Aare unter kantonalem Naturschutz. 1977 wurde das Auengebiet (inklusive Alte Aare) ins Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) und 1992 ins Aueninventar von nationaler Bedeutung aufgenommen.

Die Juragewässerkorrekturen und das KW Aarberg haben die Auenlandschaft entlang der Alten Aare entscheidend beeinflusst. Durch die Gewässerbettkorrekturen und den siedlungs- und nutzungsbedingten Druck auf die umliegenden Gebiete der Alten Aare wurde der Auenwald auf vergleichsweise kleine Flächen zurückgedrängt. Der Auenwald entlang der Alten Aare läuft Gefahr auszutrocknen und zu verlanden und seine Artenzusammensetzung und Struktur zu verlieren. Lebensraumtypische dynamische Prozesse wie wiederkehrende Überschwemmungen, Geschiebeüberschüttungen und Staunässe werden durch die konstante Dotation durch das KW

Aarberg verhindert. Mit der Auenverordnung von 1992 beschloss der Schweizerische Bundesrat die Erhaltung der Auengebiete von nationaler Bedeutung, die Erhaltung und Förderung der auentypischen einheimischen Pflanzen- und Tierwelt sowie die Wiederherstellung der natürlichen Gewässerdynamik (soweit sinnvoll und machbar). Verschiedene Vorschläge für konkrete Eingriffe an der Alten Aare im Sinne der Auenverordnung sind in einem Massnahmenkatalog-Entwurf vom Naturschutzinspektorat Bern in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Berz Hafner & Partner zusammengestellt. Im Vordergrund stehen dabei Ideen wie Veränderung der Wasserdotation, Ausbaggerung verlandender Giessen, Aufwertungen der Gerinnestruktur und Schaffung von Pionierflächen.

3. Visionen und Massnahmen

In den folgenden Unterkapiteln werden die am Workshop diskutierten Vorstellungen über die zukünftige Alte Aare und die nötigen Massnahmen zur Verbesserung der Bedingungen für den Fischbestand und Flusslandschaft dokumentiert. Für jedes Unterkapitel sind die Massnahmen (☞) und der geschätzte Zeithorizont (⊕) zu deren Realisation kurz in einem grau hinterlegten Kasten am rechten Seitenrand zusammengefasst.

3.1. Fischbestand

Obwohl heute aus ökonomischen Gründen vorwiegend Besatzmassnahmen für die bei Sportfischern beliebten Bachforellen und Äschen vorgenommen werden, ist die Artzusammensetzung der Fische in der Alten Aare bezeichnend für die Barbenregion. Bei der Artzusammensetzung dominieren andere rheophile Fischarten (Äsche, Groppe, Schneider, Nase, Barbe) und rheophil/indifferente Arten (Elritze, Hasel, Alet, Bartgrundel, Gründling). Die Bachforelle hat in dieser Region durchaus ihre Berechtigung, doch sie ist nicht die Charakterart der Alten Aare. Bei zukünftigen Bewirtschaftungen ist daher vermehrt der grossen Artenvielfalt, den eigentlichen Charakterarten und der Refugialfunktion der Alten Aare in der Region Aare/Bielersee/Nidau-Büren-Kanal Gewicht beizumessen.

Die Effektivität der Besatzmassnahmen für die Bachforellen wurde bis anhin nicht untersucht. Mit Markierungsexperimenten bei eingesetzten Bachforellen oder mit einem vorübergehenden Besatzstopp (Vorteil: kostenlos) würde Klarheit geschaffen, ob der Besatz nötig ist und wie er sich auf die

☞	Die Förderung des Zielfischbestandes der Barbenregion und die Gesundung der Fischfauna bedingt entsprechende Bewirtschaftungsmassnahmen (Erhaltung der Artenvielfalt, und der Refugialfunktion der Alten Aare und Förderung der Charakterarten) und die Verbesserung der vordringlichen Problemfaktoren Gerinnestruktur (Kap. 3.2.), Dotation (Kap. 3.3.), Kolmation (Kap. 3.4.), Wasserqualität (Kap. 3.5.) und Fischdurchgängigkeit bei Aarberg (Kap. 3.6). Die Besatzmassnahmen für die Bachforellen sind zu hinterfragen, bzw. deren Effektivität zu überprüfen.
⊕	--
Teilnehmermeinung	
Konsens <input checked="" type="checkbox"/> Dissens	

Altersstruktur der Bachforellen auswirkt. Die Konstanz der Bachforellenpopulation in den letzten 10 Jahren (Bestandesabfischungen des Fischereinspektorats) kann beispielsweise wegen des Besatzes nicht abschliessend interpretiert werden.

3.2. Veränderung der Gerinnestruktur

Die Ufer der Alten Aare sind zwar natürlich bis naturnah und nur an wenigen Stellen mit Blockwurf verbaut, doch die Alte Aare fliesst in einem kanalartigen Gerinne mit fehlender Breiten- und Tiefenvarianz. Zusammen mit dem monotonen Abfluss führt diese Gerinnestruktur zu relativ hohen Fliessgeschwindigkeiten und einem Struktur- und Lebensraumdefizit. Primär ist der Übergang zwischen Auengewässer und Aue zu verbessern. Mit gezielten Massnahmen müssen an strategisch wichtigen Stellen Strukturverbesserungen realisiert werden. Solche Massnahmen sind die Vernetzung des Hauptgewässers mit bestehenden Altwasserbereichen oder neu geschaffenen Stillwasserzonen als Lebensräume für Jungfische und indifferente Fischökotypen, die lokale Aufweitung der Gerinnestruktur, stellenweise Uferabflachungen und das Ausheben von Kolklöchern, die durch den hohen Sedimentanteil im Laufe der Zeit gefüllt worden sind. Idealerweise würden mehrere verschiedene Lebensräume sich einander mosaikartig ergänzen. Die morphologischen Aufwertungsmassnahmen sind besonders wichtig im Zusammenhang mit Änderungen der Abflussdotation des Kraftwerks Aarberg.

3.3. Dotation

Der konstante Abfluss der Alten Aare ist ein Schlüsselfaktor für die Problematik an der Alten Aare. Er ist mitverantwortlich für die Kolmation der Gewässersohle, die sich negativ auf die natürliche Reproduktionsfähigkeit kieslaichender Arten und die Infiltrationsleistung ins Grundwasser auswirkt. Der konstante Abfluss führt zu einer langsamen

➡	Anpassungen der Gerinnestruktur sind im Rahmen des Vollzugs der Auenschutzverordnung an der Alten Aare geplant. Ein Massnahmenkatalog liegt bereits vor und befindet sich in der Vernehmlassung. Wichtig für die Fische sind Stillwasserbereiche, Aufweitungen, Uferabflachungen und Kolklöcher. Die Einzelmassnahmen müssen untereinander bezüglich Nutzen, Realisierbarkeit und Kosten priorisiert werden. Eine Erfolgskontrolle der Massnahmen ist wichtig.
⊕	kurzfristig: Der ideale fischbiologische Sollzustand der Alten Aare kann nur mit grossem finanziellem und zeitlichem Aufwand erreicht werden. Um so wichtiger scheinen kleinere Massnahmen, die nach und nach kurzfristig realisiert werden.
Teilnehmermeinung	
Konsens <input checked="" type="checkbox"/> Dissens	

➡	Die Dynamisierung des Abflusses in der Alten Aare ist die prioritäre Massnahme zur Verbesserung der Situation schlechthin. Ein Abfluss proportional zum Abfluss der Aare wird für die Alte Aare als ideal erachtet. Der Durchfluss durch die heutige Turbine und den Bypass des Kraftwerks Aarberg kann jedoch nicht dynamisch reguliert werden. Ein dynamisierter Abfluss bedingt bauliche Massnahmen am Kraftwerk Aarberg. Gespräche mit der BKW als Betreiberin des Kraftwerkes Aarberg sind zu suchen.
⊕	Wegen der notwendigen baulichen Veränderungen am KW Aarberg mittelfristig realisierbar.
Teilnehmermeinung	
Konsens <input checked="" type="checkbox"/> Dissens	

Austrocknung und Verlandung des umliegenden Auenwaldes (Kap. 2.2.10.). Zur Verbesserung der Problemsituation an der Alten Aare ist eine Dynamisierung des Abflusses, insbesondere in Kombination mit Anpassungen an der Gerinnestruktur, unabdingbar. Eine Veränderung des Abflussregimes muss als prioritäre Massnahme gesehen werden. Ein verändertes Abflussregime würde sich in mehrerer Hinsicht positiv auswirken und mehrere Probleme entlang der Alten Aare entschärfen, wenn nicht sogar lösen:

➤ **Auenlandschaft mit ihren Pflanzen und Tieren**

Nur eine Veränderung der Wasserdotation kann das Austrocknen und Verlanden der Auenbestände auf grösseren Flächen langfristig verhindern. Der Auenwald braucht periodische Überschwemmungen und zumindest eine gewisse Staunässe, die in erster Linie mit einem dynamischen Abfluss geschaffen werden können. Wenn jedoch diese Grundcharakteristik einer Aue (dynamisches System mit laufender Veränderung) nicht aufrecht erhalten werden kann, müsste sogar die Rechtfertigung der nationalen Bedeutung der Alten Aare in Frage gestellt werden.

➤ **Fischfauna**

Für die Fischfauna hat ein verändertes Abflussregime dann positive Impulse, wenn durch eine Erhöhung des Wasserabflusses neue Lebensräume geschaffen werden, wie beispielsweise Altwasserbereiche. Solche Stillwasserbereiche mit wenig Strömung stellen willkommene Rückzugsmöglichkeiten für Brütlinge und rheophobe Arten dar.

➤ **Wasserqualität**

Die Wasserqualität in der Alten Aare dürfte bei einer Erhöhung des Abflusses verbessert werden, indem Emissionen entlang der Alten Aare (z.B. durch ARA Lyss) besser verdünnt werden.

➤ **Grundwasser**

Die Infiltrationsleistung der Alten Aare ins Grundwasser ist in den letzten Jahren zurückgegangen. Bei einem grösserem Abflussvolumen steigt die Infiltrationsleistung. Die Infiltration von sauerstoffreichem Oberflächenwasser der Alten Aare könnte kurzfristig zu einer Verschlechterung des Grundwassers durch initiierte Oxidationsprozesse führen. Langfristig ist jedoch mit einer Verbesserung der Grundwasserqualität zu rechnen, z.B. im Bereich der ehemaligen Schlammdeponien der Zuckerfabrik Aarberg, wo die organische Belastung zu einer starken Sauerstoffzehrung im Grundwasser führt.

Als Vision für eine zukünftige Dotation in der Alten Aare würde der Abfluss in der Alten Aare idealerweise proportional zum Abfluss der Aare verlaufen. Dies wäre beispielsweise durch ein Überfallbauwerk am Wehr in Aarberg zu bewerkstelligen. Sollte die Dotation in der Alten Aare jedoch künstlich geregelt werden, wäre das jahreszeitliche Muster, die Dauer und die Anzahl der Mehrdotationen mit den zuständigen Personen genauer abzusprechen. Eine mögliche Ganglinie sähe einen Basis-Abfluss von $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ vor (wie bisher), mit einer Erhöhung der Dotation im April auf $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $6 \text{ m}^3/\text{s}$ während der

Monate Mai und Juni. Im Juli würde die Dotation wieder auf 4.5 m³/s und im August auf den Basis-Abfluss von 3.5 m³/s abfallen. Ein Basis-Abfluss von 3.5 m³/s wurde vorgeschlagen, um eine genügende Verdünnung des ARA-Wassers bei Lyss zu gewährleisten. Der maximale Abfluss wäre aus biologischer Sicht so gross wie möglich zu wählen. Aus technischer Sicht wäre im Moment beim gleichzeitigen Öffnen der Turbine und des Bypass ein Abfluss von 6 m³/s machbar. Der Durchfluss durch Turbine und Bypass kann jedoch mit den bestehenden Anlagen nicht reguliert werden, so dass dynamische Dotationen im Moment nicht realisierbar sind. Die Dynamisierung des Abflusses bedingt bauliche Veränderungen am Kraftwerk Aarberg.

Mehrdotationen müssen jedoch vorerst auf ihre Auswirkungen bezüglich der Überschwemmungsgefahr für umliegende Siedlungszonen, der Grundwasserverhältnisse und der Altlasten überprüft werden (vgl. Kap. 3.5.). Es sollen jedoch keine aufwendigen und kostspieligen Untersuchungen durchgeführt werden. Vielmehr sind die Auswirkungen einer veränderten Dotation empirisch zu dokumentieren. Dabei kann man sich auch auf Erfahrungen mit Dotationserhöhungen in den 70er und 80er Jahren abstützen. 8m³/s Abfluss wären theoretisch möglich, ohne dass bauliche Massnahmen an der Gerinnestruktur zur Vermeidung von Überschwemmungen von besiedeltem Gebiet nötig werden. Die Mehrdotationen hatten damals jedoch zu einem Anstieg des Grundwassers und zu Rückstauwirkungen geführt, die Drainagerohre einstauen oder Keller in Siedlungen vernässen können. Besonders betroffene Gebiete sind das Industriequartier von Lyss, der Raum Worben - Studen (Flaschenhals des Seeland-Grundwasserleiters) und das Gebiet bei Dotzigen.

Die Diskussion über eine veränderte Dotation an der Alten Aare zeigte deutlich auf, dass die Lösung der Dotationsfrage aus ökologischen Gesichtspunkten nur zusammen mit Verbesserungsmassnahmen an der Gerinnestruktur Sinn macht (Kap. 3.2.). Reine Mehrdotationen im bestehenden Gerinne sind ineffektiv. Mit Uferabflachungen an geeigneten Stellen wären beispielsweise bereits bei einer Dotation von 5 m³/s Überflutungen von Teilen des Auenwaldes gewährleistet. Von einigen Teilnehmern wurde jedoch davor gewarnt, all zu stark ingenieur-biologisch in das Gerinne der Alten Aare einzugreifen. Vielmehr müssten die Massnahmen wohlüberlegt an geeigneten Stellen in vernünftigem Mass durchgeführt werden.

3.4. Kolmation

Die starke Kolmation der Gewässersohle ist ein zentrales Problem für die natürliche Fortpflanzung kieslaichender Fische in der Alten Aare. Die Dekolmation der Gewässersohle ist jedoch schwierig zu erreichen.

Dotationsänderungen alleine - wie in Kap. 3.3. beschrieben - dürften kaum zu einer Verbesserung der Sohlenbeschaffenheit führen. Für eine langfristige Situationsverbesserung ist ein regelmässiger Geschiebeeintrag unabdingbar. Der Geschiebeeintrag in die Alte Aare wird jedoch nicht nur durch das KW Aarberg verhindert. Aufgrund zahlreicher langsam fliessender Abschnitte oberhalb Aarberg kommt von der Aare gar kein Geschiebe nach. Eine Dekolmation der Gewässersohle kann daher nur durch einen künstlichen Eintrag von Kies oder durch eine mechanische Dekolmation oder Verbreiterung der Sohle erreicht

werden. Testversuche mit Saugbaggern zur mechanischen Dekolmation haben sich als sehr kostenintensiv erwiesen (Kostenschätzung im Jahre 1993 für den Abschnitt Aarberg bis Lyss: 1.5 Mio. Fr., Marrer, 1993). Beide Massnahmen kommen nicht über den Status einer Symptombekämpfung hinaus und sind daher nicht befriedigend. Trotzdem wurde von einigen Teilnehmern der probeweise Eintrag von Kies bei Aarberg propagiert.

Das Wasser des Aarestaus wird beim Kraftwerk Aarberg mit einem Stutzen entnommen, dessen Öffnung sich drei Meter über dem Boden befindet (Marrer, 1993). Dies bedeutet, dass die Feinsedimente vor allem dann in die Alte Aare eingetragen werden, wenn die Aare getrübes Wasser führt (nach Regenereignissen, Schneeschmelze etc.). Der Eintrag von Feinsedimenten kann daher nicht unterbunden werden und muss als gegeben akzeptiert werden.

3.5. Wasserqualität

Die Wasserqualität der Alten Aare wird entscheidend beeinflusst durch die Einleitung geklärter Abwässer der ARA Lyss, landwirtschaftliche Einträge, Entlastungen bei Regenereignissen (die ungeklärt in die Alte Aare entwässern) und Abwasser der Zuckerfabrik Aarberg. In Zukunft dürfte jedoch von allen Problemfaktoren an der Alten Aare bei der Wasserqualität am schnellsten mit Verbesserungen gerechnet werden. Folgende Massnahmen sind zur Verbesserung der Wasserqualität geplant, werden gerade realisiert oder sind bereits ausgeführt:

➡	Auflockerungen der Gewässersohle sind vorderhand nur mit Symptombekämpfungsmassnahmen zu realisieren. Der künstliche Eintrag von Kies an geeigneten Stellen unterhalb von Aarberg bietet sich als Sofortmassnahme an. Diese Massnahme hat den Vorteil, dass sie kostengünstig und kurzfristig zu realisieren ist. Der Erfolg bleibt jedoch abzuwarten.
⊕	kurzfristig
Teilnehmermeinung	
Konsens <input type="checkbox"/> Dissens <input checked="" type="checkbox"/>	
Begründung: Die Teilnehmermeinung ist unterschiedlich, neben Zustimmung zu obiger Ansicht gibt es auch Dissens. Der hohe Feinsedimenteintrag sei als natürlicher Vorgang in einem Mittellandgewässer zu akzeptieren. Daher sei der künstliche Geschiebeeintrag zur Lockerung der Sohle nicht sinnvoll und abzulehnen. Zudem wird die Effektivität von Kieseinbringung angezweifelt.	

➤ **ARA Lyss**

Seit 1999 wird die ARA Lyss saniert. Die neue, für 85'000 Einwohnergleichwerte dimensionierte Anlage (80%-Wert) musste infolge der gegebenen Platzverhältnisse sehr kompakt konzipiert werden. Die bestehende Biologie und Nachklärung wird durch einen neuartigen Festbettreaktor ersetzt. Dieser bildet das zentrale Element des Ausbaus. Der Festbettreaktor ist so konzipiert, dass er für eine ganzjährige Nitrifikation (bei Regenwetter), als auch für Nitrifikation und Teildenitrifikation (bei Trockenwetter) betrieben werden kann. Die Sanierungsarbeiten werden voraussichtlich im Jahre 2003 abgeschlossen sein.

Erfahrungen nach den Sanierungen der ARAs Sensetal und Thun haben gezeigt, dass Emissionen des fischtoxischen Ammoniums um einen Faktor 20, die

Keimzahl um einen Faktor 10-100 verkleinert und der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) halbiert wird. Mit diesen Verbesserungen wäre bei der ARA Lyss mit einer deutlichen Senkung der fischtoxischen Stickstoff-Verbindungen, mit einer Reduktion des Wimpertierbewuchses, und mit weniger Geruchsemissionen und Eisensulfid-Ausfällungen in der Alten Aare zu rechnen. Es ist im Moment jedoch unklar, welche Stoffe durch den besseren CSB-Abbau eliminiert werden, und ob auch kritische Schadstoffe abgebaut werden.

➤ **ARAs im Oberlauf der Alten Aare**

Im bernischen Einzugsgebiet der Aare ab Thunersee bis zur Ausleitung in die Alte Aare leiten zahlreiche ARAs ihr Abwasser ein (Kap. 2.2.6.). Von 6 ARAs mit hohem Handlungsbedarf für Sanierungen sind bis heute 2 saniert (Sensetal, Thun). Bei 2 ARAs sind die Sanierungen bewilligt (Bern) bzw. befinden sich in Sanierung (Gürbetal). Die Sanierung der beiden weiteren ARAs (Worblental, Rubigen) befindet sich in der Projektierungsphase. Nach der Sanierung aller ARAs mit hoher Handlungspriorität (inkl. ARA Lyss) ist in der Aare und der Alten Aare mit deutlich geringeren Ammonium- und CSB- bzw. DOC-Konzentrationen zu rechnen als zur Zeit.

➤ **Entlastungen**

Bei Regenereignissen bringen die Wassermassen, die am frühesten in der ARA Lyss eintreffen, die grössten Schadstoff-Konzentrationen mit. Im Moment besitzt die ARA Lyss kein Regenbecken. Bei

➡	Lokale Massnahmen sind bereits eingeleitet. Durch die Sanierung der ARA Lyss (voraussichtliches Ende der Sanierungsarbeiten 2003) sowie von ARAs im Oberlauf der Alten Aare mit hohem Handlungsbedarf (Sensetal und Thun sind bereits realisiert; Gürbetal ist im Bau, Bern ist bewilligt, Worblental und Rubigen sind geplant) ist mit einer deutlichen Verbesserung der Wasserqualität in der Alten Aare zu rechnen. Weitere Verbesserungen werden durch die Realisierung der generellen Entwässerungspläne (GEPs) auf kommunaler Ebene erreicht. Die Alllasten müssen überwacht werden.
⊕	kurz- bis mittelfristig; Von allen angesprochenen Massnahmen dürfte bei der Wasserqualität am schnellsten mit Verbesserungen gerechnet werden.
Teilnehmermeinung	
Konsens <input checked="" type="checkbox"/> Dissens	

grösseren Regenfällen wird Mischwasser vor der ARA ungeklärt direkt in die Alte Aare abgeleitet. Bei der Sanierung der ARA Lyss wird ein Regenbecken installiert. Damit wird es möglich sein, die bei Niederschlägen anfallenden konzentrierten Schadstoffspitzen der ersten eintreffenden Wassermassen zurückzuhalten und dem Klärprozess der ARA zuzuführen.

Im Rahmen des Generellen Entwässerungsplanes (GEP) ist vorgesehen, die 10 bestehenden Regenrückhaltebecken im Einzugsgebiet der ARA Lyss zentral von der ARA Lyss zu steuern, so dass bei Überlastung der ARA Lyss die Regenmengen in den Rückhaltebecken zwischengespeichert werden können, um bei freien Kapazitäten der ARA Lyss dosiert zugeführt zu werden. Weiter ist geplant, die Abwässer der Kadaververwertungsfabrik Lyss nicht mehr wie bisher in den Zulaufkanal zur ARA, sondern direkt in den Auslauf des Sandfangs der ARA Lyss zu leiten. Damit wird verhindert, dass Abwasser der Kadaververwertungsfabrik bei Regenwetter ungeklärt entlastet wird. Als langfristige Massnahme zur Verbesserung der Entlastung sind im Rahmen des GEP die Sanierung des stellenweise undichten Kanalsystems und der Versickerung von unverschmutztem Regenwasser zu sehen.

➤ **Altlasten**

Die Deponien der Zuckerfabrik Aarberg verursachen die meisten Probleme der bestehenden Altlasten entlang der Alten Aare. Gemäss der Altlasten-Verordnung sind die Deponien sanierungsbedürftig. Eine Entfernung der Kontaminationsquellen oder ein Quellenstopp durch eine Abdichtung der belasteten Bereiche ist wegen der grossen Ausdehnung der Deponien praktisch nicht realisierbar. Die Altlast muss demzufolge mindestens überwacht werden.

Wenn im Rahmen von Massnahmen der Abflussdynamisierung (Kap. 3.3.) zeitweise ein höherer Abfluss erwartet werden darf, steigt das Risiko, dass die kontaminierten Bereiche der Schlammdeponien stärker durchspült werden und dass dadurch ein erhöhter Eintrag von Schadstoffen und organischem Material ins Grundwasser stattfindet. Diese ungewollten Auswirkungen eines erhöhten Abflusses sind mittels eines Monitoringprogrammes aufmerksam zu überwachen.

Zusätzlich wurde auch die Vision diskutiert, in Zukunft den Eintrag von Schadstoffen in die Umwelt zu reduzieren (Immissionskontrolle). Ein wichtiger Schritt in diese Richtung wäre die Reduktion der Stoffvielfalt. Ökologisch bedenkliche Stoffe müssten im Rahmen eines erweiterten Stoffprüfungsverfahrens erkannt werden. Dies ermöglicht die Erstellung einer Roten Liste von umweltbelastenden Stoffen. Stoffe dieser Liste wären für Verbraucherprodukte, die im Abwasser oder Fliessgewässer enden können, zu verbieten. Die "Unbedenklichkeit" von Stoffen sollte in einem Nachweis von genügender Abbaubarkeit in Kombination mit fischtoxikologischen Tests erbracht werden. Neben dem

gesetzlich verankerten Ausschluss von bedenklichen Stoffen kann die Öffentlichkeitsarbeit wesentlich zur Reduktion des Schadstoffeintrages in die Umwelt beitragen, wenn dadurch das Verbraucherverhalten gezielt und freiwillig geändert wird. Konsumenten müssen über die Konsequenzen der Verwendung bestimmter Stoffe informiert werden. Sie sollen wissen, wie wertvoll sauberes Trinkwasser ist, auf welche Produkte man verzichten sollte, wie man die Verwendung bestimmter Produkte vermindern kann (z.B. Medikamente, Putzchemikalien, Pestizide), welche Alternativ-möglichkeiten es zu Problemprodukten gibt, etc. Im Rahmen der Ökologisierung der Landwirtschaft ist in Zukunft noch vermehrt der Eintrag von Stickstoff, Phosphor und Pestiziden zu senken.

Während der Sommermonate erreicht das Wasser der Alten Aare Temperaturen, die für Kaltwasserarten wie die Bachforelle Stress bedeuten. Der Wassertemperatur kommt für das Auftreten von "schwarzen Forellen" im Sommer auslösendes Potenzial zu. Die hohen Wassertemperaturen sind im wesentlichen bestimmt durch die zahlreichen Staubereiche in der Aare oberhalb von Aarberg, in denen das stehende bis langsam fliessende Wasser erwärmt wird. Der Vorschlag von Marrer (1993) zur Senkung der Wassertemperatur in der Alten Aare liegt in der Gewinnung von Uferinfiltrat aus dem Aarestau des Kraftwerks Aarberg durch eine Durchlässigkeitserhöhung des Dammes. Eine solche Massnahme ist jedoch technisch schwer zu realisieren und kostenintensiv.

3.6. Fischdurchgängigkeit

Die Fischdurchgängigkeit beim Kraftwerk Aarberg ist für die Fischpopulationen der Alten Aare von entscheidender Bedeutung. Die Unpassierbarkeit verhindert einen Genaustausch, die schnelle Besetzung frei gewordener Territorien, Laichwanderungen, Kompensationswanderungen und die Verschiebung von Populationen bei verändertem Konkurrenzdruck oder Nahrungsverschiebungen.

☹	Das Problem ist vom Fischereinspektorat des Kantons Bern erkannt. Entsprechende Massnahmen (z.B. Fischtreppe oder separates Gerinne) sind bei einem Umbau des Kraftwerkes Aarberg geplant.
☺	Wegen notwendigen baulichen Massnahmen am KW Aarberg erst mittelfristig realisierbar
Teilnehmermeinung	
Konsens <input checked="" type="checkbox"/> Dissens	

Die Problemfaktoren an der Alten Aare sind weitgehend erkannt. Visionen und Massnahmen sind mit dem vorliegenden Bericht formuliert. Sie werden von den verschiedenen Experten hinsichtlich ihres Problemlösungspotentials unterschiedlich bewertet und gewichtet werden. Es bleibt zu hoffen, dass die Massnahmen kurz- bis langfristig umgesetzt werden, um dem Ziel der Verbesserung der ökologischen Situation an der Alten Aare für Pflanzen, Tiere und die Landschaft näher zu kommen. Der Workshop hat diesbezüglich einen Beitrag geleistet.

Tab.1: Überprüfung der Hypothesen des Projekts "Fischnetz" mit den Erkenntnissen an der Alten Aare

12 Hypothesen "Fischnetz" <i>Der Fischrückgang ist Resultat von...</i>	Zutreffen Alte Aare	Situation in der Alten Aare (AA)	Literatur
... Fortpflanzungsschwäche	?	Die Reproduktionsfähigkeit (Fortpflanzungsleistung, Überlebensfähigkeit der Eier) der Forellen der AA wurde bis anhin nicht untersucht. Der natürliche Fortpflanzungserfolg der Bachforellen in der AA ist jedoch durch die extreme Sohlenkolmation in der AA zum Voraus stark behindert.	Marrer (1993) Rüfenacht & Spörri (1988)
... zuwenig nachwachsende Fische	ja	Die Altersstruktur der Bachforellen in der AA ist gekennzeichnet durch einen kleinen Anteil an fangfähigen Fischen (ab Alter 3+). Der Anteil Fische diesen Alters ist viel kleiner als er aufgrund der Besatzmassnahmen sein müsste. Der Befischungsdruk an der AA ist mässig und der Fangerfolg von fangfähigen Bachforellen klein. Dies legt den Schluss nahe, dass der kleine Anteil fangfähiger Fische durch eine unnatürlich hohe Mortalität der eingesetzten Bachforellen bedingt ist. Der Grund für die Mortalität ist nicht geklärt. Krankheiten wie PKD und Furunkulose, aber auch Auswirkungen der ungenügenden Wasserqualität sind denkbar.	Rüfenacht & Spörri (1988) Bestandesabfischungen Fischereinspektorat Bern
... Organschäden	jein	Histologische Untersuchungen der Organe Haut, Kieme, Niere und Leber haben ergeben, dass Fische der AA deutliche Organveränderungen aufwiesen. Neben infektiösen Ursachen für diese Veränderungen (z.B. Furunkulose, PKD) kommt die unzureichende Wasserqualität der AA in Frage. Die deutlichsten Veränderungen wurden in der Leber und der Kieme gefunden. Forellen, die sich im Einflussbereich von Abwasser der ARA Lyss aufhielten, wiesen signifikant stärkere Organveränderungen auf als Forellen oberhalb der ARA. Die Auswirkungen der Organveränderungen auf dem Populationsniveau sind kaum abzuschätzen. Neben Einzelfällen mit hochgradigen Organveränderungen (teilweise auch bedingt durch Krankheiten: PKD, Furunkulose), mit denen die Tiere kaum überlebt hätten, waren die Veränderungen bei den meisten Tieren leicht- bis mittelgradig. Der Veränderungsgrad der Organe dieser Tiere hätte wohl kaum zum unmittelbaren Tod der Fische geführt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die leicht- bis mittelgradigen Leber-, Kiemen- und Nierenveränderungen zu einer Schwächung und reduzierten Leistungsfähigkeit der Forellen geführt haben.	Bernet (1999) Bernet et al. (2000) Schmidt et al. (2000)
... Immunschwäche	?	Es liegen keine Untersuchungen vor, die sich mit dem Immunsystem der Bachforellen in der AA befasst haben. Die erhöhte Anfälligkeit von abwasserexponierten Bachforellen unterhalb der ARA Lyss für bakterielle und parasitäre Infektionen könnte jedoch ein Indiz für eine hemmende Wirkung von Abwasser der ARA Lyss auf das Immunsystem der Bachforellen sein. In diesem Falle wären vor allem Tiere unterhalb der ARA Lyss betroffen.	Bernet et al. (2000)
... schlechtem Lebensraum	ja	konstanter Abfluss; schnelle Fliessgeschwindigkeiten; fehlende Habitatsstrukturierung durch kanalartiges Gerinne; steile Ufer; fehlende Breiten- und Tiefenvariation; hochgradige Kolmation; das Kraftwerk Aarberg verunmöglicht den Aufstieg von Fischen in den Lauf der Aare und schränkt einen Faunenaustausch von oben nach unten zumindest sehr stark ein; Vernetzung mit Seitengewässern ist schlecht: wenige Zuflüsse, vielfach nur kleine Rinnsale, oft eingedolt oder seitlich befestigt	Marrer (1993) Rüfenacht & Spörri (1988)

Fortsetzung Tab.1

... Kolmation der Kiessohle	ja	hochgradige Kolmation durch fehlenden Geschiebenachtrag, konstanten Abfluss und hohen Feinsedimentanteil schränkt natürliche Fortpflanzung stark ein. Nach Einfließen des Lyssbachs, der bei Hochwasser Geschiebe führt, ist die Kolmation geringer. An 2 Stellen oberhalb der ARA Lyss konnten Laichgruben nachgewiesen werden.	Marrer (1993) Rüfenacht & Spörri (1988) J. Ramseier (pers. Mitteilung)
... zu wenig Fischnährtieren	nein	Das Nahrungsangebot für die Forellen ist gut und ausreichend. Köcherfliegen, begehrte Nahrung von Bachforellen, sind die charakteristische Tiergruppe oberhalb der ARA Lyss. Unterhalb der ARA Lyss werden die Köcherfliegen zwar selten, doch die Biomasse ist im Vergleich mit oberhalb der ARA durch eine starke Vermehrung von Würmer (Oligochaeten) und Zweiflügler deutlich grösser.	Rüfenacht & Spörri (1988) AquaPlus (1993)
... zu wenig angepasster Bewirtschaftung	nein	Es liegen keine Untersuchungen vor, wie sich der Besatz auf die Bachforellen-Population auswirkt. In Anbetracht der übrigen bekannten negativen Faktoren für den Fischbestand dürfte jedoch die fischereiliche Bewirtschaftung marginale Auswirkungen auf die Population haben. Rüfenacht & Spörri (1988) listen jedoch Besatzmassnahmen mit zu wenig Jungfischen als theoretische Ursache für die Populationseinbrüche bei den drei- bis vierjährigen auf.	Rüfenacht & Spörri (1988)
... Anglerverhalten und fischfressenden Vögeln	nein	Der Befischungsdruck durch Angler an der AA ist als mittelgradig einzustufen und dürfte in der AA kaum als Ursache für den niedrigen Bachforellenbestand einzustufen sein. Dennoch listen Rüfenacht & Spörri (1988) den Faktor Befischungsdruck als einen theoretischen Grund auf, warum in der Altersstruktur der Bachforellen der AA der Anteil an drei- und vierjährigen Fischen so auffallend klein ist (Fische erreichen Fangmass in diesem Altersabschnitt). Natürliche Prädatoren sind an der AA nicht als entscheidender Faktor anzusehen.	Rüfenacht & Spörri (1988)
... höheren max. Wassertemperaturen	ja	Während der Sommermonate werden mehrmals Spitzenwerte von über 21°C gemessen. Temperaturen > 19°C bedeuten für Bachforellen Stress. Die hohen Wassertemperaturen der AA während des Sommers dürften auch die Ursache dafür sein, dass der Konditionsfaktor der Bachforellen untypischerweise bereits in den Monaten August/September abzunehmen beginnt.	Marrer (1993) Rüfenacht & Spörri (1988)
... mehr Winterhochwasser mit Geschiebetrieb	nein	Starkregen und anhaltende Niederschläge beeinflussen den Abfluss der AA kaum, weil der Abfluss durch das Kraftwerk Aarberg reguliert wird. Zudem ist davon auszugehen, dass die natürliche Reproduktion der Bachforellen einen verschwindend kleinen Anteil an den Jungfischen ausmachen. Die ausgesetzten Jungfische werden im Herbst als Sommerlinge ausgesetzt, so dass sie im Winter über die sensible Lebensphase hinaus sind.	Marrer (1993) Rüfenacht & Spörri (1988)
... von vielen kleinen Effekten	ja	An der AA handelt es sich mit den Lebensraumdefiziten, den Wanderhindernissen, dem konstanten Abfluss, der hochgradigen Kolmation, der belasteten Wasserqualität, den hohen Wassertemperaturen während der Sommermonaten, den Reproduktionsproblemen und den Fischkrankheiten eindeutig um ein multifaktorielles, sehr komplexes Problemgefüge für den gesamten Fischbestand.	

4. Vergleich der Situation an der Alten Aare mit den Hypothesen des Projekts Fischnetz

In vielen Gewässern des schweizerischen Mittellandes wurde in den letzten Jahrzehnten ein Rückgang des Fischbestandes beobachtet (Frick et al., 1998, Friedl, 1999). BUWAL und EAWAG haben in Zusammenarbeit mit Kantonen beschlossen, im Rahmen des 1998 lancierten Projekts "Fischnetz" die Aktivitäten zum Thema Fischrückgang und Fischgesundheit gesamtschweizerisch zu koordinieren und die wichtigsten Ursachen für den Fischrückgang zu ergründen. Fischnetz hat anhand von Analysen und Literaturstudien 10 potentielle Faktoren ermittelt, die für den Fischrückgang in der Schweiz eine wichtige Rolle spielen dürften (Fischnetz-info N°2, 1999). Daraus wurden 12 Hypothesen formuliert, warum die Fischbestände in den schweizerischen Fliessgewässern rückläufig sind (Fischnetz-info N°2, 1999). Die Hypothesen werden mit bestehenden und neu zu erhebenden Daten geprüft und diskutiert. Die Ergebnisse der langjährigen fischereibiologischen und hydrologischen Untersuchungen an der Alten Aare bieten sich daher an, die Hypothesen des Projekts "Fischnetz" am konkreten Beispiel zu überprüfen (Tab. 1). Auf diese Weise können die Erkenntnisse an der Alten Aare ins Projekt Fischnetz einfließen.

An der Alten Aare ist die Problematik für die Bachforellen und auch für die übrigen Fischarten multifaktoriell. Es liegen Indizien vor, dass 5 der 12 Hypothesen des Projekts "Fischnetz" durch die Ergebnisse an der Alten Aare in ihren Hauptaussagen gestützt werden (Tab.1). Mit den Lebensraumdefiziten, den Wanderhindernissen, dem konstanten Abfluss, der hochgradigen Kolmation, der belasteten Wasserqualität, den hohen Wassertemperaturen während der Sommermonate, den Reproduktionsproblemen und den auftretenden Fischkrankheiten handelt es sich an der Alten Aare um ein sehr komplexes Problemgefüge. Damit wird vor allem die Hypothese von Fischnetz gestützt, dass ein Rückgang des Fischbestandes aus vielen kleinen Effekten resultiert. Im Vergleich mit anderen Fliessgewässern ist jedoch die Alte Aare durch den konstanten Abfluss und durch den fehlenden Geschiebeeintrag ein Spezialfall.

Die einzelnen Problemfaktoren sind identifiziert. Eine Gewichtung der Einzelfaktoren gestaltet sich jedoch schwierig. Es ist schwer abzuschätzen, wie stark jeder einzelne Faktor die Populationsstärke bzw. die Gesundheit der Fische beeinflusst. Wir können beispielsweise davon ausgehen, dass die Lebensraumdefizite durch das kanalartige Gerinne, die verfestigte Kiessohle und der Stress durch die hohen Maximaltemperaturen die Populationsgrösse negativ beeinflussen oder zumindest limitieren. Doch wie stark die Auswirkungen der Einzelfaktoren auf den Bestand der Population sind, wissen wir nicht. Diese Fragen sind auch nach dem Workshop noch offen. Untersuchungen, die die Auswirkungen der identifizierten Problemfaktoren auf dem Populationsniveau der Fische beweisen könnten, wären sehr gefragt. Beispielsweise wäre interessant, die natürliche Verlaichung bzw. die Effektivität der

Besatzmassnahmen zu überprüfen. Dies wäre mit einem Besatzstopp oder mit Markierungsversuchen möglich. Damit würde ersichtlich werden, ob sich die Bachforellenpopulation in der Alten Aare selber erhalten kann, oder ob die Besatzmassnahmen für den Bestand der Bachforellen nötig sind.

Im Zusammenhang mit dem Gesundheitszustand der Bachforellen der Alten Aare stehen zudem folgende Fragen offen:

1. Reproduktionsfähigkeit der Bachforellen

Die stark kolmatierte Gewässersohle stellt denkbar schlechte Voraussetzungen für die natürliche Fortpflanzung der kieslaichenden Bachforelle dar. Es könnte jedoch zusätzlich sein, dass durch die beeinträchtigte Wasserqualität die Fortpflanzungsleistung der Bachforellen an sich reduziert ist.

Denkbar sind eine reduzierte Fruchtbarkeit und eine herabgesetzte Überlebensfähigkeit der Eier und Brütlinge. Entsprechende Untersuchungen wurden an der Alten Aare noch nicht durchgeführt.

2. Auswirkungen der festgestellten Organveränderungen

Die meisten untersuchten Forellen zeigten leicht- bis mittelgradige Organveränderungen. Es ist schwierig, deren Auswirkungen auf den Organismus abzuschätzen. Das Ausmass der Veränderungen dürfte kaum zum Tod der Tiere geführt haben. Es ist jedoch mit einer reduzierten Leistungsfähigkeit der Tiere (z.B. durch behinderte Sauerstoffaufnahme aufgrund geschädigter Kiemen, oder durch reduzierte Detoxifikationsfunktionen wegen Leberveränderungen) zu rechnen, was sich durchaus mittel- bis langfristig negativ auf den Fischbestand auswirken kann. Es gilt jedoch zu bedenken, dass Tiere mit starken Organveränderungen unter Umständen bei der Probenahme gar nicht erfasst wurden, da sie bereits gestorben waren.

3. Immunstatus der Forellen

Eine erhöhte Anfälligkeit von abwasserexponierten Forellen unterhalb der ARA Lyss für bestimmte Bakterien und Parasiten könnte ein Hinweis für eine Hemmung des Immunsystems durch die Einleitung von geklärten Abwässern der Kläranlage Lyss sein. Die Bestätigung dieser Hypothese würde jedoch entsprechende Untersuchungen des Immunsystems der Bachforellen bedingen.

4. Gesicherte Ursache schwarzer Forellen

Bei den schwarzen Forellen in der Alten Aare wurde gehäuft PKD diagnostiziert. Trotz verbesserter Diagnosemethoden für die Krankheit PKD wurden jedoch nicht bei allen Forellen mit Symptomen des Sommersyndroms die Erreger von PKD nachgewiesen. Somit ist es auch bis anhin nicht möglich, gesicherte Aussagen über die Ursache des Sommersyndroms zu machen. Zur Klärung des Syndroms wären Laborversuche nötig.

5. Vergleichsuntersuchungen an Charakterarten der Barbenregion

Wegen ihrer Beliebtheit bei Sportfischern und dem "Sommersyndrom" stand bis anhin die Bachforelle im Mittelpunkt der Gesundheitsuntersuchungen an der Alten Aare. Die Bachforelle ist jedoch keine

Charakterart der Barbenregion und findet in der Alten Aare einen für ihre Ansprüche suboptimalen Lebensraum vor. Daher wäre es interessant, auch das gesundheitliche Befinden der eigentlichen Charakterarten der Barbenregion (Barbe, Alet, Nase) zu untersuchen, die in der Alten Aare im Vergleich zur Bachforelle ein ihren Bedürfnissen besser entsprechendes Ökotopt vorfinden.

5. Rückmeldungen der TeilnehmerInnen

Dem Workshop kommt im Hinblick auf die Anstrengungen des Projektes "Fischnetz" Pilotcharakter zu. Für anstehende Projekte mit ähnlichem Hintergrund ist es von Interesse festzuhalten, wie die TeilnehmerInnen die Tagung erlebt haben und welche Haupteinsichten aus diesen beiden Tagen aus persönlicher Sicht gezogen wurden. Nachfolgend sind einige Punkte sinngemäss wiedergegeben.

- Viele Teilnehmer begrüßten die Gelegenheit, bei einer solchen Veranstaltung eigene Erfahrungen mit Erkenntnissen von Fachleuten anderer Ausrichtungen auszutauschen. Die Interaktionen zwischen den Fachleuten wurde geschätzt.
- Die Komplexität und die Sachzwänge an der Alten Aare waren beeindruckend. Es wurde als positiv empfunden, dass man trotzdem über Visionen und potentielle Massnahmen konstruktiv diskutierte.
- Es wurde bewusst, dass es sich an der Alten Aare nicht "nur" um ein Bachforellen-Problem handelt, sondern dass der ganze Fischbestand bzw. Lebensraum betroffen ist. Es wurde bemängelt, dass eine saubere schriftliche Dokumentation des Fischrückganges mit standardisierten Methoden derzeit noch fehle.
- Es wurde bedauert, dass die ursächlichen Mechanismen zum Problem der "schwarzen Forellen" auch nicht durch den Workshop abschliessend geklärt werden konnten.
- Die Veranstaltung wurde wegen der Breite der Thematik und der Komplexität als sehr bereichernd empfunden. Der Informationswert der Veranstaltung wurde geschätzt. Weil solche Veranstaltungen jedoch zeitintensiv sind, seien Koordination und Synthese zu optimieren. Insbesondere könnten zum Voraus Leitfragen formuliert und den Teilnehmern zum Voraus abgegeben werden, um die Diskussion zu strukturieren und Resultate zu den gestellten Leitfragen "mitzunehmen".
- Die Befürchtung wurde geäussert, dass nach zahlreichen Studien, Besprechungen und Tagungen die Visionen und Vorschläge nicht umgesetzt werden. Daher wurde von einigen Teilnehmern bezweifelt, dass sich die Situation für die Fische in der Alten Aare gross ändern würde. Andere meinten sogar, dass eine Revitalisierung der Alten Aare auch ohne Abwarten der verschiedenen Studien möglich gewesen wäre.
- Es ist wichtig, dass mit einer verstärkten Öffentlichkeitsarbeit die Bevölkerung für die ökologische Situation an der Alten Aare sensibilisiert wird. Um so mehr, wenn bei der Situationsanalyse über die Alte Aare bereits in einer Gruppe von 25 Personen die Komplexität der Wirkungsfaktoren beeindruckend sei.

6. Anhang

6.1. Teilnehmer

Bangerter Bruno, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Bern

Bernet Daniel, Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Uni Bern, Bern

Bieri Erwin, Technischer Leiter ARA Lyss, Lyss

Bürgy Heribert, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern

Clément Jean-Pierre, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, Bern

Escher Matthias, aquasana, Ulmiz

Eugster Michael, Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen (AFU), St. Gallen

Flury Manuel, IKAÖ, Uni Bern, Bern

Holm Patricia, Fischnetz, EAWAG, Dübendorf

Kirchhofer Arthur, WFN - Wasser Fisch Natur, Gümmenen

Krebs Jürg, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, Bern

Leiser Felix, Naturschutzinspektorat des Kantons Bern, Bern

Ochsenbein Ueli, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern

Ramseier Jörg, Fischereiinspektorat des Kantons Bern, Ligerz

Sägesser Martin, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern

Schmidt-Posthaus Heike, Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Uni Bern, Bern

Schudel Bernhard, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Bern

Staub Erich, BUWAL, Sektion Fischerei, Bern

von Känel Angela, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern

von Orelli Jürg, Fischereiinspektorat des Kantons Bern, Bern

Wahli Thomas, Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Uni Bern, Bern

Widmer Ernst, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, Bern

Zeh Markus, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, Bern

6.2. Vorträge

Die Sohlenbiozönose der Alten Aare

A. von Känel, GBL

Die Dotierung der Alten Aare und ihr Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse

B. Schudel, Wasser- und Energiewirtschaftsamt Bern

Altlasten entlang der Alten Aare: Situation und vorliegende Untersuchungen

J. Krebs, GSA

Handlungsbedarf für die Alte Aare - Erkenntnisse zum Zustand und zum Raumbedarf aus der ökomorphologischen Sicht

A. Kirchhofer, WFN - Wasser, Fisch, Natur, Gümmenen

Vollzug der Auenverordnung im Gebiet der Alten Aare - Stand des Verfahrens und Massnahmenvorschläge

F. Leiser, Naturschutzinspektorat Bern

Fischbestand, Fischbesätze und Anglerfänge: Vorstellen der vorhandenen Daten

J. von Orelli, Fischereiinspektorat Bern

Macht das Abwasser der ARA Lyss die Fische krank?

D. Bernet, Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin

Die Wasserqualität der Alten Aare

H. Bürgy, GBL

Ergebnisse Biomonitoring in Fliessgewässern Kantons Bern 1998/99 in Bezug zur Alten Aare und ARA Lyss

U. Ochsenbein, GBL

Belastung der Alten Aare durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser von Kläranlagen:

Vorbelastung der Aare, Belastung durch die ARA Lyss, absehbare Veränderungen

B. Bangerter, GSA

Industrielle und gewerbliche Betriebe im Einzugsgebiet der ARA Lyss

E. Widmer, GSA

Ausbau der Kläranlage Lyss

E. Bieri, Technischer Leiter ARA Lyss

6.3. Katalog vorhandenen Datenmaterials

6.3.1. Altlasten

GSA (1995). Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des Kantons Bern. nicht öffentlich zugänglich.
Geotest AG (2000). Ehemalige Deponien und Sickerteiche der Zuckerfabrik Aarberg:
Altlastenuntersuchungen und Risikobeurteilung. GSA, Bern.

6.3.2. ARA Lyss

VOKOS (1996). Bericht für die ARA-Region Lyss. Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.
ARA Lyss. Betriebsrapporte. Chemische Analyse des geklärten Abwassers (BSB₅, CSB, GUS, NH₄, NO₂, NO₃, Gesamt-P) sowie tägliche Regenmenge, Temperatur, pH, Abwassermenge und Reinigungsleistung.
GBL. Stichproben des ARA-Wassers auf das Vorkommen von VOC, NP und Ethoxylate, Pestizide, Polyzyklische Moschusduftstoffe.
GBL. Kontrollanalysen des Abwassers (CSB, Ammonium, Nitrat, Gesamt-P, Nitrit, Ges-N, GUS, DOC, Leitfähigkeit)
GSA. Jahresberichte für die ARA Lyss.
GBL. Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern. Teilprojekt: Chemisch-analytische Untersuchungen des Abwassers von ARA-Ausläufen.
Universität Heidelberg. Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern. Teilprojekt: Toxizitätstests Abwasser von ARA-Ausläufen.
Hollert, H., Pawlowski, S. & Braunbeck, T. (2000). Ökotoxikologische Belastung von Abwasserproben aus dem Kanton Bern/Schweiz. Abschlussbericht an das Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern. Zoologisches Institut der Universität Heidelberg.
Nagel, R. (1998). Embryotest mit dem Zebrafisch (*Danio rerio*)-Prüfung der Toxizität von Abwasserproben.

6.3.3. Fischbestand / Fischbewirtschaftung

Bestandesabfischungen in der Alten Aare (1989-1998). Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
Besatzzahlen in der Alten Aare. Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
Fangerträge Alte Aare (89-98). Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
Abfischungskampagne 3./11. August 1988 (Büro Marrer)
Rüfenacht, H.U. & Spörri, M. (1988). Chemisch-physikalische sowie fischereibiologische und makrofaunistische Untersuchungen an der Alten Aare. Zoologisches Institut, Universität Bern.
Marrer, H. (1993). Schlussbericht zur Ursachenfindung des Schwarzforellensyndroms und Vorschläge für Massnahmen (Untersuchungen über Flora und Fauna der Alten Aare). Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern, Gewässerschutz des Kantons Bern. 92 S.

6.3.4. Fischkrankheiten

Marrer, H. (1993). Schlussbericht zur Ursachenfindung des Schwarzforellensyndroms und Vorschläge für Massnahmen (Untersuchungen über Flora und Fauna der Alten Aare). Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern, Gewässerschutz des Kantons Bern. 92 S.
Burkhardt-Holm, P. (1997). Gesucht: Indikatoren für die Qualität von Fließgewässern - Ein Beispiel zur Schaffung von Synergien zwischen Forschung und Lehre. Gaia 6, 311-315.
Burkhardt-Holm, P., Escher, M. & Meier, W. (1997). Waste-water management plant effluents cause cellular alterations in the skin of brown trout. Journal of Fish Biology 50, 744-758.

- Escher, M. (1997). Abklärungen zum Einfluss von Abwasser aus einem ARA-Auslauf auf den Gesundheitszustand von Bachforellen. Inauguraldissertation. Institut für Tierpathologie, Universität Bern.
- Zürcher, M., Schumann, P. & Burkhardt-Holm, P. (1998). Vorfluter unter die Lupe genommen: Beispiel Alte Aare. Wasser, Energie, Luft - Eau, Énergie, Air 90, 121-124.
- Escher, M., Wahli, T., Büttner, S., Meier, W. & Burkhardt-Holm, P. (1999). The effect of sewage plant effluents on brown trout (*Salmo trutta fario*): a cage experiment. Aquatic Science 61, 93-110.
- Bernet, D. (1999). Biomonitoring eines belasteten Fließgewässers: Einsatz und Evaluation eines Testsystems zur Beurteilung pathologischer Effekte von geklärtem Abwasser auf die Bachforelle (*Salmo trutta* L.). Inauguraldissertation. Zoologisches Institut, Universität Bern.
- Lamche, G. & Burkhardt-Holm, P. (1999). Nonylphenol provokes a vesiculation of the Golgi apparatus in three fish epidermis cultures. Ecotoxicology and Environmental Safety, eingereicht.
- Bernet, D., Schmidt, H., Wahli, T. & Burkhardt-Holm, P. (2000a). Auswirkung von geklärtem Abwasser auf infektiöse Krankheiten bei der Bachforelle (*Salmo trutta* L.). Fischökologie, im Druck.
- Bernet, D., Schmidt, H., Wahli, T. & Burkhardt-Holm, P. (2000b). Histological alterations in the skin, gill, liver and kidney of brown trout (*Salmo trutta* L.) after exposure to effluent from a sewage treatment works. Diseases of Aquatic Organisms, eingereicht.
- Bernet, D., Schmidt, H., Wahli, T. & Burkhardt-Holm, P. (2000c). Effluent from a sewage treatment works causes changes in serum chemistry of brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety, im Druck.
- Bernet, D., Schmidt, H., Wahli, T. & Burkhardt-Holm, P. (2000d). Effects of waste water on fish health: an integrated approach to biomarker responses in brown trout (*Salmo trutta* L.). Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery, im Druck.
- Schmidt-Posthaus, H., Bernet, D., Wahli, T. (2000). Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern. Teilprojekt: Passives Monitoring an Bachforellen. Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin.

6.3.5. Grundwasser

- Kellerhals, P. & Tröhler, B. (1976). Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern. Hydrogeologie Seeland. WEA, Bern, vergriffen.
- WEA (seit 1976, jährlich). Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Bern.
- Kellerhals, P. & Häfeli, Ch. (1988). Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern. Seeland: Infiltration aus Hagneckkanal und Alter Aare. WEA, Bern.
- RRB (1995). Schutzzonenreglement für die Grundwasserfassungen Worben I u. II der Wasserversorgung der Stadt Biel.
- WEA (1999). Nutzungs-, Schutz- und Überwachungskonzept für den Grundwasserleiter des Seelands. Synthesebericht.
- Geotechnisches Institut (2000). Trendverhalten des Grundwasserleiters im Seeland seit den 70er Jahren. WEA, Bern.

6.3.6. Industriebelastung im Einzugsgebiet der Alten Aare und der ARA Lyss

- GSA. Datenbank Industrie- und Gewerbekataster.
- GSA. Analyse-Ergebnisse einzelner Untersuchungen betreff Industrieabwasser.

6.3.7. Makroinvertebraten / Gewässergüte

- Rüfenacht, H.U. & Spörri, M. (1988). Chemisch-physikalische sowie fischereibiologische und makrofaunistische Untersuchungen an der Alten Aare. Zoologisches Institut, Universität Bern.
- AquaPlus (1993). Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Alten Aare und im Lyssbach. Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.

6.3.8. Naturschutz / Auenrevitalisierung

- Anonymus (div.). Uferschutzpläne der Anstössergemeinden 1:5'000, Teile1 und 2. AGR, Bern oder Tiefbauamt, Biel.
- NSI (div.). Unterlagen zu den bestehenden Naturschutzgebieten.
- Siegrist, R. (1913). Die Auenwälder der Aare, mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhanges mit anderen flussbegleitenden Pflanzengesellschaften. ETH. Aarau. Sauerländer & Cie.
- Ris, H. (1955). Bericht über den ornithologischen Wert des Aaregriens zwischen Aarberg und Dotzigen. NSI
- Berger, E. (1963). Botanisches Gutachten betreffend die "Dorngiesse" im Altaaregrien. NSI.
- Berger, E. (1963). Das Aaregrien zwischen Lyss und dem Nidau-Büren-Kanal.
- Vogelschutzverein Lyss (1965). Vogelbestand im Aaregrien zw. Aarberg/Kappelen und Busswil Bahnbrücke. NSI / Ala.
- Schüpbach, J. (1970). Die Auenwälder der Alten Aare. Schweizer Naturschutz. XXXVI Nr 4: 94-100.
- BUWAL (1977). BLN-Inventar, Objekt Nr. 1302, "Altwässer der Aare und der Zihl".
- Büro Berz & Häfeli / NSI. Massnahmen Auenschutzverordnung Alte Aare.
- Grossenbacher, K. (1981). Feuchtgebiete im Raum Alte Aare. Autor / NSI.
- Grossenbacher, K., Sonderegger, P. (1981). Amphibienvorkommen im Raume Alte Aare / Insekten / Vögel. 1 S.
- Naturschutzkommission der Naturforschenden Gesellschaft Biel und der Regionalgruppe des N.V.B. (1982). Richtplan "Alte Aare".
- Imhof, T. (1983). Naturschutzkonzept für den Raum Alte Aare (Lyss - Meienried).
- Küchli, Chr. (1983). Wirtschaftsplan über die Waldungen des Staates Bern : Alte Aare. 1984-1994. Forstdirektion des Kantons Bern. 46 S.
- Küchli, Chr. (1984a). Pflanzensoziologische Kartierung des Waldes und der offenen Feuchtgebiete entlang der Alten Aare zwischen Lyss und Büren. Bericht zur Vegetationskarte. Kantonales Naturschutzinspektorat Bern.
- Küchli, Chr. (1984b). Die Wälder entlang der Alten Aare. Eine vielfältige und faszinierende Kulturlandschaft. Heimatbuch des Seelandes und des Murtenbietes.
- Ris, H. (1984). NS-Inventar Alte Aare, Lyss - Meienried: Baggersee im sog. Blinddarm. NSI.
- Kost, C. & Kull, P. (1990). Die Vegetation im Gebiet der Alten Aare und der Alten Zihl. Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen zwischen Aarberg und Meienried. Lizentiatsarbeit am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern. 175 S.
- Bringold, B. (1991). Experimentelle Untersuchungen zu Phänologie und Vorexistenz einheimischer Wasserläufer. Underi Fencheregiesse. NSI.
- Arbeitsgemeinschaft Aare (1992). Konzept zur Renaturierung der Aare. Kantone Bern, Solothurn und Aargau
- Hauri, R. (1993). Bibervorkommen an der Alten Aare bei Dotzigen.
- BUWAL (1994). Inventar der Amphibienlaichgebiete; Objekte BE 171, 174, 708, 710, 719. BUWAL.
- Metron Raumplanung AG (1994). Renaturierung der Flusslandschaft Alte Aare / Alte Zihl. Kanton Bern, Gemeinden Dotzigen, Studen, Schwadernau, Scheuren, Meienried, Büren a. A. 28 S.
- Hoess, R. (1995). Aktuelle Bestandesaufnahme der Libellen entlang der Alten Aare. NSI. 5 S.
- BUWAL (1996). Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Objekte Nr. 47, 48, 49.
- Büro B. Berz, Imhof, T. (1997). Landschaftskonzept Seeland (LKS). Regionalplanungsverbände Biel-Seeland und EOS.

6.3.9. Ökomorphologie

- Kissling & Zbinden AG (1988). Projekt I/1974/1983 für die Korrektur der Alten Aare . 3. und 4. Etappe. Tiefbauamt des Kantons Bern / Oberingenieurkreis III, Biel.
- Rüfenacht, H.U. & Spörri, M. (1988). Chemisch-physikalische sowie fischereibiologische und makrofaunistische Untersuchungen an der Alten Aare. Universität Bern.

AquaPlus (1993). Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Alten Aare und im Lyssbach. Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.

Wasserbauverband Alte Aare(1994). Organisationsreglement Wasserbauverband Alte Aare. Wasserbauverband Alte Aare. 19 S.

6.3.10. Wasserchemie / Sedimentanalytik Alte Aare

ecoconseil (1997). Ecotoxicité des sédiments de rivières du canton de Berne.

Zürcher, M., Schumann, P. & Burkhardt-Holm, P. (1998). Vorfluter unter die Lupe genommen: Beispiel Alte Aare. Wasser, Energie, Luft - Eau, Énergie, Air 90, 121-124.

Müller, D., Schürch, S., Sägesser, M. & Ochsenbein, U. (1999) Analyse von Schwebstoffextrakten aus der Alten Aare bei Lyss. Fischnetz-info N°3

6.3.11. Wasserdotierung Kraftwerk Aarberg

WEA. Informationen über das KW Aarberg: 1. Bauetappe (Stauraum und Kraftwerksbauten, Grundwasserverhältnisse Dez. 1961 an 9 Messstellen, Grundwasserspiegel-Messungen, Geol. Karte des Grundwassergebietes); 2. Bauetappe (Endausbau, Wasserzrinse); Grundwasseranreicherung KW Aarberg; Grundwasseruntersuchungen (Geogr. Inst. UNI Bern: Färbung der Aare 1971/72); Kraftwerk Aarberg allg. (Pflichtwasserzentrale); Dotierung der Alten Aare

Kellerhals & Haefeli (1987). Akten über die Organisation der Dotationsversuche 1987 in der Alten Aare.

Marrer, H. (1993). Schlussbericht zur Ursachenfindung des Schwarzforellensyndroms und Vorschläge für Massnahmen (Untersuchungen über Flora und Fauna der Alten Aare). Direktion für Verkehr, Energie und Wasser des Kantons Bern, Gewässerschutz des Kantons Bern. 92 S.

6.3.12. Diverses

Berz, B., Coendet, M. & Rohner, K. (1985). Raumplanung in der Region. Raumplanungsamt des Kantons Bern, Raumplanungsverband EOS 32.

Coendet, M. (1985). Die Aare-Flusslandschaft zwischen Aarberg und Meienried gestern und heute. Amt für Gemeinden und Raumordnung, Regionalplanungsverband EOS.

Christen, M., Oppliger, M. (1988). Alte Aare, Bericht. Selbstverlag. 181 S.

EAWAG / GBL (1997) Auswirkungen des Kernkraftwerkes Mühleberg auf den Wärmehaushalt der Aare.

Ochsenbein, U. (1997). Schleichendes Fischsterben in bernischen Mittellandgewässern. Informationsbulletin, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern 1/97, 2-6.

Frick, E., Nowak, D., Reust, C. & Burkhardt-Holm, P. (1998). Der Fischrückgang in den schweizerischen Fliessgewässern. Gas-Wasser-Abwasser 4, 261-264.

Friedl, C. (1999). Fischrückgang in schweizerischen Fliessgewässern. BUWAL, Mitteilungen zur Fischerei Nr. 63.

Fischnetz-info (1999-2000). Informationsorgan des Projekts "Netzwerk Fischrückgang Schweiz". 4 Ausgaben.

Biomonitoring in Fliessgewässern des Kantons Bern (2000). Gewässer- und Bodenschutzlabor Kanton Bern.