



fischnetz-info

**Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»
Projet «Réseau suisse poissons en diminution»**

Schwerpunkt / thème principal

Fachseminar vom 5. Mai 2000 in Dübendorf

Séminaire spécialisé tenu le 5 mai 2000 à Duebendorf

N° 5, September/Septembre 2000

In dieser Ausgabe

- 2 Editorial
- 3 Bedürfnisse und Probleme der Fischer
- 3 Hormonelle Aktivität in Vor- und Nachklärbecken schweizerischer ARAs
- 5 Das (deutsche) Verbundprojekt VALIMAR – ergeben sich Erkenntnisse für das «Fischnetz»?
- 7 Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern
- 9 Beobachtung des Stoffwechsels der Anthroposphäre im Einzugsgebiet ausgewählter Abwasserreinigungsanlagen (SEA)
- 10 Profitieren Fische von Gewässerrevitalisierungen?
- 12 Einfluss des Kormorans auf Anglerfang und Fischbestand
- 15 Erste Ergebnisse des EU-Projektes COMPREHEND
- 16 Was will das «Fischnetz» erreichen?
- 17 Wie weiter mit den Hypothesen zum «Fischnetz»?
- 19 Ausblick
- 19 Termine

20 Traduction française

Impressum

«fischnetz-info» kann kostenlos bei der unten stehenden Adresse bezogen werden.

Verantwortlich für die Redaktion dieser Ausgabe:
Patricia Holm

Übersetzung ins Französische:
Laurence Puech, D-Waldkirch

La brochure «fischnetz-info» peut être obtenue gratuitement auprès de l'adresse mentionnée ci-dessous.

Rédaction:
Patricia Holm

Traduction:
Laurence Puech, D-Waldkirch

Projekt Fischnetz, Eva Ruh, EAWAG, Postach 611,
8600 Dübendorf, eva.ruh@eawag.ch,
Tel. 01-823 51 54, Fax 01-823 53 75

www.fischnetz.ch



Editorial



Für mich persönlich ist «Fischnetz» ein faszinierendes Projekt. Hier kommen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus den verschiedensten Fachrichtungen und Institutionen sowie Interessierte aus der Praxis zusammen, um unter Zeitdruck und mit beschränkten Mitteln Ursachenforschung auf einem äusserst komplexen Gebiet zu betreiben. Um das Projekt erfolgreich zu Ende zu führen, müssen sich deshalb alle Beteiligten auf die zentrale Aufgabe konzentrieren: Die Erforschung der Ursachen des Fischrückgangs und darin eingeschlossen, das Aufzeigen von allfälligen Korrekturmassnahmen. Andere Anliegen sind wegen der Wichtigkeit dieses einen Zieles und dem hohen Erwartungsdruck von Seiten der Öffentlichkeit aus meiner Sicht nicht prioritär.

Die pharmazeutisch-chemische Industrie beteiligt sich zusammen mit BUWAL, EAWAG und den Kantonen am «Fischnetz». Wir unterstützen dieses Projekt, weil wir uns bewusst sind, dass unsere Produkte neben dem beabsichtigten Nutzen auch ein Risiko beinhalten. Wir tragen als Hersteller eine besondere Mitverantwortung für die Umwelt und unterstützen deshalb Projekte wie das «Fischnetz», auch wenn ein Zusammenhang von Fischrückgang und Gewässerbelastung durch chemische Stoffe nur eine der verschiedenen Arbeitshypothesen ist.

Die Wasserqualität hat sich in den vergangenen Jahren messbar und deutlich verbessert und die unerwünschten Eigenschaften von Chemikalien sind heute weit besser bekannt als noch vor wenigen Jahren. Weil das grösste Risiko vor allem dann besteht, wenn mögliche Gefahren nicht erkannt und die Belastungen hoch sind, ist das Gefährdungspotential durch chemische Stoffe in der Umwelt in den letzten Jahren zurückgegangen. Die pharmazeutisch-chemische Industrie ist im eigenen Interesse bestrebt, Risiken zu minimieren und muss auch ihr ganzes Innovationspotential dafür einsetzen. Wir sollten uns jedoch keinen Illusionen hingeben: Auch mit noch mehr Sicherheitsstudien und mit den aufwändigsten Zulassungsverfahren lässt sich ein verbleibendes Risiko nie absolut eliminieren.

Im Zusammenhang mit dem Fischrückgang wird verschiedentlich die Anwendung des Vorsorgeprinzips gefordert. Wo eine klare Ursache-Wirkungs-Beziehung besteht, ist dies gesetzlicher Auftrag. Wie geht man aber vor, wenn lediglich marginale wissenschaftliche Daten und Vermutungen vorliegen? Heisst dies konkret den sofortigen Verzicht z.B. auf Zahnpasta, Medikamente, Motorenöl und Waschmittel? Ich hoffe, dass dies so nicht gemeint ist. Nach meinem Verständnis ist das Vorsorgeprinzip ein Werkzeug der Risikokontrolle («risk management»). Es verlangt bei wissenschaftlicher Unsicherheit, dass Massnahmen bereits ergriffen werden, wenn plausible Hinweise auf mögliche schwere oder irreversible Schäden bestehen, die den erkennbaren Nutzen der Anwendung überwiegen. Das Vorsorgeprinzip basiert somit auch auf einer Wertung oder Gewichtung, die immer von der individuellen Wertvorstellung der Beteiligten abhängt. Als Beispiel: Wie wichtig ist mir die biologische Vielfalt in einem begradigten Flussabschnitt verglichen mit der Sicherung des landwirtschaftlichen Einkommens durch den Schutz des Kulturlandes vor Überschwemmungen? Ich vermute, dass bei einer solchen Frage die direkt Betroffenen zu einer anderen Gewichtung kommen als Nicht-Betroffene. Wer kann oder will hier als Richter auftreten?

Ich plädiere deshalb für ein offenes Ohr für die Positionen anderer, die auf Grund Ihrer Sicht der Dinge zu einer unterschiedlichen Beurteilung kommen, im Sinne des englischen Satzes «We agree to disagree». Der Respekt vor der anderen Meinung ist im «Fischnetz» und anderswo eine Chance, in kontroversen Situationen gemeinsam Wege und Lösungen zu erarbeiten, die schlussendlich von allen Betroffenen mitgetragen werden. Der grösste Erfolg von «Fischnetz» wird aber sein, wenn die wissenschaftliche Ungewissheit beseitigt wird, so dass Massnahmen vorgeschlagen werden können, die mit grosser Sicherheit zu einer Verbesserung der Situation führen werden.

Kaspar Eigenmann, Schweizerische Gesellschaft für chemische Industrie, Mitglied Lenkungsausschuss «Fischnetz»

Das Fachseminar vom 5. Mai 2000 in Dübendorf

Mit mehr als 150 TeilnehmerInnen wurde das 2. Fachseminar in der neuen Akademie in Dübendorf durchgeführt. Eine grosse Bandbreite an Ergebnissen, Fragen und Vorschlägen wurde präsentiert und diskutiert. Die für dieses Jahr geplanten Teilprojekte wurden von der Projektleitung vorgestellt.

Erfreulich: Es liegen erste Teilsynthesen vor, die projektübergreifende Schlüsse ziehen. **Herausfordernd:** die Aufgaben und Notwendigkeiten für Massnahmen zur Verbesserung der Lebensräume, Eindämmung der Gewässerbelastung und der Einbezug verschiedener Akteure.

In dieser Ausgabe haben die AutorInnen ihre Referate für Sie zusammengefasst. Auf unserer neu gestalteten Homepage finden Sie die vollständigen Foliensätze einiger Vorträge sowie die Literaturangaben zu den Referaten.

Bedürfnisse und Probleme der Fischer

Kurt Meyer (Zentralpräsident Schweizerischer Fischerei-Verband SFV)

Gemäss der vom Schweizerischen Fischereiverband in Auftrag gegebenen Studie «Angeln in der Schweiz» sind es leider nur etwa 4% Frauen, welche angeln. Die befragten Personen stammen zu 60% aus der Altersklasse 30–60 Jahre, wobei der grösste Teil der Anglerinnen und Angler seit Kindes- oder Jugendalter fischt. Bei über 50% der Anglerinnen und Angler ist die Forelle der Fisch erster Wahl, gefolgt vom Barsch (45%) und Hecht. Die Realität beim Fang sieht anders aus. Am meisten geangelt werden Barsch (Egli) und Felchen. Die Bachforelle folgt erst an dritter und die Regenbogenforelle an vierter Stelle. Der Jungfischeinsatz wird lediglich von 30% als gut beurteilt. Rund 60% wünschen vermehrte Einsätze von Jungfischen. Beim Einsatz von Regenbogenforellen finden 40%, er müsste verstärkt werden. Knapp die Hälfte der erfassten Anglerinnen und Angler verdient zwischen SFr. 50 000.– und 100 000.– und liegt somit über dem durchschnittlichen schweizerischen Jahreseinkommen. Den Anglerinnen und Anglern mit Jahres- oder Monatsbewilligung ist ihre Freizeitbeschäftigung jährlich SFr. 3500.– wert. In der Schweiz geben die Anglerinnen und Angler pro Jahr insgesamt SFr. 216 Mio. aus.

Wo der Schuh drückt

Es war ein langer Marsch bis die in der Gewässerschutzinitiative erstmals nach aussen getragenen Begriffe «quantitativer Gewässerschutz» und «Renaturierung» aufgenommen und verstanden wurden. Diese Entwicklung darf durch die kürzlich erfolgten Überschwemmungen nicht aufgehalten werden. Das muss von kompetenter Stelle laut und deutlich kommuniziert werden!

Die schweizerischen Anglerinnen und Angler bilden das Frühwarnsystem im Bereich des Gewässerschutzes. Sie fordern von den Behörden, für diese Aufgabe vermehrt und systematischer herbeigezogen zu werden. Die EAWAG als Bundesinstitut soll zu einem nationalen Zentrum der Fischerei entwickelt werden.

Die Sanierungsbestimmungen des Fischereigesetzes sind gegen den Widerstand der Stromkartelle durchzusetzen. Einer Aufweichung dieser Bestimmungen im Zuge der Strommarktliberalisierung ist von den zuständigen Behörden Widerstand entgegenzusetzen.

Abnehmende Fischbestände heisst geringere Fänge, geringere Fänge bedeutet weniger Patente, weniger Patente weniger Verbandsmitglieder, Mitgliederverluste aber schwächen den SFV. Die Stimmung unter den Verbandsmitgliedern ist mies!

Die Behörden des Bundes, der Kantone und der Gemeinden sowie alle Kräfte in diesem Lande, denen das Lebewesen Fisch und der Lebensraum Gewässer etwas bedeutet, sind aufgefordert, diesen Herausforderungen mutig zu begegnen! Aus all diesen Gründen setzen der Schweizerische Fischereiverband und seine Mitglieder grosse Erwartungen in die Arbeiten des nationalen Projektes «Fischnetz».

Hormonelle Aktivität in Vor- und Nachklärbecken schweizerischer ARAs

S. Durrer, M. Lusser, M. Buchmann, B. Cotton, W. Lichtensteiger und M. Schlumpf (Inst. für Pharmakologie und Toxikologie der Universität Zürich-Irchel)

Sind Abwässer in Schweizer Kläranlagen hormonell aktiv? Wie kann eine solche Aktivität nachgewiesen werden? Da es sehr viele Stoffe gibt, die hormonell aktiv sind, ist es vorteilhaft, wenn man direkt ihre Wirkungen als biologische Effekte erfassen kann, ohne die Substanz chemisch analysieren zu müssen. Je nach Art der Hormone (oder der hormonaktiven Substanzen) müssen Zellen, die auf männliche oder weibliche Sexualhormone reagieren, in Testsystemen eingesetzt werden. In solchen Tests bewirken derartige Substanzen dann z.B. eine Vermehrung oder Verminderung des Zellwachstums, woraus die biologische Wirksamkeit des Abwassers ermittelt werden kann. Eine direkte Aussage über die Wirkung auf Fische ist nicht möglich, aber es kann das Vorkommen biologisch aktiver Stoffe nachgewiesen werden.

Durch die Abwasserbehandlung in den ARAs kann die hormonelle Aktivität verringert werden, z.B. durch einen Abbau der Substanzen. In allen der hier vorgestellten ARAs konnte in Vor- und Nachklärbecken eine hormonelle Aktivität nachgewiesen werden.

Immer noch ist wenig bekannt über das Ausmass der Belastung durch hormonaktive Chemikalien und deren Wirkungen auf Wildtiere und auf den Menschen. Beobachtungen an wildlebenden Tieren und an Tiermodellen im Labor zeigen eindeutig, dass sich Wirkungen von unphysiologischen Konzentrationen (höher, als sie normalerweise im Organismus auftreten) an Hormonen oder hormonartig wirksamen Chemikalien vor allem nachteilig auf die Entwicklung von Organismen auswirken, wobei es zu Fehlbildungen und/oder zu Fehlfunktionen kommen kann. Gleichzeitig muss in Betracht gezogen werden, dass nur ein Teil der Chemikalien bezüglich hormonartiger Wirkung untersucht worden ist und dass in der Folge die Erfassung hormoneller Aktivitäten von Stoffgemischen mit chemisch analytischen Methoden allein gar nicht möglich ist. Als sinnvolle Alternative erscheinen Messungen der gesamten Bioaktivität von Mischungen von Chemikalien wie sie z.B. in den ARAs vorliegen. Dabei können einzelne der chemischen Komponenten auch unbekannt sein. Heute stehen *In-vitro*-Messmethoden zur Erfassung der hormonellen Aktivität von Mischungen, d.h. der Östrogenizität (weibliche Hormone) und der Androgenizität (männliche Hormone) zur Verfügung.

E-Screen Assay: östrogen wirksame Chemikalien

Der Östrogen-Rezeptor ist der Angriffspunkt für natürliche weibliche Hormone (Östrogene) und ist auf der MCF-7 Brustkrebszelllinie vorhanden. Bei diesen Zellen bewirken Estradiol (E2), östrogen aktive Substanzen oder Mischungen eine dosisabhängige Zellvermehrung (Proliferation). Als Endpunkt wird der *proliferative Effekt* (PE) oder der *relative proliferative Effekt* (RPE) berechnet (siehe Tabelle 1).

Die Aussagekraft des Tests wird erhöht, indem die Menge eines Proteins im Zellkulturmedium nachgewiesen wird, das von den Zellen nur in Anwesenheit des natürlichen Hormons oder von hormonähnlich wirksamen Substanzen gebildet wird. Eine weitere Absicherung des Tests beruht darauf, dass dem Kulturmedium für MCF-7 Zellen ein spezifisches Anti-östrogen (ICI 182 780) beigemischt wird, das als Antihormon den Östrogen-Rezeptor besetzt und dadurch die Wirkung aller spezifisch über diesen Rezeptor wirkenden Substanzen blockiert.

Mit dem EEQ (Estrogen Equivalent) kann die totale östrogene Wirkung oder die Östrogenizität von Mischungen beschrieben werden, indem dieser Wert auch die im Versuch eingesetzte Verdünnung der Proben berücksichtigt. Der EEQ berechnet sich aus der EC₅₀, der internen Positivkontrolle (17β-Estradiol) und aus dem Verdünnungsfaktor der ARA-Proben, die im E-Screen Verwendung findet. So haben wir z.B. nach einer Unfallsituation die massive Überlastung der nachgeschalteten ARA nachweisen können. Verglichen mit

ARA	Charakterisierung	PE von Vorklärbecken und Nachklärbecken	RPE 100%
Kloten/Opfikon	55 000 Personen in Haushalten; Industrie; Flughafen		41,8% 25,4%
Foca Maggia	75 000 Personen in Haushalten; Landwirtschaft		63,9% 37,5%
Foce Ticino	35 000 Personen in Haushalten; Landwirtschaft		55,4% 33,5%
Brissago	8000 Personen in Haushalten; Landwirtschaft		37,2% 33,2%
Horgen/Oberrieden	20 000 Personen in Haushalten (städtisch); 15% Industrie		41,2% 28,9%
Wattwil	15 000 Personen in Haushalten; 12% Industrie		37,4% 24,2%
Bühler	8000 Personen in Haushalten; 50% Textilindustrie		43,7% 34,9%
Wartau	5000 Personen in Haushalten		30,3% 19,1%
Inwil	Haushalte; Industrie		59,1% 44,1%

Tabelle 1: PE und RPE einiger schweizerischer ARAs

PE (proliferativer Effekt) = Quotient aus maximal erreichter Proliferation der untersuchten Substanz (Gemisch) durch die maximale Proliferation der hormonfreien Kontrolle.

RPE (relativer proliferativer Effekt) = Quotient aus maximaler Proliferation der Testsubstanz (Gemisch) durch maximale Proliferation induziert durch E2, mal 100. (RPE 100%: Estradiol 100 pM, EC₅₀ = 2,77 E⁻¹²).

Normwerten dieser ARA war der EEQ nach dem Vorfall massiv erhöht und die im Ausfluss der ARA gemessenen Werte waren mit Werten vergleichbar, wie sie normalerweise im Vorklärbecken anzutreffen sind.

A-Screen Assay: androgen wirksame Chemikalien

In analoger Weise kann die Aktivität des männlichen (androgenen) Hormons Testosteron oder die Aktivität von androgen oder antiandrogen wirksamen Chemikalien (oder Gemischen von Chemikalien) auf MCF-7 AR1 Zellen gemessen werden, die den transfizierten, d.h. künstlich in die Erbsubstanz der Zellen eingeschleusten androgenen Rezeptor (AR) aufweisen. In diesem Zellsystem bewirken androgen aktive Substanzen oder Substanzgemische bei Besetzung des AR eine dosisabhängige Verminderung des Zellwachstums.

Erste Messungen androgener Wirksamkeit in schweizerischen ARAs: Der proliferative shut-off, d.h. eine signifikante Hemmung der Zellvermehrung infolge Präsenz von androgen wirksamen Chemikalien (Chemikaliengemische) konnte erstmals in Proben von Vor- und Nachklärbecken der ARAs Glatt, Inwil und Wartau nachgewiesen werden, wobei die Nachklärbecken deutlich geringere Aktivitäten zeigten.

Schlussfolgerungen

Der E-Screen Test eignet sich für die Messung der östrogenen Aktivität von Substanzgemischen in Vor- und Nachklärbecken. Unsere bisherigen Untersuchungen lassen darauf schliessen, dass die Östrogenizität durch die Zahl der an die ARA angeschlossenen Haushalte und die Produkte der angeschlossenen Industriewerke beeinflusst wird. Mit Sicherheit wird die Abnahme der Östrogenizität in Proben aus Nachklärbecken auch mitbestimmt durch Art und Anzahl der Reinigungsschritte, wobei eingeleitete Verbesserungsmassnahmen wiederum an der Veränderung des E-Screens abgelesen werden könnten. Das erlaubt, auch in ganz engen Zeiträumen ablaufende Überlastungen von ARAs mit direktem Bezug auf ihre Auswirkung auf die Umwelt zu diagnostizieren. Mit dem Einsatz des A-Screen, der androgene resp. antiandrogene Wirkungen von Substanzgemischen erfasst, konnten erstmals androgene Aktivitäten in schweizerischen ARAs und deren Reduktion nach der Klärung nachgewiesen werden. Der Test wird in Zusammenarbeit mit zwei erfahrenen Labors in den USA weiter ausgebaut.

Voraussetzung für den Einsatz einer solchen Testmethode ist ihre Sensitivität. Diese sollte für das natürliche Steroidhormon wie z.B. Estradiol im picomolaren Bereich liegen, entsprechend den Bindungseigenschaften am Rezeptor. Andernfalls wird es schwierig, die Wirkungen von Gemischen von Substanzen mit vergleichsweise 1000-fach geringerer Aktivität zu erfassen.

Diese Arbeit wird im Rahmen des Projektes HORSÄ (BUWAL, EAWAG, Universität Zürich) vom BUWAL unterstützt.

Das (deutsche) Verbundprojekt VALIMAR – ergeben sich Erkenntnisse für das «Fischnetz»?

*Helmut Segner (Umweltforschungszentrum Leipzig),
Rita Triebkorn (Zoologisches Institut Universität Tübingen)*

Umweltbelastungen von Fliessgewässern durch anthropogene Chemikalien sind, sofern sie sich in Konzentrationsbereichen bewegen, die nicht direkt zum Tod führen, oft schwer zu erkennen. Zu ihrem Nachweis werden Indikatoren benötigt, die sensitiv und frühzeitig ansprechen und zugleich auch von ökologischer Relevanz sein sollten. Biomarker könnten derartige Indikatoren sein; es handelt sich dabei um biochemische, histologische oder physiologische Reaktionen von Organismen, die infolge einer Exposition gegenüber Schadstoffen ausgelöst werden. Im Projekt VALIMAR wurden Biomarker auf ihre Aussagekraft hin überprüft. Bezüglich des diagnostischen Einsatzes von Biomarkern im «Fischnetz» können verschiedene Erkenntnisse gewonnen werden, wie die Notwendigkeit seriöser Studienvorbereitungen, ausreichend grosser Zahl von Probennahmen, des Einsatzes einer sinnvollen Kombination von Biomarkern und schliesslich die Erkenntnis der begrenzten Aussagekraft von Biomarkern für die Geschehnisse auf dem Niveau der Populationen.

Zielsetzung und Versuchsanordnung in VALIMAR

Das Projekt VALIMAR (Validierung und Einsatz biologischer, chemischer und mathematischer Tests und Biomarkerstudien zur Bewertung der Belastung kleiner Fliessgewässer mit Umweltchemikalien) ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Zeitraum 1995–2000 gefördertes Verbundvorhaben. Es wurde von Rita Triebkorn initiiert und koordiniert und unter Beteiligung von insgesamt 11 Arbeitsgruppen aus ganz Deutschland durchgeführt. Ziel war es, die Aussagekraft von Biomarkern für den Nachweis und die Bewertung der stofflichen Belastung von Gewässern mit Umweltchemikalien zu beurteilen. Ein wesentliches Merkmal von VALIMAR besteht darin, dass Gewässer mit niedrigdosiger chemischer Belastung aus diffusen Quellen untersucht wurden. Drei Fragen standen im Zentrum des Vorhabens:

- ▶ Differenzieren Biomarker aus Fischen zwischen unterschiedlich belasteten Fliessgewässern, und wenn ja, welche Biomarker sind am besten geeignet (Differentialdiagnose)?
- ▶ Ist die Biomarkerantwort spezifisch für die Chemikalien-Belastung der Fische (Kausalanalyse)?
- ▶ Ist die Biomarkerantwort korreliert mit den Veränderungen auf «höheren» biologischen Ebenen, also Ebene der Populationen und Lebensgemeinschaften (ökologische Relevanz, «early warning function»)?

Methodisch bearbeitete VALIMAR die genannten Fragestellungen durch den simultanen Einsatz einer breiten Palette biologischer Untersuchungsparameter sowie chemisch-analytischer, gewässermorphologischer, limnochemischer

(Parameter wie Stickstoff, Phosphorverbindungen etc.) und mathematisch-statistischer Verfahren (Abbildung 1). Die biologischen Messparameter umfassten *Biotests* (z.B. Zellkulturverfahren, Fischembryotests), *Biomarker* (Stressproteine, Histopathologie, ultrastrukturelle Veränderungen von Geweben, Biotransformationsenzyme, Stoffwechsellzyme), *Populationsparameter* (Dichte, Altersstruktur von Fischpopulationen) und *biozönotische Größen* (Zusammensetzung der Nematoden-Lebensgemeinschaften [Fadenwürmer] und des Makrozoobenthos [sedimentbewohnende Organismen]). Durch die Kombination der unterschiedlichen methodischen Ansätze sollte zum einen der Zusammenhang zwischen Gewässerzustand (Morphologie, Chemie etc.) und biologischen Antwortmustern aufgeklärt werden, zum andern der Indikationswert und die ökologische Relevanz der verschiedenen Biomarker und Biotests geprüft werden.

Ergebnisse von VALIMAR

Als Untersuchungsstandorte wurden modellhaft zwei Bäche in Süddeutschland ausgewählt: der Krähenbach als wenig belasteter Referenzbach, und die Körsch, die Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft, dem Stuttgarter Flughafen und aus Kläranlagen (bis zu 95% des Wasservolumens kann aus Kläranlagen stammen) erhält. Entsprechend ist die Körsch durch erhöhte Gehalte an Pestiziden, PCBs und PAHs (schwer abbaubare Chemikalien) gekennzeichnet; zudem ist die Belastung mit Ammonium und Nitrat in der Körsch deutlich höher als im Krähenbach, während bei den Schwermetall-Konzentrationen keine gewässerspezifischen Unterschiede zu beobachten sind. An beiden Bächen wurden Bachforellen und Bachschmerlen untersucht. Dazu wurden die Fische entweder in sogenannten «Bypass-Systemen» (bachwasserdurchflossenen Aquarien) exponiert oder direkt durch Elektrofischerei aus dem Gewässer entnommen.

Die unterschiedlichen Belastungen der beiden Untersuchungsgewässer mit Fremdstoffen spiegeln sich in den Schadstoffgehalten der Fische wieder. Auch die Mehrzahl der Biomarkerantworten zeigte deutliche Unterschiede zwischen Fischen aus Körsch und Krähenbach, wobei die «Trennschärfe» im Einzelnen variierte. Beispielsweise war die Ultrastruktur der Kiemen von Fischen aus der Körsch grundsätzlich schlechter entwickelt als jene von Fischen aus dem Krähenbach oder der Labor-Kontrolle. Dagegen zeigte die Aktivität des Stoffwechsellzyms Glutathion-S-Transferase aus der Leber von Forellen und Schmerlen keine Differenzierung zwischen den beiden Bächen. Wieder ein anderes Reaktionsmuster fand sich bei den Stressproteinen, deren Gehalt sich zwar eindeutig, jedoch auf unerwartete Weise in Forellen aus Körsch und Krähenbach unterschied: Entgegengesetzt zur Erwartungshaltung zeigten Forellen aus dem geringer belasteten Krähenbach mehr Stressproteine als Forellen aus der stärker belasteten Körsch. Das Beispiel weist auf den Einfluss zusätzlicher, nicht-chemischer Umweltfaktoren auf die Biomarkerantwort hin. Auch Artunterschiede wurden deutlich – so zeigten die Forellen grundsätzlich eine sehr viel klarere Differenzierung zwischen den beiden Gewässern als die Schmerlen.

Angesichts der Vielzahl der im Projekt erhobenen Daten wie auch der Vielzahl möglicher Einflussgrößen auf die Biomarkerreaktionen war es besonders wichtig, eine komplexe statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse durchzuführen. Multivariate statistische Analysen bestätigten, dass die gemessenen Biomarkerantworten (zumindest jene in den Forellen) eine eindeutige Differenzierung zwischen den beiden Untersuchungsgewässern ermöglichen. Damit konnte die erste Frage des VALIMAR-Projektes – nämlich die nach dem differentialdiagnostischen Wert von Biomarkern – klar positiv beantwortet werden. Die multivariate Analyse zeigte allerdings auch auf, dass die beobachteten Biomarker-Antworten nicht in jedem Fall korrelierbar sind mit den chemischen Belastungsdaten der Gewässer bzw. den in den Fischen akkumulierten Schadstoffgehalten. Damit kann die zweite Frage des Projektes – die nach der kausalanalytischen Aussagekraft von Biomarkern – nur eingeschränkt positiv beantwortet werden. Möglicherweise ist in Gewässern, in denen die chemische Exposition kein dominanter Faktor ist, sondern einer unter mehreren, recht gleichgewichtigen Einflussgrößen, eine eindeutigere kausale Zuordnung prinzipiell nicht möglich. Ein zweiter Faktor, der die Aufdeckung der Kausalbeziehung zwischen stofflicher Belastung und Biomarker-Antwort erschwert haben dürfte, ist die zu geringe

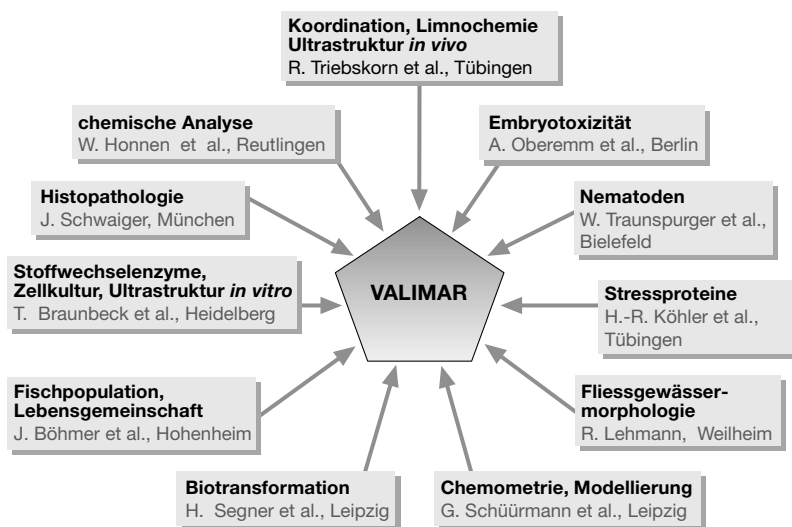


Abbildung 1: Der VALIMAR-Verbund.

Probennahmendichte: Im finanziellen und personellen Rahmen von VALIMAR konnten lediglich zwei Standorte mit jeweils 3 Beprobungen pro Jahr untersucht werden; für eine verbesserte statistische Auflösung und Kausalanalyse wären sowohl eine erhöhte Zahl von Untersuchungsorten wie eine gesteigerte Häufigkeit der Probenahmen vorteilhaft gewesen.

Die dritte Frage im VALIMAR-Projekt war die nach der ökologischen Relevanz der Biomarker-Antworten. Die im Rahmen von VALIMAR durchgeführten Untersuchungen auf biologischen Ebenen «oberhalb» der suborganismischen Biomarker belegten eindeutig, dass die biochemischen und zellulären Biomarkerreaktionen Effekte auf der Organismus- und Populationsebene widerspiegeln können. So zeigten Embryotests mit Bachforellen und Bachschmerlen erhöhte embryotoxische Potentiale in der Körsch. Auch die Strukturen der Fischpopulationen und Lebensgemeinschaften verschiedener Tiere waren in der Körsch eindeutig gestört, während für den Krähenbach keine Auffälligkeiten zu beobachten waren. Die Befunde zu den Biomarker-Antworten bei Fischen korrelieren insofern mit den ökologischen Parametern der Gewässer.

Schlussfolgerungen für «Fischnetz»

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit «Fischnetz» Lehren aus dem VALIMAR-Projekt ziehen kann. Dazu muss man sich zunächst klar machen, dass die Zielsetzung der beiden Projekte unterschiedlich sind: Im VALIMAR-Vorhaben geht es um die Validierung der Aussagekraft von Biomarkern. Im «Fischnetz» geht es darum, die Ursachen für den Fischrückgang aufzuklären. Die Frage nach den «Lernmöglichkeiten» muss daher dahingehend präzisiert werden, welche Lehren «Fischnetz» aus VALIMAR hinsichtlich des diagnostischen Einsatzes von Biomarkern ziehen kann. Hierzu lassen sich folgenden Empfehlungen ableiten:

- ▶ Die Probenahmen-Intensität nimmt wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis. Felduntersuchungen sollten sorgfältig statistisch und epidemiologisch vorbereitet werden.
- ▶ Biomarkerantworten sind multifaktoriell reguliert. Um ihre Reaktion zu interpretieren und kausal auf einen bestimmten Faktor oder Faktorenkomplex zurückzuführen, muss entsprechendes Grundlagenwissen zu dem Marker vorliegen. Dies wird im Einzelfall eine entsprechende Begleit- oder Vorlauforschung notwendig machen.
- ▶ Die Aussagekraft eines einzelnen Biomarkers ist meist begrenzt; daher ist eine Kombination mehrerer Marker vorzuziehen.
- ▶ Für die diagnostische Leistungsfähigkeit von Biomarkern ist die Auswahl des Biomarker-Sets kritisch. Um zu Aussagen bezüglich der verursachenden Faktoren zu gelangen, muss eine Selektion von Markern getroffen werden, die möglichst genau auf die zu untersuchenden Hypothesen zugeschnitten ist. Daneben sind Vorgehensweise und Methoden

für die Auswertung und Interpretation der Biomarkerdaten wichtig (z.B. Einsatz entsprechender statistischer Verfahren).

▶ Die Biomarkerantwort tritt zwar «früher» ein als die Populationsantwort, ist jedoch auch schwieriger eindeutig fassbar und interpretierbar hinsichtlich des prospektiven Charakters für Populationen. Die Eignung des Biomarkers als «early warning»-Signal hängt damit wesentlich von der Anlage der Studie ab (Auswahl der Marker, Beprobungsdichte, Kombination unterschiedlicher Parameter etc.).

Biomonitoring in Fließgewässern des Kantons Bern

Ueli Ochsenbein (Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Gewässer- und Bodenschutzlabor)

In der Alten Aare und der Langete gehälterte und freilebende Bachforellen zeigten in Untersuchungen, die im Rahmen der Dissertationen von H. Schmidt und D. Bernet am FIWI durchgeführt wurden, deutliche Veränderungen in den inneren Organen und stark erhöhte Mortalitätsraten. Diese beunruhigenden Ergebnisse haben die Wichtigkeit eines breit angelegten Biomonitorings in Fließgewässern des Kantons Bern unterstrichen. Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse dieses Biomonitorings kurz vorgestellt. Eine Synthese der verschiedenen Teilstudien ist geplant.

Passives Monitoring Bachforellen

An insgesamt 17 Gewässerstellen wurden im Herbst 1998 und im Frühjahr 1999 mittels Elektroabfischung je ca. 20 Bachforellen gefangen und im FIWI auf verschiedene Parameter, u.a. Veränderungen von Leber und Niere, untersucht.

In Abbildung 2 sind die festgestellten Leber- und Nierenveränderungen für die Herbst- und die Winter/Frühjahrs-Abfischung übersichtsmässig dargestellt. Je höher die Indexwerte, desto höher sind die Veränderungen. Die *Herbstabfischung* zeigt folgendes Bild: Bachforellen aus dem alpinen Chirel sowie aus den wenig belasteten Oberläufen von Langete und Rot weisen die geringsten Organveränderungen auf. Gewässer im voralpinen Gebiet und die Suze im Jura zeigen mittlere Organveränderungen. Hohe Indexwerte und somit deutliche Veränderungen an Leber und Niere sind in Mittellandgewässern unterhalb von Kläranlagen sowie in Gewässern, die zivilisatorisch stärker belastet sind (Landwirtschaft, Entlastungen, Oberflächenentwässerung), auszumachen. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die beobachteten Organveränderungen durch Einwirkung von Belastungen aus verschiedenen Quellen hervorgerufen werden.

Bei der *Frühjahrsabfischung* fallen die – im Vergleich zur Herbstprobenahme – deutlich kleineren Indexwerte in den Mittellandgewässern auf. Es scheint, dass die Fischgesundheit im Frühjahr wesentlich besser ist als im Herbst. Eine

Ausnahme bilden die Fische des Lyssbachs (keine ARA), deren Indexwerte sogar angestiegen sind. Weiter ist erwähnenswert, dass sich die Indexwerte der Forellen aus den wenig belasteten Gewässern Chirel sowie den Oberläufen von Langete und Rot im Vergleich zur Herbstabfischung kaum geändert haben.

Aktives Monitoring mit Fischeiern

Im Zeitraum zwischen 1998 und 1999 wurde an acht verschiedenen Stellen im 80 km langen Aarelauf zwischen Thuner- und Bielersee ein aktives Monitoring mit Bachforellen- und Äscheneiern durchgeführt. Mit einer Pumpe wurde Flusswasser aus der Aare gepumpt und in Veco-Sieb-schalen geleitet, in denen die befruchteten Fischeier bis zum Schlüpfen inkubiert wurden. Die Abwasserbelastung nimmt auf dem untersuchten Teilstück der Aare um rund 650 000 Einwohnergleichwerte zu.

Die Untersuchungen zeigen, dass sowohl Einleitungen von Kläranlagen als auch Hochwasserentlastungen bzw. Hochwasserereignisse in der Aare zu einem Anstieg der Mortalität der exponierten Fischeier führen können. Allerdings ist eine Unterscheidung des Einflusses von Hochwasserereignissen und -entlastungen aus dem Kanalisationsnetz nicht möglich, da beide Ereignisse in der Regel gleichzeitig stattfinden.

Chemisch-analytische Untersuchungen von ARA-Abläufen

Im Zeitraum Sommer 1998 bis Frühjahr 1999 wurden an insgesamt 11 Kläranlagen Abwasseruntersuchungen durchgeführt. Von jeder ARA wurden in Abständen von 2 Monaten sechs Wochensammelproben erhoben (total 66 Proben). Im

folgenden werden die Ergebnisse der Nonyphenol- und Pestiziduntersuchungen kurz vorgestellt.

Nonyphenolverbindungen: Die gereinigten Abwässer der Kläranlagen Bern und Lyss weisen mittlere Konzentrationen von ca. 15 und 12 µg/l auf. Diese Werte sind als vergleichsweise hoch einzustufen und sind vermutlich auf schlechte Abbauleistung bzw. Überlastung der Kläranlagen zurückzuführen. Die restlichen ARA zeigen Konzentrationen im Bereich von ca. 2 bis 7 µg/l. In Anbetracht der hohen Toxizität von Nonylphenol (PNEC: 0,7 µg/l) können die Konzentrationen in den Gewässern, vor allem bei geringen Verdünnungen, teilweise im Bereich der Wirkungsschwellen für Fische liegen.

Überraschend waren weiter die Ergebnisse der *Pestiziduntersuchungen*. So wurden in Wochensammelproben diverser Kläranlagen Konzentrationen im Bereich von 10–37 µg/l Abwasser gemessen. Die hohen Werte traten fast ausschliesslich in den Sommerproben und in ländlichen Kläranlagen auf. Folgende Wirkstoffe wurden in Konzentrationen >5 µg/l bestimmt: Isoproturon, Atrazin, Desethylatrazin und Metamitron. Die relativ geringe Verdünnung der ARA-Abwässer in gewissen kleinen Gewässern bedeutet, dass die Anforderungen an die Wasserqualität (Gewässerschutzverordnung) von <0,1 µg/l je Pestizid teilweise massiv überschritten werden.

Ökotoxikologische Belastung der ARA-Abwässer

Die erhobenen ARA-Auslaufproben wurden mit verschiedenen Toxizitätstests auf ihr *akut toxisches*, *gentoxisches* (erbgutschädigendes) sowie *östrogenes Schädigungspotential* hin untersucht. Dabei kam eine sog. *In-vitro*-Biotestbatterie

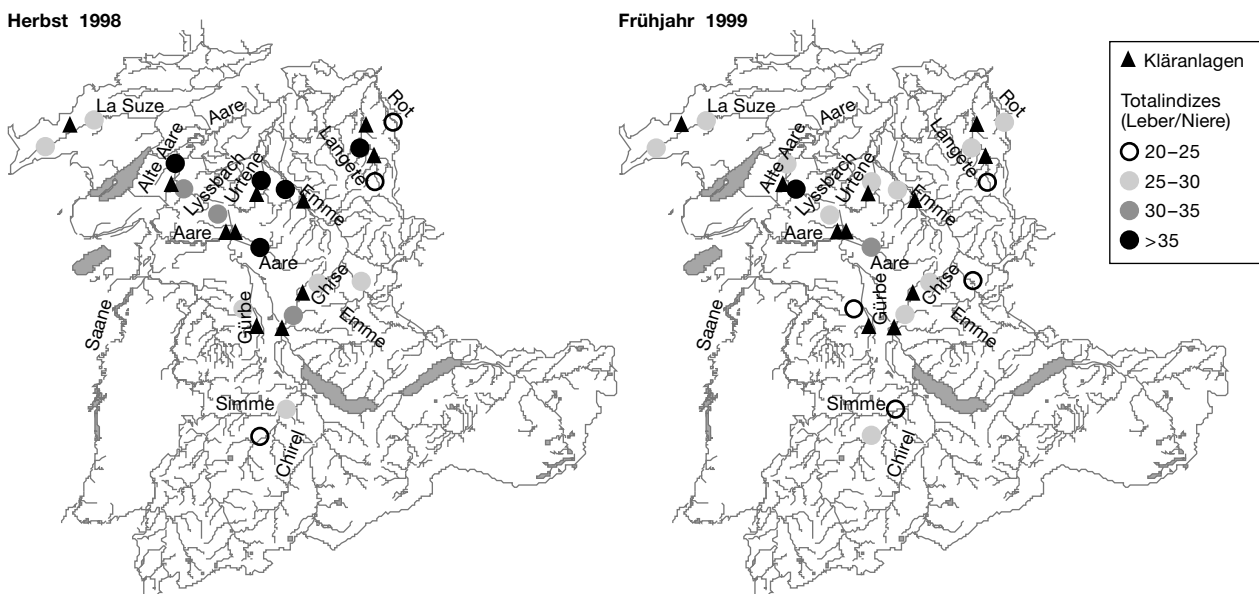


Abbildung 2: Ergebnisse des Passiven Monitorings an Bachforellen. Dargestellt sind die Stärken der festgestellten Veränderungen an Lebern und Nieren (FIWI, Universität Bern).

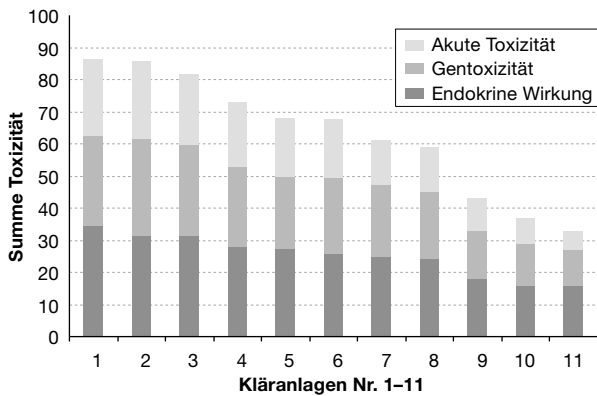


Abbildung 3: Übersicht über die ökotoxikologische Gesamtbelastung der untersuchten ARA-Abwässer.

zum Einsatz (Universität Heidelberg). Die Untersuchungen haben gezeigt, dass in vielen Wochensammelproben ein ökotoxisches Schädigungspotential nachweisbar war. Jeweils rund 50% der geprüften Abwasserproben zeigten in den durchgeführten Tests eine toxische, gentoxische oder östrogene Wirkung. Inwiefern sich die Abwässer auf den Gesundheitszustand und das Reproduktionsverhalten der Forellen auswirken, kann mit den vorliegenden Ergebnissen nicht schlüssig dargelegt werden. Bedenklich sind aber die festgestellten relativ hohen östrogenen Wirkungen verschiedener Abwasserproben. Bei der akuten Toxizität und der östrogenen Belastung konnten Unterschiede zwischen den Kläranlagen von bis zu 400% festgestellt werden. Eine Bewertung der Kläranlagen in Bezug auf das gesamte Toxizitätspotential ist in Abbildung 3 dargestellt.

Vorläufige Schlussfolgerungen

Im *passiven Monitoring* untersuchte *Bachforellen* aus alpinen Gewässern und Oberläufen von Voralpen- und Mittellandgewässern weisen in der Regel relativ geringe Leber- und Nierenveränderungen auf. In den Mittellandgewässern gibt es deutliche Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrsabfischung: Während die im Herbst abgefischten Forellen deutliche Organveränderungen aufweisen, zeigen die Tiere im darauf folgenden Frühjahr nur relativ geringe Veränderungen. Dies lässt auf eine markante Verbesserung der Fischgesundheit während der Wintermonate schließen. Die Organveränderungen scheinen allgemein in einem Zusammenhang mit der zivilisatorischen Belastung der Gewässer (ARA, Entwässerung, Landwirtschaft etc.) und der Wassertemperatur zu stehen.

Im *aktiven Monitoring* in der Aare (Thuner- bis Bielersee) exponierte *Bachforellen- und Äscheneier* reagieren auf die Einleitung von ARA-Abwasser sowie auf Hochwasserereignisse bzw. Kanalisationsentlastungen. Die Eiermortalität steigt unterhalb von Abwassereinleitungen bzw. Agglomerationen deutlich an.

Die Resultate der *chemisch-analytischen ARA-Abwasseruntersuchungen* zeigen relativ hohe Konzentrationen für Nonylphenolverbindungen und Pestizide. Es ist davon auszugehen, dass bei geringer Verdünnung in den Gewässern Wirkschwellen erreicht bzw. Grenzwerte deutlich überschritten werden.

Von Bedeutung scheint ferner das mittels *In-vitro*-Tests vorgefundene *östrogene Schädigungspotential* in ARA-Ausläufen zu sein. So dürfte in Gewässern, in denen Abwasser wenig verdünnt wird, die von den Kläranlagen ausgehende östrogene Wirkung teilweise im Bereich der geschätzten Schwellenkonzentrationen für Forellen liegen. Erwähnenswert ist weiter die *toxische und gentoxische Wirksamkeit* zahlreicher Abwasserproben. Auch hier stellt sich die Frage nach der Langzeitwirkung auf Organismen.

Beobachtung des Stoffwechsels der Anthroposphäre im Einzugsgebiet ausgewählter Abwasserreinigungsanlagen (SEA)

Thomas Kupper (EPF Lausanne)

Was passiert mit den Stoffen, die täglich aus unseren Waschmitteln und Körperpflegeprodukten ins Abwasser gelangen? Um mehr über ihren Werdegang in Abwasser und Klärschlamm, sowie über ihren Abbau und Umbau in den Kläranlagen zu erfahren, wird das Projekt SEA durchgeführt. An 29 ARA werden entsprechende chemische Analysen durchgeführt. Kenntnisse über den Verbleib der Ausgangssubstanzen und ihre Abbauprodukte sind wichtige Grundlagen um die Auswirkung auf die Lebensgemeinschaften im Wasser abschätzen zu können.

In einer modernen Gesellschaft ist Wasser das mengenmässig wichtigste Verbrauchsgut. Durch die Nutzung in Haushalten, Industrie- und Gewerbebetrieben wird es verschmutzt. Über Produkte wie Wasch- oder Reinigungsmittel gelangen umweltrelevante Stoffe direkt ins Wasser und werden in die Kanalisation entsorgt. Dies gilt auch für Verbindungen, die vom motorisierten Verkehr, von Heizungen oder von Industrie und Gewerbe in die Atmosphäre abgegeben werden und ins abfließende Regenwasser gelangen. Die im Abwasser enthaltenen Stoffe werden in den Kläranlagen zu einem grossen Teil aus dem Abwasser entfernt und im Klärschlamm eingelagert. Mit Hilfe von chemischen Untersuchungen des Schlammes und mittels Modellrechnungen kann der Eintrag von Stoffen aus dem Einzugsgebiet ins Rohabwasser erfasst werden. Um die gemessenen Stofffrachten verstehen zu können, ist die Kenntnis des Einzugsgebietes und der Kläranlage notwendig. Deshalb wurde ein Beobachtungsnetz mit 29 Untersuchungsstandorten aufgebaut. Es umfasst 3 Typen von Standorten, welche aufgrund unterschiedlicher Einzugsgebiete und Kanalisationsysteme

eine unterschiedliche Abwasserzusammensetzung aufweisen. Damit können Stoffe erfasst werden, welche im Abwasser aus privaten Haushalten (Typ A), im Meteorwasser (Typ B) sowie im Abwasser aus Industrie und Gewerbe (Typ C) enthalten sind.

Mit dem Projekt SEA soll ein kostengünstiges und wirksames Instrument bereitgestellt werden zur

- frühzeitigen Erkennung umweltrelevanter Verbindungen;
- Planung von gezielten Massnahmen, um den Schadstoffeintrag an der Quelle zu beobachten und wenn nötig zu begrenzen;
- Wirkungs- und Erfolgskontrolle bei Massnahmen zum Schutz der Gewässer.

Im Rahmen des Projekts SEA wurde Klärschlamm erstmals in der Schweiz auf polyzyklische Moschus-Verbindungen analysiert. Moschus-Verbindungen sind Duftstoffe, welche in Waschmitteln und in kosmetischen Produkten eingesetzt werden. Vom wichtigsten Vertreter, Galaxolid, werden jährlich europaweit rund 1500 t verbraucht. Die meisten Produkte, welche diesen Duftstoff enthalten, gelangen nach dem Gebrauch ins Abwasser. Galaxolid reichert sich in der Umwelt an und ist beispielsweise im Flusswasser oder in Fischen in verhältnismässig hohen Konzentrationen nachweisbar.

Der Gehalt von Galaxolid im Klärschlamm der A-Typen betrug im Mittel 5,9 mg/kg TS (Trockensubstanz), derjenige der B und C-Typen 3,3 mg/kg TS (Abbildung 4) Der niedrigere Gehalt im Klärschlamm der B- und C-Typen ist auf den Verdünnungseffekt aufgrund des Eintrags zusätzlicher Stoffe mit dem Regenwasser zu erklären. Bei einem Transfer von 80% des Galaxolids in den Klärschlamm lässt sich eine mittlere Fracht im Abwasser von 106 mg pro Einwohner und Jahr berechnen. Aufgrund der konsumierten Produkte, die Galaxolid enthalten, wurde der Verbrauch in der EU demgegenüber auf 4,1 g pro Einwohner und Jahr geschätzt. Die

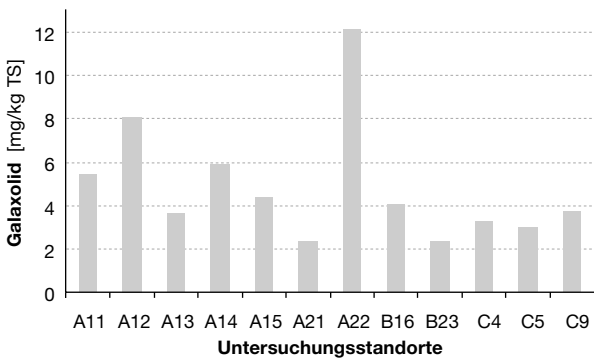


Abbildung 4: Gehalt von Galaxolid in Klärschlämmen (Trockensubstanz) von ARA der Untersuchungsstandorte A (nur häusliches Abwasser), B (häusliches Abwasser und Meteorwasser) und C (häusliches Abwasser, Meteorwasser sowie industrielles und gewerbliches Abwasser).

Fracht im Abwasser liegt damit wesentlich niedriger als die berechnete Verbrauchsmenge. Ausländische Studien führten zu ähnlichen Ergebnissen. Diese Differenz könnte dadurch zu erklären sein, dass Galaxolid nicht vollständig in das Abwasser gelangt, und dass in der ARA ein Abbau stattfindet. Das Verhalten von polyzyklischen Moschus-Verbindungen in der ARA soll daher in einem Teilprojekt des SEA untersucht werden. Ebenfalls soll die Bildung von Abbauprodukten und deren Eigenschaften abgeklärt werden. Diese Arbeiten haben zum Ziel, den Eintrag von polyzyklischen Moschus-Verbindungen in das Abwasser, der Ab- oder Umbau in der ARA sowie die Verteilung der Ausgangssubstanzen und der Abbauprodukte in den Klärschlamm bzw. ins gereinigte Abwasser zu beschreiben. Damit können mögliche Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in den Gewässern und im Boden besser abgeschätzt werden. Ob polyzyklische Moschus-Verbindungen als umweltschädigend (z.B. hormonelle Aktivität) zu betrachten sind, ist umstritten. Die Anreicherung von synthetischen Stoffen in der Umwelt stellt in den meisten Fällen ein Risiko dar und ist daher grundsätzlich unerwünscht.

Profitieren Fische von Gewässerrevitalisierungen?

Armin Peter (EAWAG, Forschungszentrum für Limnologie, Kastanienbaum)

«Fischnetz» erforscht den in der Schweiz seit zirka 1985 beobachteten Fangrückgang bei Bachforellen. In diesem Zusammenhang wurden zwölf Arbeitshypothesen formuliert. Drei dieser Hypothesen betreffen direkt die stark degradierten Lebensräume und damit verbunden die Beeinträchtigung der Fortpflanzung kieslaichender Fische: Hypothese «schlechter Lebensraum ist für den Fangrückgang verantwortlich», Hypothese «Kolmation der Kiessohle als wichtiger Faktor» sowie die Hypothese «geschiebeführende Winterhochwasser reduzieren das Überleben von Eiern und Brütlingen».

Diesen negativen Einflüssen auf den Lebensraum kann durch Revitalisierungen und Renaturierungen entgegengewirkt werden. Vielfältig strukturierte, dynamische Bäche und Flüsse puffern andere nachteilige Komponenten ab. Ein extremes Hochwasser zum Beispiel wirkt sich in einem gut strukturierten Lebensraum weniger negativ auf Fische aus als in einem stark verbauten, äusserst monotonen Gewässer.

Erfahrungen mit Gewässerrevitalisierungen

In vielen Ländern Europas und Nordamerikas kommt den Gewässerrevitalisierungen seit einigen Jahren eine wichtige Bedeutung zu. Die Qualität des Lebensraumes und damit die Bedingungen für die Lebensgemeinschaften sollen ver-

bessert werden. Mit den bereits ausgeführten Arbeiten konnten wichtige Erfahrungen gesammelt werden. In einer Umfrage wurden mehrere erfahrene Wissenschaftler befragt, die an Revitalisierungsprojekten beteiligt waren (siehe Zitate). In einem zusammenfassenden Artikel sind Probleme und Wissenslücken bei Revitalisierungen zusammengestellt. Durch lokale und zentrale Verwaltungen werden weltweit grosse Geldsummen in Revitalisierungen investiert. Die «restoration ecology» als noch junge Wissenschaft verfügt aber noch über keine Langzeitstudien. Erfolgsbeurteilungen gestalten sich daher schwierig. Kurzfristige Beurteilungen zeigten, dass der Erfolg von Revitalisierungen nicht garantiert ist. Für einige Teile der USA wird eine Fehlquote von 60% genannt. Eine Abstützung auf ein schwaches wissenschaftliches Fundament wird als häufigster Grund für das Verfehlen der Ziele aufgeführt. Erfolgskontrollen kom-

«Als Ökologe will man ein System, das natürlich, lebendig und gesund ist, kein fragmentiertes System, das auf Lebenserhaltung gemanagt wird.»

Stuart Pimm, Columbia University, New York

«Viele Revitalisierungsprojekte in Kalifornien haben das Ziel verfehlt, da sie nicht auf einem Verständnis von geomorphologischen und ökologischen Prozessen basierten.»

Matt Kondolf, University of California-Berkeley

men bei den Revitalisierungen ein hoher Stellenwert zu. Jede Revitalisierung sollte als ein ökologisches Experiment aufgefasst werden. Ein Monitoring ist unerlässlich. So lässt sich aus Fehlern lernen, künftige Projekte werden davon profitieren («learning by doing»). In einem anderen Artikel, der sich mit Revitalisierungserfahrungen beschäftigt, wurde festgestellt, dass viele Revitalisierungen gesamtheitliche Aspekte vernachlässigen. Oft stehen artbezogene, mechanische Habitatsverbesserungen für ausgewählte Fischarten im Vordergrund (z.B. das Einbauen von Fischunterständen). Grundsätzliche Probleme (fehlende Naturverlaichung der Fische etc.) werden aber auf diese Weise nicht gelöst. Des Weiteren stellten diese Autoren eine häufige Beschränkung der durchgeführten Projekte auf sehr kurze Gewässerabschnitte fest. Das Gewässersystem als Ganzes wurde nur ungenügend berücksichtigt.



Die Bünz bei Möriken AG – ein Fließgewässer revitalisiert sich selbst.

Beim grossen Hochwasser im Mai 1999 suchte sich die stark eingeeengte Bünz ein neues, wesentlich breiteres Bachbett. Im neu geschaffenen Gewässerabschnitt konnte im Mai 2000 bei elektrischen Abfischungen bereits eine deutliche Naturverlaichung der Bachforellen nachgewiesen werden (Präsenz von 0⁺-Fischen, ohne vorherige Besatzmassnahmen).

Revitalisierungen zielen auf:

- ▶ Wiederherstellen von einst vorhandenen ökologischen Prozessen und biologischen Elementen (Arten, Populationen).
- ▶ Deutliches Verbessern von Strukturen und Funktionen des Ökosystems.
- ▶ Wiederherstellen oder deutliches Verbessern der natürlichen biologischen Vielfalt.
- ▶ Wiederherstellen der Gewässervernetzung. (kein unnatürlich fragmentiertes Gewässersystem)
- ▶ Wiederherstellung der Ufervegetation.

So profitieren die Fische

Intakte Wandermöglichkeiten im Längsverlauf, Wechsel zwischen Stellen mit starker Strömung und ruhigem Wasser (oft im Bereich der Ufervegetation/Uferlinie) ist wieder möglich, natürliche Fortpflanzung, vielfältige Habitatsstruktur, ausreichend und sauberes Wasser.

Ziele von Revitalisierungen

In der ökologischen Literatur werden häufig folgende Ziele für Revitalisierungen genannt: Entwickeln, d.h. deutliches Verbessern von Strukturen und Funktionen eines Ökosystems einschliesslich der biologischen Vielfalt. Dabei soll ein degradiertes Zustand verbessert und das System in die richtige Richtung entwickelt werden. In jedem Fall ist das ganze Gewässersystem zu betrachten. Die hydrologischen und geomorphologischen Prozesse sind gute Beispiele für die Notwendigkeit des systemhaften Vorgehens. Restwasser- und Geschiebeprobleme lassen sich nur auf der Ebene des Einzugsgebietes lösen, eine kleinräumige Betrachtung führt nicht zum Erfolg. Weiterhin ist die Vernetzung der Gewässer für die Fische ein zentrales Problem, welches nur auf der Ebene des Einzugsgebietes angegangen werden kann. Die Defragmentierung eines Flusses und damit das Wiederherstellen der Durchgängigkeit ist ein wichtiges Ziel bei Revitalisierungen. Abhängig vom Altersstadium sind die Individuen mehrerer Fischarten auf einen Wechsel zwischen Haupt- und Seitengewässer sowie zwischen fliessendem und stehendem Wasser angewiesen.

Neben der Längsvernetzung ist die seitliche Vernetzung bedeutend. Der Übergangsbereich Wasser–Land ist ein eigenes Ökosystem mit hoher Vielfalt. Die Ufervegetation kann als Puffer gegen schädliche Einflüsse (Schadstoffe, Dünger, Feinpartikel) betrachtet werden und übt einen positiven Effekt in Bezug auf die Temperatur aus. Das Gehölze ist auch als Strukturreserve zu betrachten (Eintrag von Totholz). Nahrungsaspekte für Fische sind ebenfalls eng mit einer ausreichenden Uferbestockung verbunden: Fliessgewässer mit

intakter Uferbestockung weisen einen höheren Input von terrestrischen Nährstoffen auf.

Revitalisierungen und Fische

Nicht in jedem Fall verbessern Revitalisierungen die Situation der Fische. Dies trifft vor allem für sehr kurze revitalisierte Abschnitte zu oder aber für Gewässerstrecken ohne ausreichende Variabilität und Dynamik des Lebensraumes. Die Restaurierungs-Ökologie ist eine noch junge Wissenschaft und ist darauf angewiesen, aus begangenen Fehlern zu lernen. Das heisst nicht, dass Revitalisierungen einem «Trial and Error»-Vorgehen gleichzusetzen sind. Im Gegenteil: Eine klare ökologische Basis und Voraussagen sind nötig (z.B. die Prognose, dass zwei einst vorhandene Fischarten den Lebensraum zurückerobert werden). Dennoch ist Revitalisieren stets ein Experiment. Werden derartige Experimente aber im Kontext des Gewässersystems mit dem Ziel der Wiederherstellung ökologischer Prozesse verknüpft, kann für Gewässer und Fischfauna eine positive Reaktion erwartet werden. Derartige Revitalisierungen berechtigen zur Hoffnung, künftig wieder funktionierende Fliessgewässerökosysteme mit guten Fischbeständen vorzufinden.

Einfluss des Kormorans auf Anglerfang und Fischbestand

Erich Staub (BUWAL, Sektion Fischerei)

Arbeitshypothese 10 von Fischnetz stellt u.a. die Frage, ob der Fangrückgang der Angler allenfalls dadurch erklärbar ist, dass sich der nachhaltig abschöpfbare Fangertrag heute anders zwischen Anglern und fischfressenden Vögeln aufteilt als früher.

Nach einer Information zur Anzahl überwinternder Kormorane wird die Hypothese anhand der *drei Testgebiete Reuss, Linthkanal und Nussbaumersee* geprüft. Die Reuss entspricht dabei einem grossen (Abfluss 110 m³/s, Breite 70–80 m) und der Linthkanal einem mittelgrossen Fliessgewässer (Abfluss 55 m³/s, Breite 30–35 m); der Nussbaumersee ist ein Kleinssee (Fläche 25 ha). Für Details zu den einzelnen Testgebieten wird auf die separaten Berichte verwiesen, die in Ausarbeitung sind und aus denen auch die beteiligten Akteure hervorgehen.

Anzahl überwinternde Kormorane und Massnahmenplan

Nach 1980 stieg die Anzahl überwinternder Kormorane von weniger als 2000 Vögeln auf über 8000 Individuen im Januar 1992; anschliessend nahm die Zahl der Überwinterer wieder auf rund 5000 Kormorane ab (Abbildung 5). Für die Fischerei massgeblich war weniger die Gesamtzahl der Kormorane in der Schweiz als der Anteil der Vögel mit Schlafplätzen an den

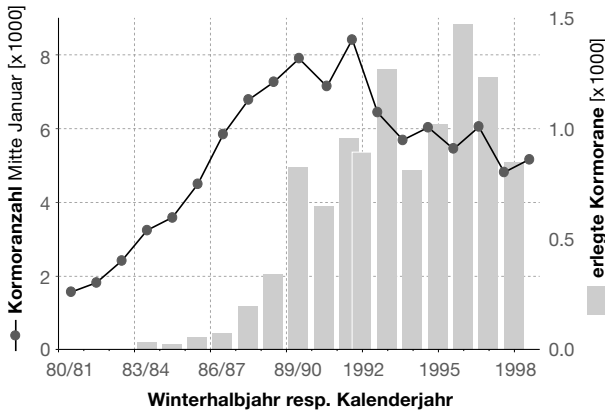


Abbildung 5: Überwinternde Kormorane Mitte Januar (Zählungen der Vogelwarte Sempach an den Schlafplätzen).

besonders sensitiv reagierenden Fließgewässern. Dieser Anteil stieg von rund 10% in den Jahren 1984–89 auf 30% um 1990–96. Als Reaktion auf diese Zunahme stieg die Anzahl erlegter Kormorane ab 1989 stark an (ab 1989 rund 1000 erlegte Vögel pro Winter). Dies wiederum führte zu Diskussionen über Sinn und Notwendigkeit von Abschüssen und zur Bildung der BUWAL-Arbeitsgruppe «Kormoran und Fische». Diese gab in ihrem Schlussbericht von 1995 folgende Empfehlung heraus: keine Kormoranabwehr an den Seen und Flusstaus (zusammen 87% des Kormoranbestands); Kormoranabwehr an Flüssen und Kleinseen (13% des Kormoranbestands).

Testgebiet Reuss (Abschnitt Rotkreuz–Hünenberg–Sins)

Im Testgebiet Reuss wurden Anfang der 80er Jahre rund 1000 Äschen pro Jahr gefangen, in den 90er Jahren noch 100/Jahr (90% Rückgang); bei den Forellen liegen die entsprechenden Zahlen bei 2000/Jahr und 500/Jahr (75% Rückgang), bei den übrigen Fischarten (Barben, Alet u.a.) bei 1300/Jahr und 700/Jahr (50% Rückgang). Die Anzahl Anglerpatente blieb weitgehend konstant. Der erste Schub des Fangrückgangs zeigte sich nach dem ersten starken Kormoraneinflug vom Winter 1986/87. Untersuchungen von 72 Kormoranmägen (davon 40 mit Fisch; Abschüsse 1994–2000) zeigten folgendes Resultat: 38% der Mägen enthielten Äschen, 18% Barben, 12% Alet. Fischarten mit bedeutendem Gewichtsanteil waren Äsche mit 40%, Barbe mit 36% und Alet mit 12%.

Die Angler nutzen Äschen ab 35 cm (Schonmass); bei den häufigsten Fanglängen (40–45 cm) sind diese Fische 4–5 Jahre alt. Die von den Anglern zurückgesetzten Äschen entsprechen 1–3 Jahre alten Fischen. Die von den Kormoranen entnommenen Äschen entsprechen dem Alter 1, 2 und 3 Jahre. Ein Äschenjahrgang wird also während 3 Jahren vom Kormoran befischt und erreicht dann eine Länge, welche eine zusätzliche Befischung durch die Angler ermöglicht.

Gesamthaft ergibt sich folgende Bilanz (Abbildung 6): Der Kormoran entnimmt bezüglich Gewicht 4-mal mehr Äschen als die Angler und bezüglich Stückzahl 12-mal mehr. Bezogen auf die Wasserfläche entspricht die gesamte Äschenentnahme 5,3 kg/ha (davon 1 kg/ha durch Angler). Der massive Einbruch der Äschenfänge der Angler seit dem ersten Kormoraneinflug im Winter 1986/87 ist in diesem Testgebiet erklärbar durch die kormoranbedingte Fischentnahme, d.h. durch eine veränderte Aufteilung der abschöpfbaren Fischbiomasse und eine Übernutzung der nachwachsenden Fische. Bei den übrigen Fischarten dürfte die Tendenz ähnlich wie bei der Äsche sein, hingegen ist der Rückgang bei der Bachforelle nicht auf einen Kormoraneffekt zurückzuführen, sondern auf den Verzicht, weiterhin grosse Forellen einzusetzen («put and take»).

Testgebiet Linthkanal (Verbindung Walensee–Zürichsee)

Im Testgebiet Linthkanal schwankten die Äschenfänge Anfang der 80er Jahre um 5000/Jahr, in den 90er Jahren lagen sie bei 2000–3000/Jahr (50% Rückgang); bei den Forellen liegen die entsprechenden Zahlen bei 10 000/Jahr und 500/Jahr (95% Rückgang). Die Anzahl Anglerpatente sank von 1000 Stück in den Jahren 1975–79 auf 500 um 1985–94 und 300–400 um 1996–99. Nach einem ersten starken Kormoraneinflug im Winter 1984/85 organisierte der Kanton St. Gallen eine Kormoranabwehr, welche den Einflug auf ein tiefes Niveau senkte. Untersuchungen von 328 Kormoranmägen (davon 146 mit Fisch; Abschüsse 1980–1999) zeigten folgendes Resultat: 38% der Mägen enthielten Forellen, 10% Felchen, 10% Trütschen, 6% Äschen. Fischarten mit bedeutendem Gewichtsanteil waren Forellen mit 40%, Felchen und Trütschen mit je 15%, Äsche und Alet mit je um 10%.

Die Angler fangen Forellen und Äschen mit einem Schonmass von je 32 cm. Die Kormorane nutzen diese beiden Fischarten bereits in Längen, bevor sie zum Schonmass für Angler herangewachsen sind (vgl. Testgebiet Reuss bezüglich Äsche).

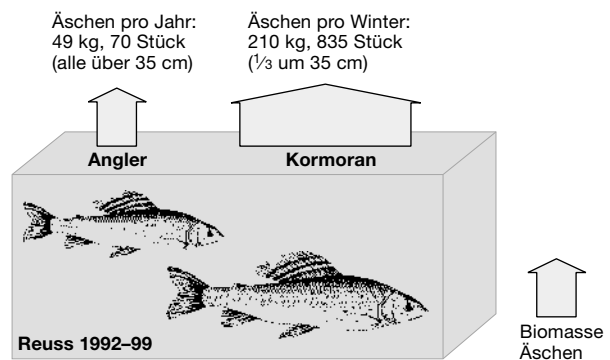


Abbildung 6: Gesamtbilanz der Äschen-Entnahme durch Angler und Kormorane im Testgebiet Reuss (Mittel der Jahre 1992–99).

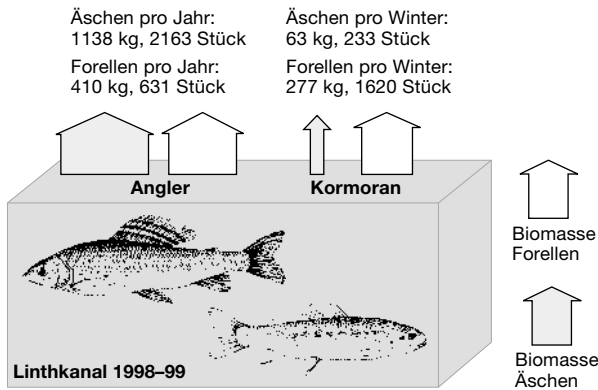


Abbildung 7: Gesamtbilanz der Äschen- und Forellen-Entnahme durch Angler und Kormorane im Testgebiet Linthkanal (Mittel der Jahre 1990-99).

Gesamthaft ergibt sich folgende Bilanz (Abbildung 7): Die Angler fangen stückmässig 9-mal mehr und gewichtsmässig 18-mal mehr Äschen als die Kormorane. Bei den Forellen fangen die Angler stückmässig leicht weniger und gewichtsmässig 1,5-mal mehr als die Kormorane. Auf die Wasserfläche bezogen liegt die gesamte Entnahme bei 20 kg Äschen/ha (davon 1 kg/ha durch Kormoran) und 12 kg Forellen/ha (davon 5 kg durch Kormoran). Der Kormoran hat somit in diesem Beispiel kaum Einfluss auf den Äschenfang der Angler; er ist aber massgeblich an der Nutzung der Forellen beteiligt. Dabei muss aber bemerkt werden, dass die Interpretation der Fangkurven aus folgenden Gründen komplex ist: a) die obigen Aussagen gelten nicht für den Winter 1984/85 (Starkeinfall der Kormorane); b) der Kormoraneinflug wird unterschätzt (Kormoranzählung nur während kurzem Beobachtungsfenster am Morgen); c) die Entnahme von Forellen aus dem Linthkanal wird überschätzt (Forellen stammen teilweise aus den Seitenkanälen); d) in den 70er Jahren wird die Fangkurve durch die damals starke Nährstoffzufuhr im Walensee günstig beeinflusst (grösserer Eintrag von tierischem Plankton in den Linthkanal); e) Verän-

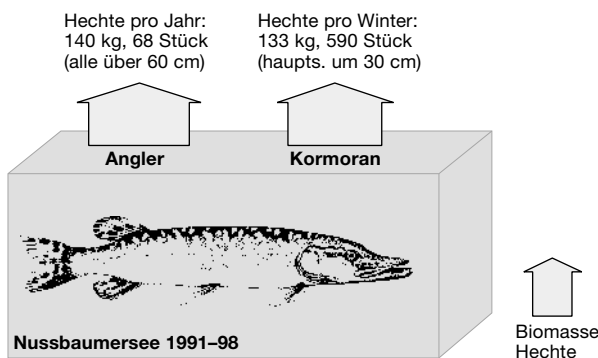


Abbildung 8: Gesamtbilanz der Hecht-Entnahme durch Angler und Kormorane im Testgebiet Nussbaumersee (Mittel der Jahre 1991-98).

derungen beim Forellenschonmass und bei der Anglerzahl beeinflussen den Befischungsdruk.

Testgebiet Nussbaumersee

Im Testgebiet Nussbaumersee schwankten die besonders interessierenden Hechtfänge seit den 80er Jahren zwischen 40 und 80 Stück pro Jahr. Untersuchungen von 31 Kormoranmägen (davon 24 mit Fisch; Abschüsse 1994-2000) zeigten folgendes Resultat: 38% der Mägen enthielten Rotaugen, 21% Brachsmen/Blicken, 8% Hechte. Fischarten mit bedeutendem Gewichtsanteil waren Rotauge mit 35%, Hecht mit 30%, Brachsmen/Blicke mit 20%.

Die Angler fangen die Hechte ab dem Schonmass von 60 cm. Die zurückgesetzten untermässigen Fische zeigen Spitzenwerte bei 40 cm und 55 cm, was 2 resp. 3 Jahre alten Hechten entspricht. Die Kormorane nutzen grösstenteils Hechte um 30 cm (1 Jahr alt), zu einem geringen Teil solche um 40 cm.

Gesamthaft wird folgende Bilanz festgestellt (Abbildung 8): Ein Hecht-Jahrgang wird in den ersten zwei Lebensjahren vom Kormoran genutzt, dann folgt ein Jahr ohne Nutzung und anschliessend erreichen die Hechte die Fanglänge für Angler. Die Angler entnehmen gewichtsmässig leicht mehr Hechte als der Kormoran; stückmässig entnimmt der Kormoran rund 9-mal mehr als die Angler. Auf die Wasserfläche bezogen liegt die gesamte Entnahme bei 11 kg Hecht/ha (davon 5 kg/ha durch Kormoran). Es gibt zwar keine direkte Überlappung der von Angler und Kormoran genutzten Fischlängen, aber die Verdoppelung der entnommenen Hechtbiomasse bewirkt eine indirekte Nutzungskonkurrenz mit folgender Wirkung: Rückgang des Fanggewichts der Hechte von anfänglich über 3 kg auf 2 kg sowie entsprechender Anstieg des Fangaufwands pro Ertrag von ¼ Fangtag pro kg Hecht auf gegen ½ Fangtag pro kg Hecht.

Schlussfolgerungen

Mit den drei vorgestellten Testgebieten wurde das Spektrum von Wirkungen des Kormorans auf Fischbestände und Anglerfänge ausgeleuchtet, nämlich:

- Es gibt keine generell gültige Aussage zur Wirkung des Kormorans auf Fischbestand und Anglerfang der Gewässer. Die notwendige Einzelfallbeurteilung muss die Möglichkeit und Art der Kormoranabwehr, die vom Kormoran entnommenen Fischarten, die Nähe des Gewässers zu einem Schlafplatz (Einflugdruck) usw. berücksichtigen.
- Als Hauptnutzer der Fische kann sowohl der Angler (Äsche im Testgebiet Linthkanal) als auch der Kormoran (Äsche im Testgebiet Reuss) auftreten.
- Es gibt sowohl direkte (gleiche Fischarten und -grössen werden genutzt) als auch indirekte Konkurrenz zwischen Angler und Kormoran (Kormoran nutzt nachwachsende Jungfische, was die Angler bei der späteren Nutzung von adulten Fischen einschränkt).

Erste Ergebnisse des EU-Projektes COMPREHEND

Walter Giger (EAWAG)

Seit anfangs 1999 wird das dreijährige EU-Projekt COMPREHEND durchgeführt. Dieses vom englischen Institut für Süßwasser-Ökologie (IFE, Institute for Freshwater Ecology) koordinierte Projekt befasst sich mit dem Nachweis und den Auswirkungen von Umwelthormonen bzw. endokrinstörenden Substanzen auf Fische (COMPREHEND: **COMM**unity **Programme of Research on Environmental Hormones and ENdocrine Disrupters**). Insgesamt nehmen dreizehn Institute aus sieben Ländern teil. Ausführliche Informationen in englischer Sprache (Objectives, Tasks, Deliverables etc.) sind auf dem Internet einsehbar (<http://www.ife.ac.uk/comprehend>).

Die folgenden Ziele und Aufgaben werden bearbeitet:

- «Europaweite» Bestandsaufnahme der Wirkungen auf Fische
 - Beurteilung von Kläranlagenausläufen
 - Vitellogeninbestimmung (Eidotterprotein)
- Identifikation von östrogenen (endokrinen, hormonwirksamen) Stoffen
 - Kopplung: chemische Analytik und biologische Effekte
- Verteilung von hormonwirksamen Stoffen
 - Effekte von suspendierten Stoffen
- Entwicklung und Verbesserung von *In-vitro*- und *In-vivo*-Testmethoden.

Im März 1999 fand im Tagungszentrum der ETH in Ascona (Centro Stefano Franscini, Monte Verità) ein erster COMPREHEND-Workshop statt. Die Zusammenfassungen der Tagungsbeiträge sind auf dem Internet abrufbar (<http://www.eawag.ch/courses/eedc>).

In der Schweiz sind mehrere Forschungsgruppen an der EAWAG in folgenden Teilprojekten aktiv:

- Chemische Analysen
 - Nonylphenol-Verbindungen
 - Steroidhormone
- Identifikation von hormonwirksamen Stoffen
 - Fraktionierungsmethoden und Toxicity Identification and Evaluation (TIE)
- Ökotoxikologische Wirkungsanalysen (biochemische, zellbiologische und molekularbiologische Methoden)
 - Vitellogeninbestimmungen in Fischblutplasma
 - Fisch- und Hefezellensysteme
 - Proteinuntersuchungen
- Fischuntersuchungen
 - Exposition von Fischen und Fischeiern im Ablauf von Kläranlagen
 - Populations-Studien für Europäische Forellen (*Salmo trutta fario*, engl. brown trout) und Gründlinge (*Gobio gobio*, engl. gudgeon)

Für die schweizerischen Untersuchungen wurden die folgenden Kläranlagen und Flüsse ausgewählt:

- Kläranlage Rontal, Ron, Reuss (LU)
- Kläranlage Surental, Suhr (LU)
- Kläranlage Teufenthal, Wyna (AG)
- Kläranlage Zürich-Glatt, Glatt (ZH).

Einige vorläufige Ergebnisse sind bereits erarbeitet worden:

- ▶ Im Ablauf der Kläranlage Rontal sind erhöhte Gehalte an Nonylphenol, Nonylphenolmonoethoxylat und Nonylphenoldiethoxylat gefunden worden. Diese Substanzen sind schwerer abbaubare Metaboliten (Zwischenprodukte des biologischen Abbaus) der reinigungsaktiven Nonylphenolpolyethoxylate (nichtionische Tenside).
- ▶ Unterhalb der Kläranlagen lässt sich in exponierten männlichen Forellen das weibliche Eidotterprotein Vitellogenin nachweisen; ebenfalls sind relatives Leber- und Gonadengewicht verändert.
- ▶ In Extrakten aus Kläranlagenabläufen sind sowohl in Fischzellen als auch in Hefezellen östrogene Aktivitäten nachweisbar.

Was will das «Fischnetz» erreichen?

Peter Dollenmeier (CIBA Spezialitätenchemie)

Im Herbst 1999 hat die Projektleitung vom «Fischnetz» im Businessplan die Projektziele und Erfolgskriterien beschrieben sowie ein mögliches Vorgehen und die zu erbringenden

Leistungen («Produkte») festgelegt. In Tabelle 2 sind diese Elemente zusammengefasst. Diese Aufstellung dient u.a. der Projektleitung und dem Lenkungsausschuss bei der periodisch erfolgenden Beurteilung des Projektfortschritts.

Mit Erreichen des ersten Teilziels (1a–c) soll sichergestellt werden, dass die Entwicklung des Fischbestandes der letz-

Ziele	Erfolgskriterien	mögliche Wege	Produkte
1a) Übersicht zur gesamtschweizerischen und regionalen Entwicklung der Anglerfänge und Fischbestände sowie der Fischgesundheit in den letzten 20–30 Jahren	Zusammenhang zwischen Anglerfangstatistik und Fischbeständen erfasst Zeitliche Veränderungen bezüglich Fischbestand und Fischgesundheit mit geografischem Bezug erhoben Fischbestand und -gesundheit in repräsentativen Gewässern mit einer Genauigkeit erfasst, die für grosse Effekte statistisch gesicherte Aussagen erlaubt	Auswertung Anglerstatistiken Erhebung Anglerverhalten Auswertung und Datenerhebungen zum Fischbestand Erhebung des Gesundheitsstatus und Ermittlung der wichtigsten Parameter	Berichte zur zeitlich-räumlichen Entwicklung und zur aktuellen Lage der Fischfänge, der Bestandesdichte, des Anglerverhaltens und des Gesundheitszustandes sowie Synthesedokument zu diesen Bereichen
1b) Grundlagen für standardisiertes Überwachungssystem schaffen	System zur quantitativen Erfassung von Fischbeständen und Fischgesundheit ist wissenschaftlich fundiert und praktikabel	Bestehende Methoden evaluieren und eventuell adaptieren, in Praxis einführen Felduntersuchungen mit standardisierten Methoden	Methodendokument Ausgebildete Fachleute
1c) Erfolgskontrolle: künftige Erhebungen zu Fischbeständen und Fischgesundheit in Fließgewässern vorbereitet	Sollzustand und Defizite bekannt	Anwendung von Modellen zur biologischen Integrität der Fischbestände	Konzept für Erfolgskontrolle
2) Wichtigste Einflussfaktoren beschreiben und verstehen, Handlungsspielraum erfassen	Ursachen, die Hauptteil der Veränderungen bewirken, identifiziert Begründung der Wichtigkeit einzelner Faktoren bei Wissenschaft, Öffentlichkeit und Verursachern akzeptiert Anthropogene Faktoren unterschieden in flächenhafte und diffuse Effekte	Modellierung und Quantifizierung von Stoffflüssen (soweit möglich und sinnvoll) Vernetzung punktueller Ergebnisse, Prioritätensetzung, Ressourcenzuteilung, Zeitplanung Hypothesenworkshops Experimentelle Studien	Dokument zur Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren (Ursache-Wirkungs-Ketten und Anteil) Methodenzusammenstellung
3) Korrekturmassnahmen vorschlagen	Massnahmen identifiziert und adressatengerecht kommuniziert Massnahmen in internationale Gremien eingebracht	Massnahmenworkshop mit Betroffenen Publikationen und Vorträge	Massnahmenkatalog (inkl. Massnahmen zur Erfolgskontrolle)
4) Laufende und neutrale Information über Projektverlauf	Bekanntheit von Fischnetz so, dass Koordination und gegenseitige Information bei Fischereikreisen und Entscheidungsträgern funktioniert	Kommunikationsplan PL- und LA-Sitzungen	fischnetz-info Homepage, Networking TP-Konferenzen Workshops, Fachseminarien Internationale Vernetzungen Publikationen, Vorträge
5) Synthese und Vernetzung	Erkenntnisse generiert, die über die Ergebnisse der Teilprojekte hinausgehen	Multivariate Analysen, Meta-Analyse Qualitative Synthesearbeit	Synthesedokumente

Tabelle 2: Zusammenfassung der Projektziele, der Erfolgskriterien, des möglichen Vorgehens und der zu erbringenden Leistungen. Abkürzungen: PL = Projektleitung, LA = Lenkungsausschuss, TPL = Teilprojektleiter und Teilprojektleiterinnen

ten Jahre soweit möglich rekonstruiert und inskünftig mittels standardisierten Verfahren überwacht werden kann. Solche Verfahren sind insbesondere notwendig, um die langfristige Entwicklung von Fischbestand und Fischgesundheit zu überwachen und die Wirksamkeit von möglichen Korrekturmaßnahmen zu überprüfen. Mit der Arbeit am zweiten Teilziel sollten die entscheidenden Einflussfaktoren für die bisherige Entwicklung des Fischbestandes und der Fischgesundheit erkannt werden. Auf der Basis dieser Erkenntnisse könnten in einem weiteren Schritt allfälligen Korrekturmaßnahmen vorgeschlagen werden (drittes Teilziel). Das vierte Teilziel beinhaltet das Bekenntnis vom «Fischnetz» zu einer kontinuierlichen und offenen Information über das Projekt. Das fünfte Teilziel bezweckt, dass die gewonnenen Erkenntnisse aufgearbeitet und übergreifende Zusammenhänge dargestellt werden.

Wie weiter mit den Hypothesen zum «Fischnetz»?

Patricia Holm (EAWAG)

Am Fachseminar 1999 wurden 12 Arbeitshypothesen vorgestellt, anhand derer wir im «Fischnetz» die Ziele erreichen wollen.

In den kommenden Jahren sollen diese Hypothesen überprüft werden. Folgende Schwierigkeiten gibt es zu beachten:

- Die möglicherweise verantwortlichen Faktoren und die beobachtbaren Phänomene sind in vielfältiger Wechselwirkung untereinander vernetzt.
- Die meisten Effekte können durch mehr als eine Ursache hervorgerufen werden.

Dies soll am Beispiel näher erläutert werden (Abbildung 9).

Direkt kann ein schlechter Lebensraum (durch fehlende Unterstände etc.) die Fische stressen, wodurch das Immunsystem belastet wird und Krankheiten leichter zum Ausbruch kommen. Andererseits können eingetragene Insektizide Fischnährtiere reduzieren, dadurch könnten vor allem Jungfische in eine Situation des Hungerstressses geraten. Dies wiederum würde Immunschwäche oder den Ausbruch von Krankheiten begünstigen. Das gleiche Phänomen könnte jedoch auch auf schlechten Lebensraum zurückzuführen sein: eine stark kolmatisierte oder hart verbaute Sohle könnte zu einer Reduzierung der Fischnährtiere führen, dies ebenfalls wieder zum Hungerstress bei jungen Fischen mit den genannten Auswirkungen auf die Fischgesundheit. Auch für andere Zusammenhänge gibt es Hinweise: Eine gestiegene maximale Sommertemperatur in den Fließgewässern begünstigt einige Parasiten und Krankheiten über Massen und belastet andererseits die Abwehrbereitschaft von Forellen, sodass hierdurch eine verstärkte Krankheitshäufigkeit mit-

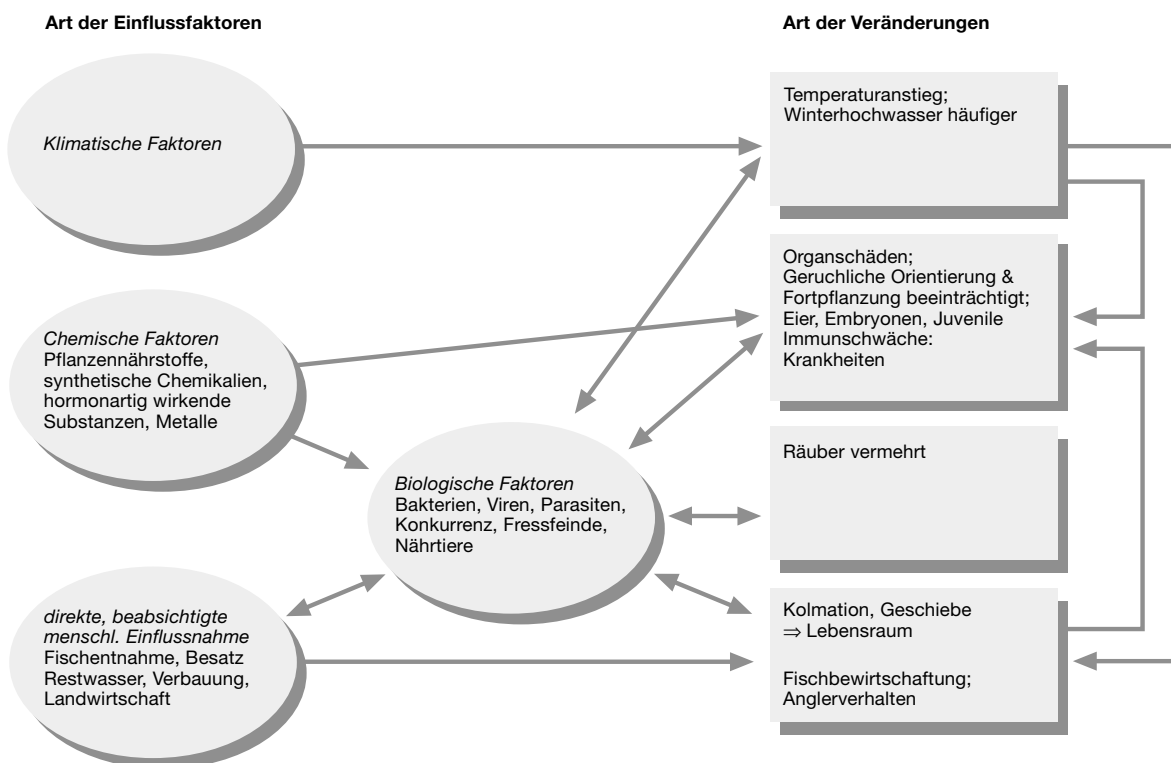


Abbildung 9: Darstellung der Schwierigkeiten bei der Überprüfung der Arbeitshypothesen: Einflussfaktoren und Art der Veränderungen sind in vielfältiger Wechselwirkung untereinander vernetzt, zudem können die meisten Effekte durch mehr als eine Ursache hervorgerufen werden.

Arbeitshypothesen	Untersuchungen
1 viele kleine Effekte	–
2 Fortpflanzungsschwäche	Fortpflanzungsschwäche von Bachforellen Ovotestis-Rotaugen Beeinträchtigungen von Organen und Immunsystem PKD (proliferative Nierenkrankheit) Zusammenhänge zwischen Faktoren, die die Fischgesundheit beeinträchtigen
3 Nachwachsende Fische fehlen	
4 Organschäden	
5 Immunschwäche	
6 schlechter Lebensraum	
7 Kolmation	Quantitative Erhebung an 0+-Bachforellen
8 weniger Fischnährtiere	Expertengespräch
9 fischereiliche Bewirtschaftung	Vergleich von aktuellen mit früheren quantitativen Abfischungen
10 Anglerverhalten, Prädatoren	Anglerverhalten, Detailauswertung Fangstatistik
11 höhere Wassertemperaturen	Expertengespräch
12 geschiefbeführende Winterhochwasser	Einfluss von Hochwasser und Geschiebehalt auf Bachforellen

Tabelle 3: Von den Hypothesen ausgehende Untersuchungen 2000.

bedingt sein kann. Um diese stark miteinander vernetzten Faktoren in ihrer Bedeutung für den Fischrückgang zu untersuchen, sind verschiedene Typen von Studien geplant:

In *Fallstudien* werden Testgebiete, zu denen bereits viele Daten bekannt sind, detailliert untersucht. Dort versuchen wir, möglichst viele der in Frage kommenden Hypothesen gleichzeitig abzudecken. In *Monitoring-Studien* werden repräsentative Fließgewässer oder Abschnitte ausgewählt, um einen Überblick über die Verbreitung bestimmter Phänomene zu erhalten. *Expertengespräche* dienen dazu, Expertenmeinungen zu besonders komplexen Zusammenhängen und zur Wahrscheinlichkeit von Erklärungsmodellen einzuholen. *Auswertungen von Daten* aus bereits abgeschlossenen Studien werden vorgenommen, um Synthesen zu bilden und so zusätzliche Hinweise zu erhalten.

Geplante Untersuchungen

Zu den einzelnen Hypothesen sind bis jetzt die folgenden Untersuchungen geplant (Tabelle 3), kurz skizziert werden einige, die bereits angelaufen sind und für die wir vor allem auf die Mithilfe durch die kantonalen Fachstellen und Fischereiaufseher angewiesen sind:

Untersuchungen in England zeigten, dass unterhalb von einigen Kläranlagen bis zu 100% der männlichen Rotaugen

Anzeichen einer Mischgonade (Ovotestis = Hoden mit Ovargewebe versetzt) aufwiesen. Diese Gonadenveränderung tritt natürlicherweise bei etwa 10% der Tiere auf, bei sehr häufigem Erscheinen gibt es einen Hinweis auf das mögliche Vorhandensein östrogen-aktiver Substanzen (s. auch fischnetz-info 2, S. 5). Mit dem Projekt «*Ovotestis bei Rotaugen*» soll deshalb abgeklärt werden, ob dieses Phänomen in der Schweiz bedeutsam ist. Dazu werden zurzeit an 12 Standorten je 20–30 männliche Rotaugen behändigt und die Hoden histologisch untersucht. Die Proben werden durch Arthur Kirchhofer (Gümmenen) genommen, die histologischen Untersuchungen werden am Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin der Universität Bern (FIWI) durchgeführt.

Im Projekt «*PKD – proliferative Nierenkrankheit*» geht es darum, das verschiedentlich festgestellte vermehrte Krankheitsauftreten bei Forellen repräsentativ zu erfassen. Dafür wurde ein Auftrag an Matthias Escher (AQUA-SANA, Ulmiz) erteilt, der im Spätsommer, wenn die Krankheit am häufigsten auftritt, jeweils 20 Bachforellen an zirka 100 Standorten entnehmen wird. Die Niere wird dann am FIWI histologisch auf die Krankheitserreger (einzellige Parasiten, als sog. PKX-Zellen in der Niere sichtbar) untersucht.

Eine unserer Hypothesen im «Fischnetz» nimmt an, dass in den Fließgewässern Jungtiere von Bachforellen nicht oder in ungenügender Anzahl aufkommen, z.B. aufgrund von Lebensraumbeeinträchtigungen wie hohe Feinsedimentanteile, schlechte Habitate etc. Deshalb will das Projekt «*Quantitative Erfassung an 0+-Bachforellen*» die Bachforellen in 20 Fließgewässern an je 3–5 Stellen quantitativ erfassen und aufgrund zusätzlicher Untersuchungen eine Überlebensprognose stellen. Für diese Untersuchungen wird Eva Schager unter Betreuung von Armin Peter im Spätsommer Abfischungen durchführen.

Derzeit ist nicht ausreichend dokumentiert, wie weit parallel zum Fangrückgang auch die Dichte der Fischbestände zurückgegangen ist. Da Fischbestände normalerweise von

Berichte	Untersuchungen 2000
■ zur zeitlich-räumlichen Entwicklung	Anglerverhalten
■ zur aktuellen Lage der Fischfänge	Quantitative Befischungen
■ zum Gesundheitszustand	PKD, Organschäden
■ zur Bedeutung der Einflussfaktoren	Ovotestis-Rotaugen, Zusammenhänge zwischen Faktoren
■ Methoden zur Bedeutung von Faktoren	Histomatrix-Protokoll, Health Assessment Index
■ Synthese-Dokument	Synthese-Berichte: «Alte Aare», «Biomonitoring BE»

Tabelle 4: Beitrag der Untersuchungen zur Erfüllung des Businessplans

Jahr zu Jahr grosse Schwankungen aufweisen, sind längere Zeitreihen standardisierter Abfischungen notwendig, um Bestandesänderungen tatsächlich erfassen zu können. Im Projekt «*Vergleich von aktuellen mit früheren quantitativen Abfischungen*» geht deshalb die Bitte an die Kantone, Daten aus weit zurückliegenden quantitativen Befischungen zur Verfügung zu stellen, die dann durch aktuelle Abfischungen ergänzt werden. Es ist ausserdem bekannt, dass neben dem Fangrückgang auch die Lebensumstände in den letzten Jahrzehnten einem starken Wandel unterworfen waren und noch immer sind. Um abzuklären, ob die damit verbundenen Änderungen in den Gepflogenheiten der AnglerInnen einen Einfluss auf die Fangstatistik hat, wird einerseits die Anglerfangstatistik um die Daten aus den Tagesfängen ergänzt, soweit möglich (Projekt «*Detailauswertung Fangstatistik*»), andererseits ein Projekt «*Umfrage zum Anglerverhalten*» in Auftrag gegeben. Zur Zeit wird diese Umfrage durch Hans-Joachim Mosler (Soz.Psych. Institut, Universität Zürich) vorbereitet.

Die geschilderten Untersuchungen werden einen Baustein zur Erfüllung unserer Aufgaben leisten, wie sie im Business-Plan dokumentiert (Tabelle 4) und im vorangegangenen Beitrag von Peter Dollenmeier dargelegt worden sind (Tabelle 2, S. 16).

Ausblick

Auf unserer homepage www.fischnetz.ch finden Sie aktuelle Angaben zu allen Aspekten des Projektes Fischnetz sowie die geplanten Teilprojekte.

In der nächsten Ausgabe berichten wir über die Ergebnisse der TeilprojektleiterInnenkonferenz und über die stattgefundenen Expertengespräche.

Termine

Die nächste **TeilprojektleiterInnenkonferenz** findet im Herbst 2000 in Olten (Bahnhofbuffet) statt:

► Freitag, den 27. Oktober, 9.00 bis 16.30 Uhr

Diese Konferenz werden wir in Form eines Methoden-Workshops durchführen. Ziel ist der Austausch und die Abstimmung untereinander über verschiedene Methoden, die für «Fischnetz» von Bedeutung sind. Folgende Themen sind geplant:

- Abfischungsmethodik
- Chemische Analytik
- Fischtoxikologische Testverfahren

«Fischnetz»-relevante **Weiterbildungsveranstaltungen** der EAWAG (Auskünfte: Herbert Güttinger, Telefon 01- 823 50 23, herbert.guettinger@eawag.ch oder www.eawag.ch/events):

8.–10. November 2000

Fische in Schweizer Gewässern

6.–8. März 2001

Evaluation von Schadstoffen

Dans ce numéro

- 20 Editorial
- 21 Besoins et problèmes des pêcheurs
- 21 Activité hormonale dans les bassins de décantation primaire et secondaire de STEP suisses
- 23 Le projet (allemand) VALIMAR – Quels enseignements pour le «Fischnetz»?
- 25 Suivi biologique dans les cours d'eau du canton de Berne
- 27 Observation du métabolisme de l'anthroposphère dans la région d'une sélection de stations de traitement des eaux usées (SEA)
- 29 Les poissons profitent-ils de la renaturation des cours d'eau?
- 31 Influence du cormoran sur le nombre de prises des pêcheurs de loisir et sur les effectifs piscicoles
- 33 Premiers résultats du projet européen COMPREHEND
- 34 Que veut atteindre «Fischnetz»?
- 34 Qu'advient-il des hypothèses du «Fischnetz»?
- 38 Perspectives
- 38 Agenda

2 Deutsche Version

Impressum

La brochure «fischnetz-info» peut être obtenue gratuitement auprès de l'adresse mentionnée ci-dessous.

Rédaction:
Patricia Holm

Traduction:
Laurence Puech, D-Waldkirch

«fischnetz-info» kann kostenlos bei der unten stehenden Adresse bezogen werden.

Verantwortlich für die Redaktion dieser Ausgabe:
Patricia Holm

Übersetzung ins Französische:
Laurence Puech, D-Waldkirch

Projekt Fischnetz, Eva Ruh, EAWAG, Case postale 611,
8600 Duebendorf, eva.ruh@eawag.ch,
Tel. 01-823 51 54, Fax 01-823 53 75

www.fischnetz.ch



Editorial



Pour moi, «Fischnetz» est un projet fascinant. Il rassemble des scientifiques de diverses disciplines et institutions pour rechercher les causes d'un problème d'une grande complexité, et ceci en disposant de peu de temps et de moyens. Pour pouvoir amener le projet à son terme avec succès, tous les participants doivent donc se concentrer sur une mission centrale: la recherche des causes du déclin des poissons, et la définition des mesures de correction nécessaires. Vu l'importance de cet objectif et la pression exercée par l'opinion publique, il me semble que les autres questions ne sont pas prioritaires.

L'industrie chimique pharmaceutique est impliquée dans le «Fischnetz» aux côtés de l'OFEFP, de l'EAWAG et des cantons. Nous soutenons ce projet parce que nous avons conscience du fait que nos produits présentent un certain risque en plus de l'utilité voulue. En tant que fabricants, nous avons une responsabilité particulière vis-à-vis de l'environnement et soutenons pour cette raison des projets comme le «Fischnetz», même si le rapport entre déclin des poissons et pollution des eaux par des produits chimiques n'est que l'une des hypothèses avancées.

La qualité des eaux s'est nettement améliorée ces dernières années et les propriétés indésirables des produits chimiques sont aujourd'hui mieux connues qu'il y a encore quelques années. Etant donné que le risque le plus important est encouru quand les dangers potentiels ne sont pas reconnus et quand les contraintes sont élevées, on a assisté ces dernières années à une baisse du danger que représentent les produits chimiques pour l'environnement. L'industrie chimique pharmaceutique s'efforce dans son propre intérêt de minimiser les risques, et investit dans cette tâche tout son potentiel d'innovation. Mais ne nous faisons pas d'illusions: même avec encore plus d'études de sécurité et avec le procédé d'autorisation de mise sur le marché le plus élaboré qui soit, il n'est pas possible d'éliminer totalement tout risque résiduel.

En rapport avec le déclin des populations de poisson, il existe différents cas de situation réclamant l'application du principe de prévoyance. Quand il existe une relation claire de cause à effet, la loi l'exige. Que fait-on cependant quand l'argumentation ne repose que sur des données et suppositions scientifiques marginales? Concrètement, faut-il par exemple renoncer sur le champ au dentifrice, aux médicaments, aux huiles de moteur et aux lessives? J'espère que ce n'est pas l'idée. A mon sens, le principe de prévoyance est un outil de la gestion des risques («risk management»). Dans les cas d'incertitude scientifique, il exige que des mesures soient engagées dès que l'on dispose d'indices plausibles pour des dommages sévères ou irréversibles, qui sont plus importants que les avantages reconnaissables d'une utilisation du produit concerné. Le principe de prévoyance est ainsi basé sur une estimation et une mise en relation des avantages et des inconvénients qui dépendent des valeurs individuelles des personnes impliquées. Un exemple: Quelle est l'importance de la diversité biologique d'un tronçon de cours d'eau endigué par rapport à l'assurance du revenu agricole donnée par la protection des terres arables contre les crues? Je suppose que dans ce cas de figure les personnes directement concernées auront un avis différent des personnes non touchées. Qui peut ou veut ici être juge?

Je plaide pour ces raisons pour être à l'écoute des positions des autres, de ceux qui, de par leur manière de voir les choses, les jugent différemment, au sens de l'expression anglaise «We agree to disagree». En respectant l'opinion des autres, dans le «Fischnetz» ou ailleurs, on a une chance de trouver dans des situations controversées des voies et solutions communes, qui bénéficient finalement du soutien de toutes les personnes concernées. Le plus grand succès que l'on peut souhaiter au «Fischnetz» sera cependant d'écarter l'incertitude scientifique et de proposer des mesures pour améliorer la situation avec une grande certitude.

Kaspar Eigenmann, Société suisse pour l'industrie chimique, membre du comité stratégique «Fischnetz»

Le séminaire spécialisé tenu le 5 mai 2000 à Duebendorf

C'est avec plus de 150 participants que le 2^{ème} séminaire spécialisé s'est tenu à la Nouvelle académie à Duebendorf. Une large palette de résultats, de questions et de propositions ont été présentés et discutés. Les projets particuliers de cette année ont été présentés par la Direction du projet.

Une bonne nouvelle: on dispose déjà de synthèses partielles qui permettent de tirer des conclusions dépassant les limites du projet. Un défi: les travaux à réaliser et les conditions à réunir pour la mise en place des mesures permettant l'amélioration des habitats, une limitation de la charge pesant sur les eaux et l'intégration de différents acteurs.

Dans ce numéro, les auteurs ont résumé pour vous leurs présentations. Vous trouverez sur notre page Internet remodelée les séries compètes de transparents de certaines présentations ainsi que les références bibliographiques des contributions.

Besoins et problèmes des pêcheurs

Kurt Meyer (Président central de la Fédération Suisse de Pêche)

D'après l'étude commandée par la Fédération Suisse de Pêche «Pêcher en Suisse», les adeptes de la pêche de loisir ne comptent malheureusement que 4% de femmes. Les personnes questionnées lors du sondage font partie pour 60% de la tranche d'âge 30–60 ans, la plupart des pêcheurs et pêcheuses pratiquant depuis leur enfance ou leur jeunesse. La truite est le poisson préféré de 50% des pêcheurs et pêcheuses, suivie de la perche (45%) et du brochet. La réalité des prises est tout autre. Les poissons capturés le plus souvent sont le perche et la féra. La truite de rivière ne suit qu'en troisième position, la truite arc-en-ciel en quatrième position. L'alevinage n'est jugé bon que par 30% des personnes interrogées. 60% d'entre elles souhaitent des alevinages plus fréquents. 40% souhaitent que les lâchers de truites arc-en-ciel soient intensifiés. Près de la moitié des pêcheurs et pêcheuses interrogés gagnent entre 50 000.– et 100 000.– FrS par an, ce qui se situe au-dessus du revenu annuel suisse moyen. Les pêcheurs et pêcheuses ayant un permis mensuel ou annuel sont prêts à dépenser 3500.– FrS par an pour leur loisir. Sur toute la Suisse, les pêcheurs et pêcheuses dépensent dans l'ensemble 216 millions de FrS par an.

Là où le bas blêsse

Il a fallu parcourir un long chemin avant que les concepts de «protection quantitative des eaux» et de «renaturation», présentés au public pour la première fois à travers «l'Initiative de protection des eaux», soient assimilés et compris. Cette évolution positive ne doit pas être freinée suite aux crues qui se sont produites il y a peu de temps. Il faut que ce message soit transmis haut et fort par les autorités compétentes!

Les pêcheurs et pêcheuses suisses constituent le système d'alarme précoce dans le domaine de la protection des eaux. Ils exigent des autorités d'être impliqués plus systématiquement et plus fréquemment dans cette fonction. L'EAWAG,

Institut fédéral, doit être transformé en Centre national de la pêche.

Les dispositions d'assainissement prévues par la Loi sur la pêche doivent être appliquées malgré l'opposition des cartels producteurs d'électricité. Un affaiblissement de ces dispositions suite à la libéralisation du marché de l'électricité doit être contrecarré par les autorités responsables.

Un déclin des populations piscicoles équivaut à une réduction du nombre de prises de pêche, moins de prises à moins de permis délivrés de pêche, moins de permis à moins de membres de la Fédération de pêche, et la perte de membres affaiblit la FSP. L'ambiance est mauvaise chez les membres de la Fédération!

Les autorités de la Confédération, des cantons et des communes ainsi que toutes les forces de ce pays pour qui les êtres vivants que sont les poissons et les espaces de vie que sont les cours d'eau veulent dire quelque chose, se doivent de relever ces défis avec courage! C'est pour toutes ces raisons que la Fédération Suisse de Pêche et ses membres placent de grands espoirs dans les travaux du projet national «Fischnetz».

Activité hormonale dans les bassins de décantation primaire et secondaire de STEP suisses

S. Durrer, M. Lusser, M. Buchmann, B. Cotton, W. Lichtensteiger, M. Schlumpf (Institut de pharmacologie et de toxicologie de l'Université de Zurich-Irchel, Zurich)

Les effluents des stations d'épuration suisses (STEP) ont-ils une activité hormonale? Comment peut-on mettre en évidence une telle activité? Etant donné qu'il existe de nombreuses substances présentant une activité hormonale, il paraît avantageux de pouvoir détecter leur action directement en tant qu'effet biologique sans avoir à les analyser chimiquement. En fonction de la nature de l'hormone (ou de la substance à activité hormonale), on utilisera des tests

faisant appel à des cellules réagissant à des hormones sexuelles soit femelles soit mâles. Dans ces tests, de telles substances provoquent par exemple une augmentation ou une diminution de la croissance des cellules, ce qui permet de conclure sur l'activité biologique de l'effluent. Il n'est pas possible de déterminer l'effet direct sur les poissons, mais on peut ainsi mettre en évidence la présence de substances biologiquement actives. Un traitement des eaux usées dans les STEP peut permettre de réduire l'activité hormonale par exemple par une dégradation des substances. Toutefois, dans toutes les STEP présentées ici, on a pu mettre en évidence une activité hormonale dans les bassins de décantation primaire et secondaire.

On en sait encore peu sur l'étendue du problème causé par les produits chimiques à activité hormonale et sur leur effet sur la faune sauvage et sur les êtres humains. Des observations faites sur des animaux sauvages et à partir de recherche de laboratoire montrent clairement qu'à des concentrations non physiologiques (plus élevées que celles que l'on rencontre normalement dans l'organisme) les hormones ou les produits chimiques à activité hormonale ont un effet préjudiciable sur le développement des organismes, pouvant entraîner des malformations et/ou des dysfonctionnements. Il faut en même temps considérer que seule une partie des produits chimiques a été étudiée quant à son activité hormonale et qu'il est donc impossible de détermi-

ner l'activité hormonale de cocktails de substances à l'aide uniquement de méthodes de chimie analytique. Une alternative valable semble donc être la mesure de l'activité biologique globale du mélange de composés chimiques, tels qu'ils se présentent par exemple dans les STEP. Certaines substances pourraient dans ce cas rester inconnues. On dispose aujourd'hui de méthodes de mesure *in vitro* qui permettent de déterminer l'activité hormonale de mélanges de substances, c'est à dire leur caractère œstrogène (hormones femelles) ou androgène (hormones mâles).

E-Screen Assay: Composés chimiques à activité œstrogène

Le récepteur d'œstrogènes constitue la cible des hormones naturelles femelles (œstrogènes) et se trouve présent dans les lignées de cellules cancéreuses mammaires MCF-7. Les œstradiols (E2), les substances à activité œstrogène ou leur mélange provoquent chez ces cellules une prolifération dont l'intensité dépend de la concentration. A la fin du test, on calcule l'effet prolifératif (EP) ou l'effet prolifératif relatif (EPR) (tableau 1).

Le test est encore plus probant si l'on peut mesurer en milieu de culture la quantité d'une protéine qui n'est synthétisée par les cellules qu'en présence de l'hormone naturelle ou de substances à activité hormonale. On peut encore augmenter la fiabilité du test en mélangeant au milieu de cul-

STEP	Caractéristiques	EP dans les bassins de décantation primaire et secondaire	EPR 100%
Kloten/Opfikon	ménages: 55 000 personnes; industrie; aéroport		41,8% 25,4%
Foca Maggia	ménages: 75 000 personnes; agriculture		63,9% 37,5%
Foce Ticino	ménages: 35 000 personnes; agriculture		55,4% 33,5%
Brissago	ménages: 8000 personnes; agriculture		37,2% 33,2%
Horgen/Oberrieden	urbaine: 20 000 personnes, 15% d'industrie		41,2% 28,9%
Wattwil	ménages: 15 000 personnes, 12% d'industrie		37,4% 24,2%
Bühler	ménages: 8000 personnes, 50% d'industrie textile		43,7% 34,9%
Wartau	ménages: 5000 personnes		30,3% 19,1%
Inwil	ménages; industrie		59,1% 44,1%

Tableau 1: EP et EPR de certaines STEP suisses.

EP = quotient de la prolifération maximale atteinte sous l'effet de la substance (ou du mélange) étudiée sur la prolifération maximale atteinte par les témoins sans traitement hormonal.

EPR (effet prolifératif relatif) = quotient de la prolifération maximale atteinte sous l'effet de la substance (ou du mélange) testée sur la prolifération maximale induite par E2, fois 100. (EPR 100% = Œstradiol 100 pM, EC₅₀ = 2,77 E⁻¹²).

ture des cellules MCF-7 un anti-œstrogène spécifique (ICI 162 780) qui occupe en tant qu'anti-hormone le récepteur d'œstrogènes et bloque ainsi l'action de toutes les substances qui se lient normalement à ce récepteur.

L'EEQ (équivalent œstrogène) permet de décrire l'activité œstrogène totale ou l'intensité du caractère œstrogène de mélanges de substances, car cette valeur tient compte de la dilution de l'échantillon appliquée lors de l'essai. L'EEQ se calcule à partir de l'EC₅₀, du témoin positif interne (17β-œstradiol), et du facteur de dilution des échantillons de STEP, qui interviennent dans l'E-Screen. C'est ainsi par exemple que nous avons pu mettre en évidence la surcharge massive d'une STEP remise en marche après un accident. Comparé aux valeurs de référence de cette STEP, l'EEQ avait dramatiquement augmenté après cet événement et les valeurs mesurées dans l'effluent de la STEP étaient comparables à celles que l'on trouve normalement dans le bassin de décantation primaire.

A-Screen Assay: Composés chimiques à activité androgène

On peut de manière similaire mesurer l'activité de l'hormone mâle (androgène) qu'est la testostérone ou celle de substances (ou de mélanges de substances) à activité androgène ou antiandrogène sur des cellules MCF-7 AR1 qui présentent le récepteur d'androgènes (AR) transféré, c'est à dire introduit artificiellement dans le génome des cellules. Dans ce système de cellules, les substances ou mélanges de substances à activité androgène provoquent en occupant l'AR une diminution de la croissance proportionnelle à la dose appliquée. On dispose de premières mesures d'activité androgène dans les STEP suisses:

On a pu pour la première fois observer un shut-off prolifératif, c'est à dire une inhibition de la prolifération cellulaire suite à la présence de substances (ou de mélanges de substances) à activité androgène, dans les bassins de décantation primaire et secondaire des STEP suivantes: STEP de Glatt, STEP d'Inwil, STEP de Wartau.

L'activité observée dans les bassins de décantation secondaire était toujours beaucoup plus faible.

Conclusions

Le test E-Screen est adapté à la mesure de l'activité œstrogène de mélanges de substances dans les bassins de décantation primaire et secondaire. Les recherches menées jusqu'à présent indiquent que l'intensité du caractère œstrogène est influencée par le nombre de ménages reliés à la STEP et par les produits rejetés par les industries rattachées. Il est certain que la réduction de l'intensité du caractère œstrogène dans les échantillons provenant des bassins de décantation secondaire dépend également de la nature et du nombre des étapes d'épuration, de même que d'éventuelles mesures d'optimisation se reflètent dans une modification de

l'E-Screen. Ceci nous permet de diagnostiquer en très peu de temps une surcharge des STEP en rapport direct avec son effet sur l'environnement. A l'aide de l'A-Screen, qui évalue l'activité androgène ou anti-androgène de mélanges de substances, il a été pour la première fois possible de mettre en évidence des activités androgènes dans les STEP suisses, ainsi que leur réduction après épuration. Le développement du test se poursuit en collaboration avec des laboratoires américains expérimentés.

La condition *sine qua non* pour l'utilisation de ce genre de tests réside en leur sensibilité. Elle doit se situer au niveau de la picomole pour les hormones stéroïdes naturelles comme l'œstradiol, ceci en fonction des propriétés liantes du récepteur. Il est autrement difficile de déterminer l'action de mélanges de substances dont l'activité peut être 1000 fois moindre.

Cette étude a bénéficié du soutien de l'OFEFP dans le cadre du projet HORSa (OFEFP, EAWAG, Université de Zurich).

Le projet (allemand) VALIMAR – Quels enseignements pour le «Fischnetz»?

Helmut Segner (Centre de recherches sur l'environnement, Leipzig), Rita Triebkorn (Institut de zoologie, Université de Tübingen)

Une pollution des cours d'eau par des produits chimiques d'origine anthropique n'est pas toujours facile à reconnaître tant que les concentrations se situent à un niveau sublégal. Pour sa mise en évidence éventuelle, on a besoin d'indicateurs sensibles qui réagissent de manière précoce et qui ont en même temps une signification écologique. Les marqueurs biologiques peuvent remplir ce rôle: il s'agit de réactions biochimiques, histologiques ou physiologiques de certains organismes causées par une exposition à certains polluants. Dans le projet VALIMAR, la valeur de certains marqueurs biologiques a été mise à l'essai. Par rapport à l'utilisation des marqueurs biologiques dans le «Fischnetz» pour établir des diagnostics, les enseignements suivants ont été tirés de VALIMAR: d'une part la nécessité d'une préparation sérieuse des études, d'un nombre suffisant de prélèvements, du recours à une combinaison sensée de marqueurs biologiques, d'autre part le fait que la valeur des marqueurs biologiques pour décrire des phénomènes au niveau de la population est limitée.

Objectifs et protocole expérimental de VALIMAR

Le projet VALIMAR (Validation et utilisation de tests et d'essais à marqueurs biologiques, chimiques et mathématiques pour l'évaluation de la pollution de cours d'eau de petite taille par des composés chimiques de l'environnement) est un projet à partenaires multiples financé par le

Ministère fédéral de l'éducation et de la recherche pour la période de 1995 à 2000. Il a été initié et coordonné par Rita Triebkorn et a impliqué en tout 11 groupes de travail venant de toute l'Allemagne. Son but était d'évaluer la valeur de certains marqueurs biologiques pour la mise en évidence de la pollution des cours d'eau par des composés chimiques de l'environnement. VALIMAR se distingue d'autre part par le fait qu'il étudie des cours d'eau soumis à une pollution faible et provenant de sources diffuses. Trois questions se trouvaient au centre du projet:

- ▶ Les marqueurs biologiques de poissons distinguent-ils des cours d'eau soumis à différents niveaux de pollution, et si oui, quels marqueurs biologiques sont les mieux adaptés (diagnostic différentiel)?
- ▶ La réponse des marqueurs biologiques est-elle spécifique de la pollution chimique subie par les poissons (analyse causale)?
- ▶ La réponse des marqueurs biologiques est-elle corrélée avec des modifications à un niveau écologique plus élevé, c'est à dire au niveau de la population ou de la communauté (validité écologique, «early warning function»)?

En pratique, VALIMAR a cherché à répondre aux questions posées en utilisant une large palette de paramètres d'étude biologiques et de méthodes de chimie analytique, de morphologie des cours d'eau ainsi que de procédés de limnchimie (paramètres tels que les composés azotés ou phosphorés, etc.) et statistiques (figure 1). Les paramètres de mesure biologiques englobent des *tests biologiques* (par ex. procédés de culture cellulaire, tests à embryons de poissons), des *marqueurs biologiques* (protéines de stress, histopathologie, modifications ultrastructurales de tissus, enzymes de transformation biologique, enzymes métaboliques), des *paramètres de populations* (densité, structure des populations de poissons) et des *grandeurs biocéno-*

tiques (composition des communautés de nématodes et du macrozoobenthos [organismes vivant dans les sédiments]). La combinaison des différentes méthodes doit permettre d'une part de définir le rapport entre état des cours d'eau (morphologie, chimie) et réactions biologiques et d'autre part de tester la valeur indicative et la validité écologique des différents marqueurs et tests biologiques.

Les résultats de VALIMAR

Pour l'étude, deux rivières du Sud de l'Allemagne ont été choisies comme modèle: le Kraehenbach, comme rivière de référence peu polluée, et la Koersch, qui reçoit des polluants venant de l'agriculture, de l'aéroport de Stuttgart et de stations d'épuration (jusqu'à 95% des débits peuvent venir de stations d'épuration). En conséquence, la Koersch est caractérisée par des concentrations élevées en pesticides, en PCB et en HAP (composés difficilement biodégradables); de plus, la charge en ammonium et en nitrate est nettement plus élevée que dans le Kraehenbach, alors qu'aucune différence notable n'est observable au niveau des métaux lourds. Truites fario et loches ont été étudiées dans les deux rivières. Pour cela, les poissons ont été soit exposés dans des systèmes «bypass» (aquariums traversés par l'eau de rivière) soit directement tirés du cours d'eau par pêche électrique.

Les charges différentes des deux rivières en corps étrangers se reflètent dans le contenu en polluants des poissons. La plupart des marqueurs biologiques a également donné une réponse révélant des différences marquées entre les poissons de la Koersch et du Kraehenbach, même si la sensibilité varie. Par exemple, l'ultrastructure des branchies de poissons de la Koersch était nettement moins bien développée que celle des poissons du Kraehenbach ou de témoins de laboratoire. Par contre, l'activité de l'enzyme métabolique glutathion-S-transferase du foie de truites et de loches ne montre pas de différence entre les deux rivières. Pour les protéines de stress, on a observé un troisième type de réponse: contrairement à notre attente, les truites de la rivière la moins polluée, le Kraehenbach, présentaient davantage de protéines de stress que les truites de la Koersch nettement plus polluée. Cet exemple indique une influence externe sur la réponse du marqueur biologique, provenant de facteurs environnementaux supplémentaires de nature autre que chimique. On a également observé des différences nettes entre espèces – ainsi les truites montraient en général des différences bien plus marquées entre les deux rivières que les loches.

Vue la multitude de données acquises au cours du projet, et la multitude des

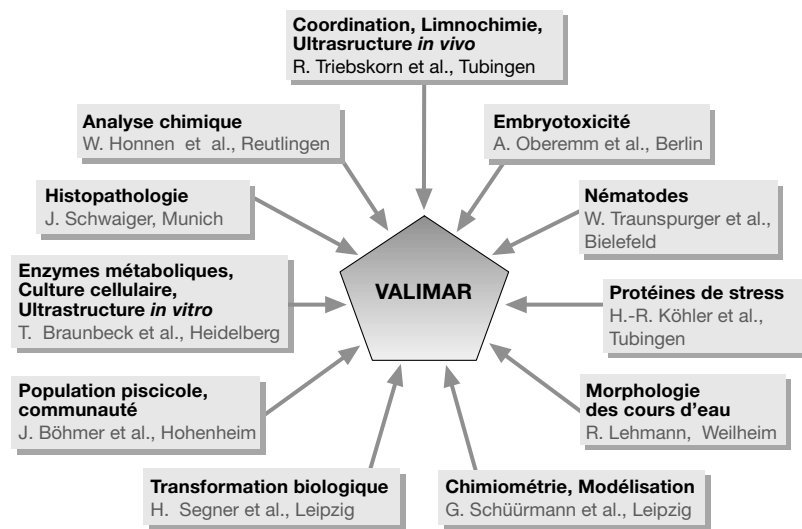


Figure 1: Le réseau de VALIMAR.

grandeurs pouvant influencer les réactions des marqueurs biologiques, il était particulièrement important d'effectuer une analyse statistique complexe des résultats. Des analyses multivariées confirment le fait que les réponses des marqueurs biologiques mesurées (surtout chez les truites) permettent de mettre clairement en évidence une différence entre les deux rivières. Ainsi, une réponse positive était apportée à la première question du projet VALIMAR – sur la valeur des marqueurs biologiques pour un diagnostic différentiel. Mais ce que l'analyse multivariée a également révélé, c'est que les réponses observées des marqueurs biologiques n'étaient pas toujours corrélées avec les données sur la pollution des cours d'eau ou avec les quantités de polluants accumulées par les poissons. Ainsi, la réponse à apporter à la deuxième question – sur la valeur des marqueurs biologiques pour une analyse causale – n'est pas franchement positive. Il est possible que dans les cours d'eau dans lesquels la pollution chimique n'est pas un facteur dominant, mais un facteur faisant partie d'un groupe de facteurs ayant sensiblement le même poids, il n'est pas possible d'identifier les causes plus clairement. Un nombre de prélèvements trop faible peut également avoir rendu difficile l'établissement d'une relation de cause à effet entre charge chimique et réponse des marqueurs biologiques: Etant donné les moyens financiers et le personnel dont disposait le projet VALIMAR, il a fallu se limiter à deux rivières avec trois prélèvements par an chacune; pour une meilleure sensibilité statistique et une meilleure analyse des causes, il aurait été préférable d'augmenter le nombre de sites d'étude ainsi que la fréquence des prélèvements.

La troisième question soulevée dans le projet VALIMAR concernait la validité écologique des réponses des marqueurs biologiques. Les recherches effectuées dans le cadre de VALIMAR à des niveaux biologiques «supérieurs» aux marqueurs biologiques qui relèvent d'un niveau inférieur à celui de l'organisme démontrent clairement que les réactions biochimiques et cellulaires des marqueurs biologiques peuvent refléter des effets ressentis au niveau de l'organisme et de la population. Ainsi des tests à embryons de truites de rivière et de loches ont révélé des potentiels embryotoxiques plus élevés dans la Koersch. Les structures des populations piscicoles et des communautés de différents animaux étaient également clairement perturbées dans la Koersch, alors qu'aucune singularité n'était observable dans le Kraehenbach. Les résultats obtenus sur les réponses des marqueurs biologiques sont dans cette mesure en corrélation avec les paramètres écologiques des cours d'eau.

Conclusions pour «Fischnetz»

La question se pose maintenant de savoir dans quelle mesure le «Fischnetz» peut tirer des enseignements du projet VALIMAR. Il faut d'abord garder à l'esprit que les deux projets ont des objectifs bien différents: Dans le projet VALIMAR,

on cherche à valider la pertinence des marqueurs biologiques. Dans le «Fischnetz», il s'agit de déterminer les causes du déclin des poissons. Il faut donc préciser la question en se demandant quels enseignements le «Fischnetz» peut tirer de VALIMAR en ce qui concerne l'utilisation des marqueurs biologiques pour l'établissement de diagnostics. Les recommandations suivantes peuvent être faites à ce sujet:

- ▶ L'intensité des prélèvements a une influence certaine sur les résultats. Les études de terrain doivent être soigneusement préparées du point de vue statistique et épidémiologique.
- ▶ Les réponses des marqueurs biologiques sont régies par plusieurs facteurs. Pour pouvoir interpréter leur réaction et l'attribuer à un facteur particulier ou à un complexe de facteurs, il faut disposer des connaissances de base correspondantes sur chacun des marqueurs. Dans certains cas, cela peut nécessiter de mener des études complémentaires ou préliminaires.
- ▶ Les renseignements donnés par un seul marqueur biologique sont généralement limités; il est donc préférable d'utiliser un ensemble de marqueurs.
- ▶ Afin d'assurer de la performance des marqueurs biologiques pour l'établissement de diagnostics, le choix d'un set de marqueurs s'avère épineux. Pour pouvoir tirer des conclusions sur les facteurs responsables, il faut faire une sélection de marqueurs quasi spécifiques de l'hypothèse à traiter. De plus, il faut accorder une importance particulière aux méthodes et procédés choisis pour l'exploitation et l'interprétation des données fournies par les marqueurs biologiques (par ex. recours à la bonne méthode statistique).
- ▶ La réponse des marqueurs biologiques est certes obtenue avant celle des populations, mais elle est également plus difficile à saisir et à interpréter pour prévoir la réaction de ces dernières. L'aptitude des marqueurs biologiques à servir d'«early warning signal» dépend ainsi fortement de la conception de l'étude (choix des marqueurs, densité de prélèvements, combinaison de différents paramètres, etc.).

Suivi biologique dans les cours d'eau du canton de Berne

Ueli Ochsenbein (Service de la protection des eaux et du traitement des déchets du canton de Berne, Laboratoire de protection des eaux et des sols)

Des études menées au Centre pour le diagnostic des animaux sauvages et des poissons dans le cadre des thèses de H. Schmidt et de D. Bernet ont montré que des truites tenues captives ou vivant librement dans l'Aar ancienne et la Langeten présentaient des altérations notables dans les organes internes et des taux de mortalité fortement accrus.

Ces résultats inquiétants ont souligné l'importance d'un suivi biologique de grande envergure dans les cours d'eau du canton de Berne. Les résultats de ce suivi biologique sont présentés brièvement ci-après. Il est également prévu de réaliser une synthèse des différentes études partielles.

Suivi passif des truites de rivière

A l'automne 1998 et au printemps 1999 des prélèvements ont été effectués par pêche électrique sur un total de 17 points de cours d'eau. Les quelque 20 truites de rivière capturées dans chaque point de prélèvement ont ensuite été examinées au Centre pour le diagnostic des animaux sauvages et des poissons à la recherche de certains paramètres dont notamment des altérations du foie et du rein.

La figure 2 présente une vue d'ensemble des anomalies observées dans le foie et le rein des poissons capturés par pêche électrique en hiver et au printemps. Plus l'indice est élevé, plus les altérations sont importantes. Les prélèvements effectués à l'automne ont donné lieu aux observations suivantes: les truites fario du Chirel alpin et des cours supérieurs de la Langeten et de la Rot présentent le moins d'altérations des organes. Les cours d'eau du domaine préalpin et la Suze dans le Jura présentent des modifications moyennes des organes. On observe des indices élevés et donc des altérations notables du foie et du rein dans les cours d'eau du plateau suisse en aval de stations d'épuration ainsi que dans des cours d'eau subissant une forte influence de la civilisation (agriculture, délestages, drainages de surface). Les résultats laissent supposer que les modifications organiques observées sont dues à l'action de pollutions venant de sources variées.

Pour les prélèvements de printemps, on obtient dans les cours d'eau du Plateau suisse des indices beaucoup plus faibles qu'à l'automne. Il semble que l'état de santé des poissons soit bien meilleur au printemps qu'à l'automne. Les poissons du Lyssbach (pas de STEP) constituent une exception puisque leurs indices ont même augmenté. Il faut d'autre part signaler que les indices des truites provenant des cours d'eau peu pollués comme le Chirel ou les cours supérieurs de la Langeten et de la Rot n'ont pratiquement pas changé par rapport à l'automne.

Suivi actif avec des œufs de poisson

De 1998 à 1999, on a effectué un suivi actif avec des œufs de truites fario et d'ombres sur 8 sites différents situés sur les 80 km du cours de l'Aar qui séparent le lac de Thoune et le lac de Biemme. De l'eau de rivière a été pompée de l'Aar et dirigée vers des filtres de Veco dans lesquels les œufs de poissons fécondés ont été incubés jusqu'à leur éclosion. La pollution par les eaux usées augmente de 650 000 équivalents habitants le long du tronçon de l'Aar étudié.

Les résultats montrent que les rejets de stations, les décharges de crues et les crues elles-mêmes dont l'Aar fait l'objet peuvent provoquer une mortalité accrue des œufs de poisson exposés. Il n'est cependant pas possible de faire la différence entre les crues et les décharges de crues provenant du réseau de canalisations étant donné que ces événements se produisent simultanément.

Analyse chimique des rejets de stations d'épuration

Des analyses ont été effectuées de l'été 1998 au printemps 1999 sur les rejets de 11 stations d'épuration. Tous les deux

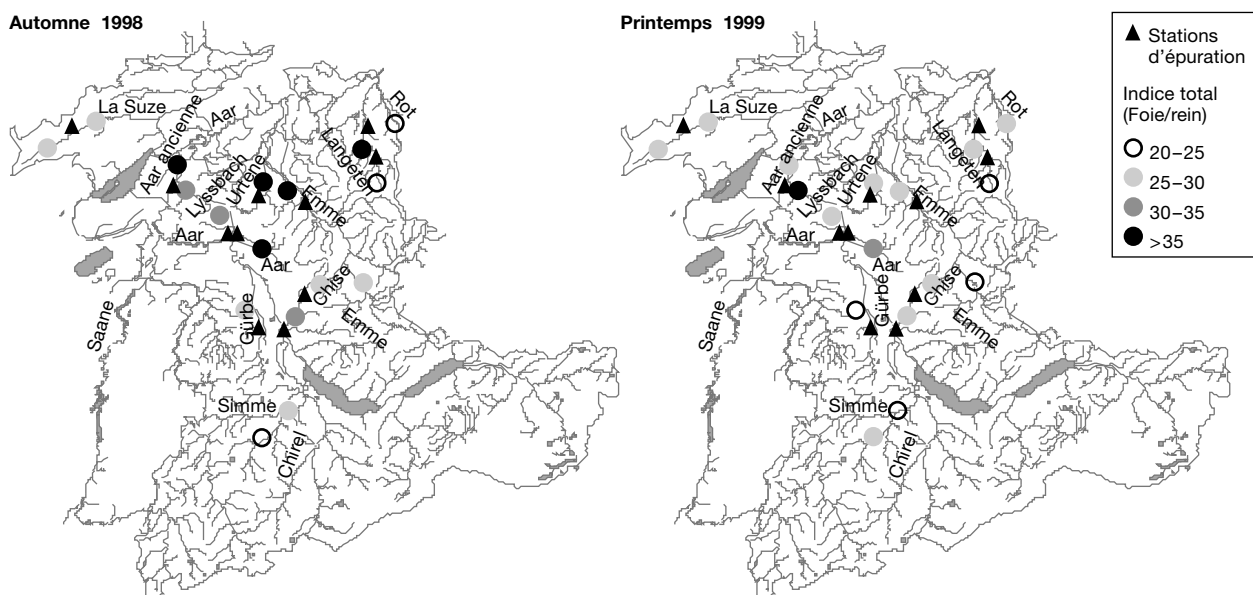


Figure 2: Résultats du suivi passif des truites de rivière. La gravité des altérations observées dans le foie et le rein est indiquée pour chaque point de prélèvement (Centre pour le diagnostic des animaux sauvages et des poissons, Université de Berne).

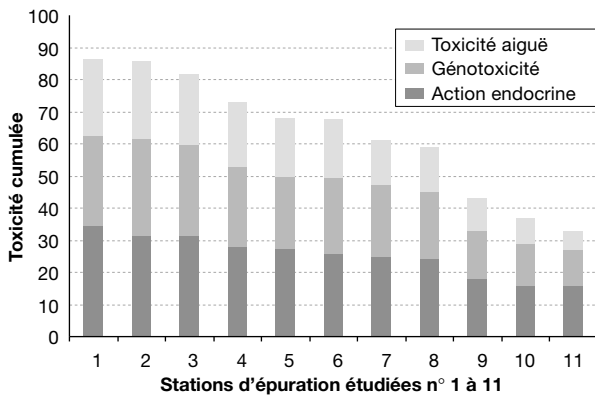


Figure 3: Charge écotoxicologique globale des rejets des stations d'épuration étudiées.

mois, un total de 6 échantillons d'eau a été prélevé dans chaque station (66 échantillons au total). Les résultats de l'analyse des nonylphénols et des pesticides sont présentés ci-après.

Composés à nonylphénols: Les eaux usées traitées des stations de Berne et de Lyss présentent des concentrations moyennes de l'ordre de 15 et 12 µg/l. Ces valeurs doivent être considérées comme relativement élevées et s'expliquent probablement par une mauvaise capacité de dégradation ou une surcharge des stations. Les autres STEP présentent des concentrations comprises entre 2 et 7 µg/l. Etant donnée la haute toxicité des phénols nonyliques (PNEC: 0,7 µg/l), les concentrations dans les cours d'eau peuvent atteindre des valeurs critiques pour les poissons, surtout si les rejets de station sont peu dilués.

L'analyse des pesticides a d'autre part donné des résultats surprenants. On a ainsi mesuré des concentrations de 10 à 37 µg/l d'eau de rejet dans les échantillons cumulés hebdomadaires de diverses stations d'épuration. Les valeurs les plus élevées caractérisaient presque exclusivement les échantillons prélevés l'été, et dans les stations d'épuration rurales. Les composés suivants ont été rencontrés à des concentrations supérieures à 5 µg/l: Isoproturon, atrazine, des-éthyl-atrazine et métamitron. Le degré relativement faible de dilution des rejets de STEP dans certains cours d'eau de petite taille implique que la valeur limite pour la qualité des eaux de 0,1 µg/l par pesticide (Ordonnance sur la protection des eaux) soit parfois nettement dépassée.

Charge écotoxicologique des rejets de STEP

Les échantillons prélevés dans les rejets de STEP ont été soumis à différents tests de toxicité pour évaluer le danger qu'ils représentent au niveau de leur toxicité aiguë, de leur génotoxicité (atteinte du patrimoine génétique) et de leur activité œstrogène. Pour cela nous avons eu recours à une «batterie de tests biologiques *in vitro*» (Université de Heidel-

berg). Les études ont prouvé que de nombreux échantillons hebdomadaires cumulés présentaient une écotoxicité potentielle. Près de 50% des échantillons de rejets étudiés présentaient dans les tests effectués un effet toxique, génotoxique ou œstrogène. Les résultats actuels ne permettent pas de déterminer de manière satisfaisante dans quelle mesure les rejets affectent l'état de santé et le comportement de reproduction des truites. L'activité œstrogène relativement élevée constatée dans différents échantillons est cependant inquiétante. En ce qui concerne la toxicité et l'activité œstrogène, on a pu observer des différences entre stations pouvant atteindre 400%. La figure 3 présente une évaluation des stations d'épuration en rapport avec la toxicité potentielle globale.

Conclusions provisoires

Les truites *fario* provenant de cours d'eau alpins ou de la partie supérieure de cours d'eau des Préalpes ou du Plateau suisse et étudiées dans le cadre du *suivi biologique passif* présentaient en règle générale assez peu d'altérations du foie et du rein. Pour les cours d'eau du Plateau suisse, on observe des différences nettes entre prélèvements effectués à l'automne et prélèvements effectués au printemps: Alors que les poissons pêchés à l'automne présentent des altérations nettes des organes, ceux pêchés au printemps présentent relativement peu d'altérations. Ceci suggère une amélioration notable de l'état de santé des poissons au cours de l'hiver. Les modifications des organes semblent être généralement liées à la charge des cours d'eau par des facteurs de civilisation (STEP, drainages, agriculture, etc.) et à la température de l'eau.

Les œufs de truites *fario* et d'ombres exposés dans l'Aar (du lac de Thoune au lac de Biene) dans le cadre du *suivi actif* réagissent aux rejets de STEP ainsi qu'aux crues et aux délestages de canalisations. La mortalité des œufs augmente nettement en aval des points de rejet d'effluents ou en aval d'agglomérations.

Les résultats de l'analyse chimique des effluents de STEP révèlent des concentrations assez élevées en composés à nonylphénols et en pesticides. Il est très probable que les valeurs à partir desquelles une action se fait sentir ou les valeurs limites sont dépassées dans les cours d'eau quand les degrés de dilution sont trop faibles.

Ce qui semble encore jouer un rôle important, c'est le potentiel de nuisance œstrogène observé dans les rejets de STEP grâce aux tests *in vitro*. Ainsi, pour les cours d'eau dans lesquels les rejets sont peu dilués, l'activité œstrogène provenant de stations d'épuration devrait également se situer dans le domaine des valeurs limites estimées pour les truites. Il faut également citer la toxicité et l'action génotoxique de nombreux échantillons d'effluents de STEP. La question de l'effet à long terme sur les organismes se pose ici aussi.

Observation du métabolisme de l'anthroposphère dans la région d'une sélection de stations de traitement des eaux usées (SEA)

Thomas Kupper (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)

Qu'advient-il des composés provenant de nos lessives ou de nos produits d'hygiène corporelle et quotidiennement déversés dans les eaux usées? C'est pour en apprendre davantage sur leur devenir dans les eaux usées et les boues d'épuration, ainsi que sur leur dégradation et leur transformation dans les stations d'épuration que le projet SEA a vu le jour. Les analyses chimiques que ces questions impliquent vont être effectuées sur 29 STEP. Il est important d'acquérir des informations sur le devenir des produits d'origine et sur leurs produits de dégradation pour pouvoir évaluer leur influence sur les communautés aquatiques.

Dans une société moderne, l'eau est le produit de consommation le plus important d'un point de vue quantitatif. Elle est polluée lors de son utilisation domestique et industrielle. A travers les lessives et les produits d'entretien, des composés pouvant nuire à l'environnement sont déversés directement dans les eaux et évacués par les canalisations. C'est également le cas de composés qui, provenant de la circulation automobile, du chauffage et de l'industrie, sont libérés dans l'atmosphère et se retrouvent dans les eaux de pluie. Les composés présents dans les eaux usées en sont en majorité extraits par les stations d'épuration et accumulés dans les boues. L'analyse chimique des boues et un travail de modélisation permettent de déterminer la quantité et la qualité des produits déversés dans les eaux usées brutes. Pour comprendre les charges solides mesurées, il faut bien connaître la région et la station d'épuration concernés. C'est pourquoi un réseau d'observation comprenant 29 sites d'étude a été mis en place. Il englobe 3 types de sites caractérisés par différentes compositions des eaux usées dues à différents régions et différents systèmes d'épuration. On peut ainsi

caractériser des composés contenus dans les eaux usées d'origine uniquement domestique (type A), d'origine domestique et météorique (type B) et d'origine domestique, météorique et industrielle (type C).

Le projet SEA représente un outil économique et efficace pour:

- La détection précoce de composés pouvant nuire à l'environnement;
- a prévision de mesures ciblées pour observer le déversement de polluants à la source et pour le limiter si nécessaire;
- le contrôle de l'efficacité et du succès des mesures engagées de protection des eaux.

C'est dans le cadre du projet SEA que des boues d'épuration ont été soumises pour la première fois à une analyse des composés musqués polycycliques. Les composés musqués sont des substances odorantes entrant dans la composition des lessives et des produits cosmétiques. Près de 1500 t de galaxolite, leur représentant majeur, sont utilisés chaque année en Europe. La plupart des produits qui contiennent cette substance odorante se retrouvent dans les eaux usées après emploi. Le galaxolite s'accumule dans l'environnement et on peut le trouver à des concentrations relativement élevées dans l'eau des fleuves ou dans les poissons.

La concentration de galaxolite mesurée dans les boues d'épuration du type A est en moyenne de 5,9 mg/kg MS (matière sèche), celle des boues de type B et C de 3,3 mg/kg MS (figure 4). Le faible contenu des boues d'épuration des types B et C s'explique par un effet de dilution dû à l'apport de substances supplémentaires par les pluies. Etant donné que ces substances sont transférées à 80% dans les boues, on peut calculer une charge moyenne des eaux usées de 106 mg par habitant et par an. Etant donné les produits contenant du galaxolite, on peut estimer sa consommation dans l'Union Européenne à 4,1 g par habitant et par an. Ainsi la charge des eaux usées est beaucoup plus faible que la quantité consommée calculée. Les études effectuées à l'étranger donnent des résultats similaires. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que le galaxolite n'atteint pas les eaux usées dans sa totalité ou qu'une certaine dégradation se produit dans les STEP. Le comportement des composés musqués polycycliques dans les STEP doit être étudié en conséquence dans un sous-projet du SEA. La formation de produits de dégradation et leurs propriétés feront également l'objet d'études. Ces travaux ont pour objectif de décrire l'apport de composés musqués polycycliques dans les eaux usées, leur dégradation ou transformation dans les STEP, ainsi que la répartition des produits d'origine et des produits obtenus dans les boues d'épuration ou dans les eaux épurées. On pourrait ainsi mieux évaluer leur influence éventuelle sur les communautés aquatiques et terrestres. On ignore encore si les composés musqués polycycliques doivent être considérés comme des nuisances pour l'envi-

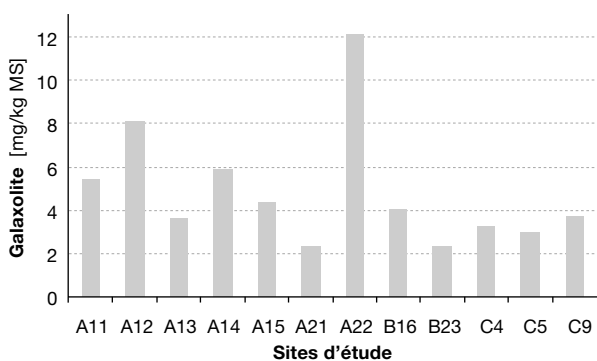


Figure 4: Concentration en galaxolite des boues d'épuration (matière sèche) de STEP des sites d'étude de type A (uniquement eaux domestiques), B (eaux usées domestiques et eaux météoriques) et C (eaux usées domestiques, météoriques et industrielles).

ronnement (par exemple à travers une activité hormonale). L'accumulation de substances synthétiques dans l'environnement représente de toute façon un risque et doit être fondamentalement évitée.

Les poissons profitent-ils de la renaturation des cours d'eau?

Armin Peter (EAWAG, Centre de recherche en limnologie, Kastanienbaum)

Le «Fischnetz» étudie le phénomène de baisse du nombre de prises des pêcheurs de loisir que l'on observe en Suisse depuis environ 1985. Douze hypothèses ont été formulées en rapport avec ce problème. Trois de ces hypothèses traitent directement de la forte dégradation des habitats et de l'altération de la capacité de reproduction des poissons frayant sur graviers qui en découle: hypothèse «Une mauvaise qualité de l'habitat est responsable de la baisse du nombre de prises», hypothèse «Un colmatage du lit est un facteur

important», et hypothèse «Les crues d'hiver provoquant du charriage limitent les chances de survie des œufs et du frai».

On peut contrecarrer ces effets négatifs sur l'habitat par des mesures de renaturation. Des rivières et fleuves dynamiques présentant une structure variée peuvent tempérer d'autres composantes défavorables. Une forte crue a par exemple un effet moins néfaste sur les poissons dans un habitat bien structuré que dans un cours d'eau endigué et particulièrement monotone.

Expérience acquise dans le domaine de la renaturation des cours d'eau

Dans de nombreux pays d'Europe et d'Amérique du Nord, la renaturation des cours d'eau gagne en importance depuis quelques années. Elle est censée améliorer la qualité des habitats et ainsi les conditions de vie des communautés qu'ils abritent. Les travaux déjà réalisés ont permis d'acquies une expérience précieuse. Plusieurs scientifiques expérimentés ayant été impliqués dans des projets de restauration ont été interrogés lors d'un sondage (voir citations). Un article de synthèse recense les problèmes et les lacunes propres au



La Buenz au niveau de Moeriken/AG – un cours d'eau se restaure tout seul.

Lors de la grande crue de mai 1999, la Buenz, alors fortement endiguée, a formé un nouveau lit plus large. Une pêche électrique effectuée en mai 2000 dans le tronçon ainsi créé a révélé une reproduction naturelle des truites de rivière (présence de poissons 0+ sans mesure d'alevinage antérieure).

Les mesures de renaturation visent à:

- ▶ La restauration des processus écologiques et des éléments biologiques (espèces, populations) ayant caractérisé le site par le passé.
- ▶ L'amélioration notable des structures et fonctions de l'écosystème.
- ▶ La restauration ou l'amélioration notable de la diversité biologique naturelle.
- ▶ La restauration de la connectivité des cours d'eau (pas de système hydrographique artificiellement fragmenté).
- ▶ La restauration de la végétation des rives.

Les poissons profitent

De possibilités intactes de migration le long des cours d'eau, de changements à nouveau possibles entre zones de fort courant et zones d'eaux calmes (souvent dans la zone de végétation ripariale/ligne de rive), d'une reproduction naturelle, d'une structure diversifiée des habitats, de suffisamment d'eau et d'une eau de bonne qualité.

domaine de la renaturation. A travers des administrations locales et centrales, des sommes importantes sont investies partout dans le monde dans des projets de renaturation. La «restoration ecology» est cependant une science bien jeune qui ne dispose pas encore d'études à long terme. Une évaluation du succès des mesures engagées est donc assez difficile. Des évaluations à court terme montrent que le succès des mesures de renaturation n'est pas garanti. Dans certaines parties des USA, on parle de taux d'échec de 60%. Le manque de bases scientifiques sérieuses semble être la cause principale de la non-atteinte des objectifs fixés. Le contrôle de la réussite revêt une grande importance dans le cas de mesures de restauration. Chaque renaturation doit être considérée comme une expérience écologique. Un suivi est indispensable. C'est ainsi que l'on peut apprendre des erreurs commises, les projets futurs pourront en profiter («learning by doing»).

Dans un autre article traitant de l'expérience acquise dans le domaine de la renaturation des cours d'eau, on constate que beaucoup de mesures de renaturation négligent les aspects globaux. Souvent, l'accent est mis sur une amélioration spécifique et mécanique de l'habitat profitant à des espèces piscicoles sélectionnées (par exemple en intégrant des abris pour les poissons). Les problèmes fondamentaux (comme le manque de régénération naturelle des poissons)

ne sont pas résolus par ce genre de mesures. Les auteurs observent d'autre part que les projets réalisés sont souvent limités à de très courts tronçons de cours d'eau. L'ensemble du système hydrographique est généralement considéré de manière insuffisante.

Objectifs des mesures de renaturation

Dans la littérature en matière d'écologie, on trouve cités les objectifs suivants: Développement, c'est à dire amélioration sensible des structures et fonctions d'un écosystème, y compris de la diversité biologique. Un état dégradé doit être amélioré et on doit veiller à ce que tout le système se développe dans la bonne direction. Dans tous les cas, il faut considérer l'ensemble du système hydrographique. Les processus hydrologiques et géomorphologiques illustrent bien cette nécessité. Les problèmes d'eaux résiduelles ou de charriage ne peuvent être résolus qu'au niveau du bassin versant, une approche à petite échelle ne conduit pas au succès. D'autre part, la connectivité des cours d'eau est pour les poissons une question centrale qui ne peut être traitée qu'au niveau du bassin versant. La défragmentation d'un cours d'eau et donc le rétablissement de sa continuité est un objectif important de la renaturation. En rapport avec leur âge, les individus de plusieurs espèces piscicoles ont besoin d'un changement entre le cours d'eau principal et les cours d'eau latéraux ou entre les courants et les calmes.

En plus de la connectivité longitudinale le long d'un cours d'eau, la connectivité latérale entre les ruiseaux revêt une importance particulière. La zone de berge est un écosystème à part entière et particulièrement diversifié. La végétation des rives peut être considérée comme un filtre par rapport aux influences néfastes de l'environnement (polluants, fertilisants, particules fines) et joue un rôle positif par rapport à la régulation de la température de l'eau. Les arbres et buissons bordant les cours d'eau doivent également être considérés comme une réserve de structures (apport de bois mort). Des besoins nutritionnels des poissons sont également liés à la végétation des rives: les cours d'eau présentant une végétation des rives intacte bénéficient d'un apport plus élevé d'animaux nourriciers terrestres.

«En tant qu'écologue, on veut un système naturel, vivant et sain. Pas un système fragmenté, uniquement géré pour survivre.»

Stuart Pimm, Columbia University, New York

«Beaucoup de projets de restauration menés en Californie ont manqué leur but, car ils ne reposaient pas sur une bonne compréhension des processus géomorphologiques et écologiques.»

Matt Kondolf, University of California-Berkeley

Renaturation des cours d'eau et poissons

Les mesures de renaturation n'améliorent pas systématiquement la situation des poissons. Les échecs sont plus fréquemment constatés sur de courts tronçons revitalisés ou ne présentant pas suffisamment de variabilité et de dynamique des habitats. L'écologie de la renaturation est une science encore jeune et elle doit encore apprendre de ses erreurs. Cela ne signifie pas qu'elle se base sur le principe «trial and

error», au contraire: elle doit s'appuyer sur une base écologique claire et sur certaines prédictions (par exemple, pronostiquer que deux espèces de poissons présentes par le passé vont recoloniser l'habitat restauré). Cependant, restaurer un cours d'eau reste une expérimentation. Mais si ces expérimentations sont menées dans dans le cadre du système hydrographique et dans le but de restaurer des processus écologiques, elles peuvent être bénéfiques pour les cours d'eau et leur faune piscicole. La réalisation de projets de renaturation dans de telles conditions laisse espérer de trouver dans l'avenir dans les cours d'eau des écosystèmes à nouveau en état de fonctionner présentant de bonnes populations piscicoles.

Influence du cormoran sur le nombre de prises des pêcheurs de loisir et sur les effectifs piscicoles

Erich Staub (OFEFP, Questions piscicoles)

L'hypothèse n° 10 de «Fischnetz» vise entre autres à savoir si la chute du nombre de prises des pêcheurs de loisir s'explique par le fait que la ressource piscicole disponible à long terme est répartie différemment aujourd'hui entre pêcheurs et oiseaux piscivores que par le passé.

En s'appuyant sur des données concernant le nombre de cormorans présents en hiver, on tentera de vérifier cette hypothèse sur trois tronçons d'essai: la Reuss, le canal de Linth et le Nussbaumersee. La Reuss correspond à un cours d'eau de grande taille (débit 110 m³/s, largeur 70–80 m) et le canal de Linth à un cours d'eau de taille moyenne (débit 55 m³/s, largeur 30–35 m); le Nussbaumersee est un lac de petite taille (surface 25 ha). Les domaines d'essai sont décrits plus en détail dans les rapports particuliers actuellement en préparation qui font état de tous les acteurs impliqués dans l'étude.

Nombre de cormorans hivernant en Suisse et plan de mesures

De 1980 à janvier 1992, le nombre de cormorans hivernants est passé de moins de 2000 à plus de 8000; ce nombre est ensuite redescendu à une valeur de 5000 (figure 5). Pour les responsables de la pêche c'est moins le nombre total de cormorans passant l'hiver en Suisse qui compte, que la part d'oiseaux ayant leurs dortoirs près des cours d'eau particulièrement sensibles. Cette part est passée d'env. 10% entre 1984 et 1989 à 30% entre 1990 et 1996. En réaction à cette augmentation, le nombre de cormorans abattus est nettement remonté à partir de 1989 (à partir de cette date, près de 1000 oiseaux abattus chaque hiver). Ce phénomène amena des débats sur la nécessité et la pertinence de ces tirs et conduisit à la création du groupe de travail «Cormo-

rans et poissons» de l'OFEFP. Celui-ci rendit son rapport final en 1995 avec ces recommandations: pas besoin de lutte contre les cormorans dans les lacs et les retenues de fleuves (ensemble 87% de la population de cormorans); lutte contre les cormorans nécessaire dans les fleuves et les lacs de petite taille (13% de la population de cormorans).

Reuss (tronçon Rotkreuz-Hünenberg-Sins)

Dans le tronçon d'étude de la Reuss, près de 1000 ombres étaient pêchés chaque année au début des années 80. Dans les années 90, ce nombre ne s'élevait plus qu'à 100/an (chute de 90%). Pour les truites les chiffres correspondants étaient de 2000/an et de 500/an respectivement (chute de 75%), pour les autres espèces piscicoles (barbeaux, chevaines, etc.) ils étaient de 1300/an et de 700/an (chute de 50%). Le nombre de permis de pêche est resté pratiquement constant. La première vague dans la chute du nombre de prises des pêcheurs est apparue suite à la première arrivée massive de cormorans pendant l'hiver 1986/1987. L'analyse du contenu stomacal de 72 cormorans abattus entre 1994 et 2000 donne les résultats suivants: 40 estomacs contenaient du poisson, 38% des estomacs contenaient des ombres, 18% des barbeaux, 12% des chevaines. Les espèces piscicoles ayant une part pondérale importante sont les ombres avec 40%, les barbeaux avec 36% et les chevaines avec 12%.

Les pêcheurs ne s'intéressent qu'aux ombres de plus de 35 cm (mesure minimale); les poissons ayant la taille de capture la plus fréquente (40 à 45 cm) sont âgés de 4 à 5 ans. Les ombres relâchés par les pêcheurs ont en général entre 1 et 3 ans. Les ombres prélevés par les cormorans appartiennent aux classes d'âge 1, 2 et 3 ans. Les ombres d'une année sont donc menacés pendant 3 ans par les cormorans avant d'atteindre la taille à laquelle ils peuvent faire l'objet de prélèvements supplémentaires par les pêcheurs.

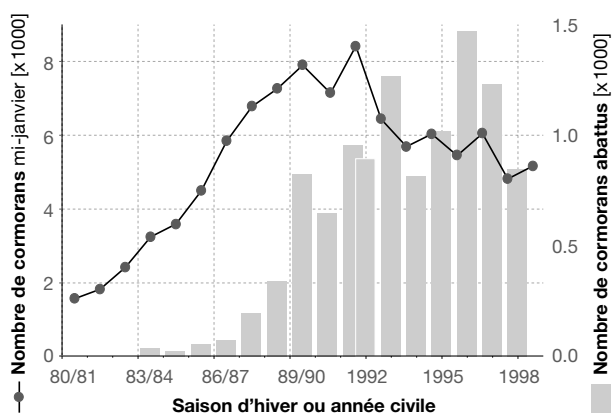


Figure 5: Nombre de cormorans hivernants recensés en janvier (comptages effectués par la Station ornithologique de Sempach dans les dortoirs).

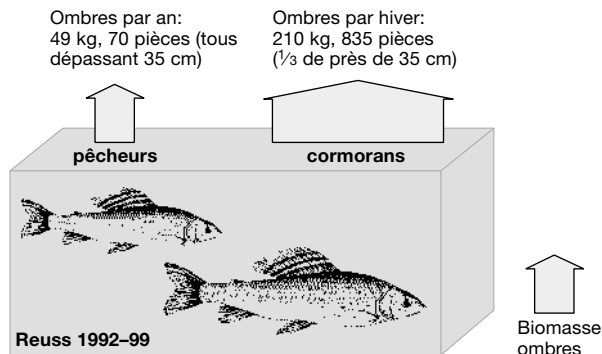


Figure 6: Bilan global des prélèvements d'ombres par les pêcheurs et les cormorans dans le cas de la Reuss (Moyenne des années 1992 à 1999).

Dans l'ensemble, on peut tirer le bilan suivant (figure 6): Le cormoran prélève en masse 4 fois plus d'ombres que les pêcheurs et 12 fois plus en nombre. Par rapport à la surface des cours d'eau, le prélèvement total d'ombres s'élève à 5,3 kg/ha (dont 1 kg/ha par les pêcheurs). La chute massive du nombre d'ombres capturés par les pêcheurs depuis la première arrivée de cormorans de l'hiver 1986/87 s'explique dans ce tronçon par les prélèvements dus aux cormorans, c'est à dire par une modification de la répartition de la masse de poissons disponible entre les prédateurs et par un prélèvement excessif des jeunes poissons renouvelant la population. Pour les autres espèces piscicoles, la tendance devrait être similaire, sauf pour les truites de rivière dont le déclin n'est pas dû au cormoran mais à la décision de ne plus empoissonner avec de grandes truites («put and take»).

Canal de la Linth (reliant le Walensee et le lac de Zurich)

Dans le tronçon d'étude du canal de la Linth, le nombre d'ombres capturés par les pêcheurs oscillait au début des années 1980 autour de 5000/an, dans les années 90 il n'était

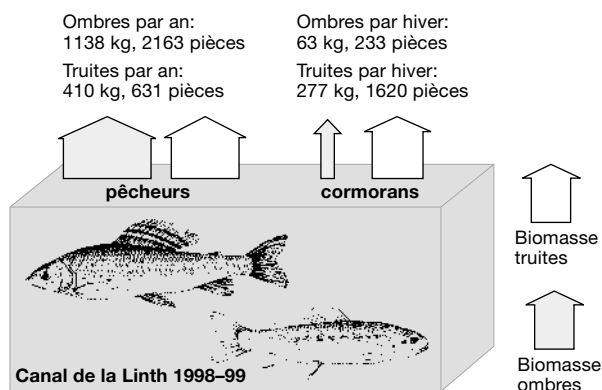


Figure 7: Bilan global des prélèvements d'ombres et de truites par les pêcheurs et les cormorans dans le cas du canal de la Linth (Moyenne des années 1990 à 1999).

plus que de 2000 à 3000/an (baisse de 50%); pour les truites les chiffres étaient respectivement de 10 000/an et de 500/an (baisse de 95%). Le nombre de permis de pêche est passé de 1000 dans les années 1975–79 à 500 entre 1985 et 1994 pour atteindre 300–400 entre 1996 et 1999. Après une première arrivée massive de cormorans pendant l'hiver 1984/85, le canton de Saint-Gall a organisé une lutte contre les cormorans qui a pu maintenir les arrivées suivantes à un niveau très faible. L'analyse de 328 estomacs de cormorans abattus entre 1980 et 1999 (dont 146 contenant du poisson) donne les résultats suivants: 38% des estomacs contenaient des truites, 10% des féras, 10% des lottes, et 6% des ombres. Les espèces piscicoles ayant une part pondérale importante sont les truites avec 40%, les féras et les lottes avec 15% chacun et les ombres et les chevaines avec 10% chacun.

Les pêcheurs capturent truites et ombres à partir d'une taille de 32 cm. Les cormorans, eux, pêchent ces deux espèces avant qu'elles atteignent la taille réglementaire pour les pêcheurs (cf. situation de l'ombre dans le tronçon de la Reuss).

Dans l'ensemble, on peut tirer le bilan suivant (figure 7): Les pêcheurs capturent en nombre 9 fois plus d'ombres que les cormorans et 18 fois plus en masse. En ce qui concerne les truites, les pêcheurs capturent légèrement moins que les cormorans en nombre et 1,5 fois plus en masse. Rapporté à la surface de cours d'eau, le prélèvement total s'élève à 20 kg/ha pour les ombres (dont 1 kg/ha par les cormorans) et à 12 kg/ha pour les truites (dont 5 kg/ha par les cormorans). Ainsi, dans ce cas, le cormoran n'a pratiquement pas d'influence sur le nombre d'ombres capturés par les pêcheurs, mais joue un certain rôle dans le prélèvement de truites. Il faut cependant noter que l'interprétation des courbes de capture est assez complexe, et ceci pour les raisons suivantes: a) les observations décrites ci-dessus ne sont pas valables pour l'hiver 1984/85 (arrivée massive de cormorans); b) l'importance de l'arrivée de cormorans est sous-estimée (comptages uniquement le matin pendant de courtes périodes d'observation); c) le prédation du cormoran sur les truites est sur-estimée (les truites proviennent parfois des canaux latéraux); d) dans les années 70, les courbes de capture sont positivement influencées par les apports de nutriments alors importants dans le Walensee (apport accru de zooplancton dans le canal de la Linth); e) des modifications de la taille minimale de la truite et du nombre de pêcheurs influencent la pression de pêche.

Nussbaumersee

Dans le cas du Nussbaumersee, le nombre de captures de brochets, particulièrement prisés, varie depuis les années 80 entre 40 et 80 individus par an et par pêcheur. L'analyse de 31 estomacs de cormorans abattus entre 1994 et 2000 (dont 24 contenant du poisson) donne les résultats suivants: 38% des estomacs contenaient des gardons, 21% des brêmes/

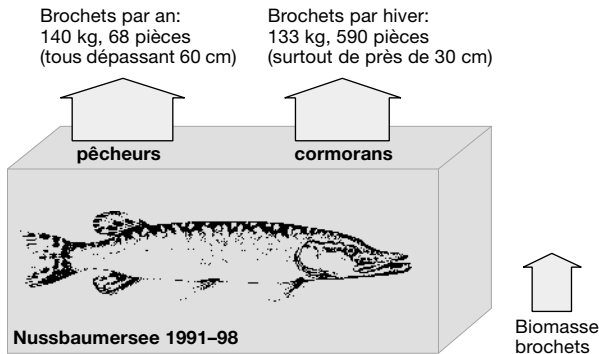


Figure 8: Bilan global des prélèvements de brochets par les pêcheurs et les cormorans dans le cas du Nussbaumersee (Moyenne des années 1991 à 1998).

brèmes bordelières, 8% des brochets. Les espèces piscicoles ayant une part pondérale importante sont les gardons avec 35%, les brochets avec 30% et les brèmes/brèmes bordelières avec 20%.

Les *pêcheurs* prélèvent les brochets à partir d'une taille réglementaire de 60 cm. La fréquence des poissons relâchés qui n'ont pas atteint la taille minimale sont pas à la maille atteint un maximum pour les tailles de 40 et 55 cm, ce qui correspond à des brochets de 2 et 3 ans. Les *cormorans* prélèvent en majorité des brochets de 30 cm (1 an), en moindre mesure des brochets de 40 cm.

Dans l'ensemble, on peut tirer le *bilan* suivant (figure 8): Les brochets sont utilisés pendant les deux premières années par les cormorans, ne sont pas pêchés l'année suivante puis atteignent la taille réglementaire pour les pêcheurs. En terme de biomasse les pêcheurs prélèvent légèrement plus de brochets que les cormorans; en nombre, les cormorans prélèvent environ 9 fois plus de brochets que les pêcheurs. Rapporté à la surface d'eau, le prélèvement total s'élève à 11 kg de brochets/ha (dont 5 kg/ha par les cormorans). Il n'y a certes pas de recouvrement direct entre les différentes tailles de brochets pêchés par les pêcheurs d'une part et les cormorans d'autre part, mais la duplication de la masse de brochets prélevée induit une situation de concurrence indirecte qui a les conséquences suivantes: baisse du poids unitaire du brochet qui est passé de plus de 3 kg à 2 kg, et augmentation de la durée de pêche par capture qui est passée de ¼ de jour de pêche par kg de brochet à ½ jour de pêche par kg de brochet.

Conclusions

Les trois situations étudiées illustrent bien le spectre d'action du cormoran sur les populations de poisson, à savoir:

► Il n'y a pas de règle générale en ce qui concerne l'influence du cormoran sur les effectifs piscicoles et le nombre de prises des pêcheurs caractérisant un cours d'eau. Il faut donc statuer au cas par cas et tenir compte de la possibilité

et de la nature d'une lutte contre les cormorans, les espèces prélevées par les cormorans, de la distance entre cours d'eau et dortoirs (pression de prédation), etc.

► L'auteur principal des prises de poissons peut être aussi bien le pêcheur (cas de l'ombre dans le tronçon du canal de la Linth) que le cormoran (cas de l'ombre dans le tronçon de la Reuss).

► Il existe entre pêcheurs et cormorans une concurrence aussi bien directe (prélèvement des mêmes espèces et des mêmes tailles de poissons) qu'indirecte (le cormoran prélève les jeunes poissons, ce qui affecte la pêche ultérieure de poissons adultes).

Premiers résultats du projet européen COMPREHEND

Walter Giger (EAWAG)

Le projet européen COMPREHEND a commencé début 1999. Ce projet coordonné par l'Institut anglais d'écologie des eaux douces (IFE, Institute for Freshwater Ecology) a pour but de mettre en évidence et d'étudier l'effet sur les poissons d'hormones présentes dans l'environnement ou de substances à action perturbatrice endocrine (COMPREHEND: **COM**munity Programme of **R**esearch on **E**nvironmental **H**ormones and **EN**docrine **D**isruptors). En tout treize instituts venant de sept pays participent à ce projet. Des informations complètes en anglais (objectives, tâches, deliverables, etc.) sont disponibles sur l'Internet (<http://www.ife.ac.uk/comprehend>).

Le projet a les objectifs et les missions suivantes:

- Recensement des effets sur les poissons sur toute l'Europe
 - Etude des rejets des stations d'épuration
 - Détection de la vitellogénine (protéine vitelline)
- Identification de composés œstrogènes (endocrines, à activité hormonale)
 - Etude couplée: analyse chimique et effets biologiques
- Répartition des substances à activité hormonale
 - Effet de matières en suspension
- Développement et optimisation de méthodes expérimentales *in vitro* et *in vivo*.

Un premier colloque de COMPREHEND a eu lieu en mars 1999 au centre de conférences de l'EFP d'Ascona (Centro Stefano Franscini, Monte Verità). Les résumés des contributions peuvent être obtenus sur l'Internet (<http://www.eawag.ch/courses/eedc>).

En Suisse, plusieurs équipes de recherche de l'EAWAG sont impliquées dans les sous-projets suivants:

- Analyses chimiques
 - Composés à nonylphénols
 - Hormones stéroïdes

- Identification de substances à activité hormonale
 - Méthodes de fractionnement et Toxicity Identification and Evaluation (TIE)
- Etude des effets écotoxicologiques (méthodes biologiques, de biologie cellulaire et de biologie moléculaire)
 - détection de la vitellogénine dans le plasma sanguin de poissons
 - Systèmes à cellules de poissons et de levures
 - Analyses de protéines
- Recherches sur les poissons
 - Exposition de poissons et d'œufs de poissons aux rejets de stations d'épuration
 - Etudes de populations portant sur les truites européennes (*Salmo trutta fario*, en anglais: brown trout) et sur les goujons (*Gobio gobio*, en anglais: gudgeon)

Les stations d'épuration et les cours d'eau suivants ont été sélectionnés pour les études suisses:

- Station d'épuration de Rontal, Ron, Reuss (LU)
- Station d'épuration de Suretal, Suhr (LU)
- Station d'épuration de Teufenthal, Wyna (AG)
- Station d'épuration de Zurich-Glatt, Glatt (ZH)

Certains résultats provisoires ont déjà pu être dégagés:

- ▶ On a trouvé dans les effluents de la station de Rontal des concentrations accrues en nonylphénol, en mono-éthoxylate de nonylphénol et en di-éthoxylate de nonylphénol. Ces substances sont des métabolites difficilement dégradables (produits intermédiaires de biodégradation) des agents lavants que sont les poly-éthoxylates de nonylphénols (tensio-actifs non ioniques).
- ▶ En aval des stations d'épuration, on a pu détecter la présence de vitellogénine, protéine vitelline femelle, dans des truites mâles exposées. De même, les masses relatives du foie et des gonades étaient modifiées.
- ▶ Dans des extraits d'effluents de station d'épuration, on a détecté une activité œstrogène aussi bien dans les cellules de poissons que dans les cellules de levures servant aux tests.

Que veut atteindre «Fischnetz»?

Peter Dollenmeier (Ciba SC)

Dans le plan de travail qu'elle a présenté à l'automne 1999, la direction du projet «Fischnetz» a décrit les objectifs du projet, défini les critères permettant d'estimer s'ils sont atteints et proposé des voies possibles pour y parvenir. Elle a enfin défini les «produits» à livrer par le projet. Le tableau 2 résume ces éléments. Une telle énumération est utile à la direction du projet et au comité stratégique pour l'évaluation périodique de l'état d'avancement du projet.

A travers le premier objectif partiel (1a à c), on veut s'assurer de pouvoir retracer l'évolution des effectifs piscicoles de ces dernières années et de pouvoir la suivre dans l'avenir à l'aide de procédés standardisés. De tels procédés sont en particulier nécessaires pour suivre l'évolution à long terme des effectifs piscicoles et de l'état de santé des poissons et pour juger de l'efficacité de mesures de correction éventuelles. Le travail concernant le deuxième objectif partiel doit permettre d'identifier les facteurs ayant eu jusqu'à présent une influence décisive sur l'évolution des effectifs piscicoles et la santé des poissons. Sur la base de ces informations, on peut passer à l'étape suivante et proposer des mesures de correction (troisième objectif partiel). Le quatrième objectif partiel concerne l'engagement de «Fischnetz» d'informer de manière ouverte et continue sur le projet. Le cinquième objectif implique un travail de réflexion sur les enseignements tirés du projet et la mise en exergue des rapports existant entre les différents aspects du projet de manière à tirer des conclusions d'ensemble dépassant les limites du projet.

Qu'advient-il des hypothèses du «Fischnetz»?

Patricia Holm (EAWAG)

Au cours du séminaire spécialisé de 1999, 12 hypothèses de travail devant permettre d'atteindre les objectifs de «Fischnetz» ont été présentées.

Ces hypothèses doivent être vérifiées dans les années qui viennent. Pour ce faire, il faut tenir compte des difficultés suivantes:

- Les facteurs éventuellement responsables et les phénomènes observables sont en étroite relation et en interaction les uns avec les autres.
- La plupart des effets observés peuvent être causés par plus d'un facteur.

Ces faits peuvent être illustrés par un exemple (figure 9):

Un mauvais habitat peut stresser les poissons directement (par manque d'abris par ex.), ce qui peut affaiblir leur système immunitaire et peut donc favoriser l'apparition de diverses maladies. D'autre part, l'introduction d'insecticides dans un cours d'eau peut être néfaste aux animaux servant

Objectifs	Critères de succès	Voies possibles	Produits
<p>1a) Vue d'ensemble sur l'évolution du nombre de prises des pêcheurs de loisir, des effectifs piscicoles et de la santé des poissons ces 30 dernières années, au niveau de toute la Suisse et au niveau régional</p>	<p>Rapport entre statistiques sur les prises de pêche et effectifs piscicoles déterminé</p> <p>Variations dans le temps des effectifs piscicoles et de la santé des poissons recensées d'un point de vue géographique</p> <p>Effectifs piscicoles et santé des poissons évalués dans des cours d'eau représentatifs avec une exactitude qui permet de tirer des conclusions statistiquement significatives</p>	<p>Exploitation des données statistiques ayant trait à la pêche de loisir</p> <p>Enquêtes sur le comportement des pêcheurs de loisir</p> <p>Exploitation et acquisition de données sur les effectifs piscicoles</p> <p>Détermination de l'état de santé des poissons et identification des paramètres principaux</p>	<p>Rapports sur l'état actuel et l'évolution dans le temps et dans l'espace du nombre de prises des pêcheurs de loisir, de la densité des populations piscicoles, du comportement des pêcheurs de loisir et de l'état de santé des poissons; document de synthèse sur ces rapports</p>
<p>1b) Créer des bases pour un système de surveillance standardisé</p>	<p>Système de détermination quantitative des effectifs piscicoles et de la santé des poissons scientifiquement fondé et utilisable</p>	<p>Evaluer et éventuellement adapter les méthodes existantes et les mettre en application</p> <p>Etudes de terrain avec des méthodes standardisées</p>	<p>Document méthodologique</p> <p>Spécialistes formés</p>
<p>1c) Contrôle de réussite: Préparation des enquêtes à venir sur les effectifs piscicoles et la santé des poissons dans les cours d'eau</p>	<p>Etat désiré et déficits connus</p>	<p>Application de modèles sur l'intégrité biologique des populations piscicoles</p>	<p>Concept pour le contrôle de réussite</p>
<p>2) Décrire et comprendre les principaux facteurs d'influence, évaluer le champ d'action disponible</p>	<p>Causes provoquant la majorité des modifications identifiées</p> <p>Les arguments relatifs à l'importance des différents facteurs sont acceptés par le milieu scientifique, l'opinion publique et les responsables de ces facteurs</p> <p>Facteurs d'origine anthropique divisés en effets localisés et en effets diffus</p>	<p>Modélisation et quantification des flux de substances (si possible et judicieux)</p> <p>Mise en rapport de résultats ponctuels, définition de priorités, répartition des ressources, établissement d'un calendrier d'action</p> <p>Séminaires d'hypothèses</p> <p>Etudes expérimentales</p>	<p>Document sur l'importance des différents facteurs d'influence (réactions en chaîne mettant en jeu diverses causes et importance relative des causes)</p> <p>Rassemblement de méthodes</p>
<p>3) Proposer des mesures de correction</p>	<p>Mesures identifiées et communiquées de manière adaptée au public ciblé</p> <p>Mesures communiquées au niveau international</p>	<p>Séminaires sur les mesures avec les personnes concernées</p> <p>Publications et conférences</p>	<p>Catalogue de mesures (y compris mesures pour le contrôle de réussite)</p>
<p>4) Informations continues et neutres sur l'avancement du projet</p>	<p>Connaissance de «Fischnetz» de manière à ce que la coordination et l'échange d'information dans les milieux de la pêche et les décideurs fonctionnent</p>	<p>Plan de communication</p> <p>Réunions de la direction du projet et du comité stratégique</p>	<p>fischnetz-info</p> <p>Page Internet, travail sur l'Internet</p> <p>Conférences des directeurs et directrices de projets particuliers</p> <p>Séminaires, séminaires spécialisés</p> <p>Relations internationales</p> <p>Publications, conférences</p>
<p>5) Synthèse et recouplement</p>	<p>Enseignements allant au-delà des résultats des projets particuliers générés</p>	<p>Analyses multivariées, méta-analyse</p> <p>Travail de synthèse qualitatif</p>	<p>Documents de synthèse</p>

Tableau 2: synthèse des buts des projets, des critères de succès, des procédures possibles et des prestations à atteindre.

de nourriture aux poissons, ce qui peut conduire à une situation de famine, en particulier chez les jeunes poissons. Ceci favoriserait de même une faiblesse immunitaire ou le déclenchement de maladies. Le même phénomène pourrait également être causé par une mauvaise qualité de l'habitat: un fond gravement colmaté ou bétonné pourrait être défavorable aux animaux servant de nourriture aux poissons, ce qui induirait également une situation de famine chez les jeunes poissons avec les conséquences sur la santé déjà citées. Il existe également d'autres interrelations: une augmentation de la température maximale estivale dans les cours d'eau favorise le développement de certains parasites et de maladies et amoindrit par ailleurs la capacité de défense immunitaire des truites, ce qui peut provoquer une augmentation de la fréquence des maladies. Pour déterminer l'importance de ces facteurs imbriqués les uns dans les autres pour le phénomène de déclin des populations piscicoles, il est prévu de mener différents types d'études: Dans des études de cas, des domaines d'étude sur lesquels de nombreuses données sont déjà disponibles sont étudiés en détail. Sur ces sites, on tente de vérifier autant d'hypothèses que possible à la fois. Dans des études de suivi, des cours d'eau ou tronçons de cours d'eau représentatifs sont sélectionnés pour obtenir une vision d'ensemble sur l'étendue de certains phénomènes. Des discussions d'experts permettent de glaner l'opinion de spécialistes sur des phénomènes particulière-

ment complexes et sur la pertinence de certains modèles explicatifs. L'exploitation de données provenant d'études achevées doit permettre d'établir des synthèses et d'obtenir des indications supplémentaires.

Etudes prévues

Les études suivantes sont prévues pour les différentes hypothèses (tableau 3). Certaines d'entre elles, qui ont déjà été amorcées et pour lesquelles nous dépendons de l'aide des Services et des Inspecteurs de la pêche cantonnaux, sont brièvement décrites:

Des études menées en Angleterre révèlent qu'en aval de certaines stations d'épuration jusqu'à 100% des gardons mâles présentent des signes de gonades mixtes (ovotestis = testicules pourvus de tissus ovariens). Cette altération des gonades se produit naturellement chez 10% des animaux. Dans les cas où ce phénomène est très fréquent, on a observé la présence de substances à activité œstrogène (voir également fischnetz-info n° 2, p. 19). Le projet «Ovotestis chez les gardons» doit donc déterminer si ce phénomène est également important en Suisse. Pour ce faire, 20 à 30 gardons sont traités dans chacun des 12 sites sélectionnés et leurs testicules sont soumis à un examen histologique. Les échantillons sont pris par Arthur Kirchhofer (Gümmenen) et l'analyse histologique est réalisée au Centre pour le diagnostic des animaux sauvages et des poissons (FIWI).

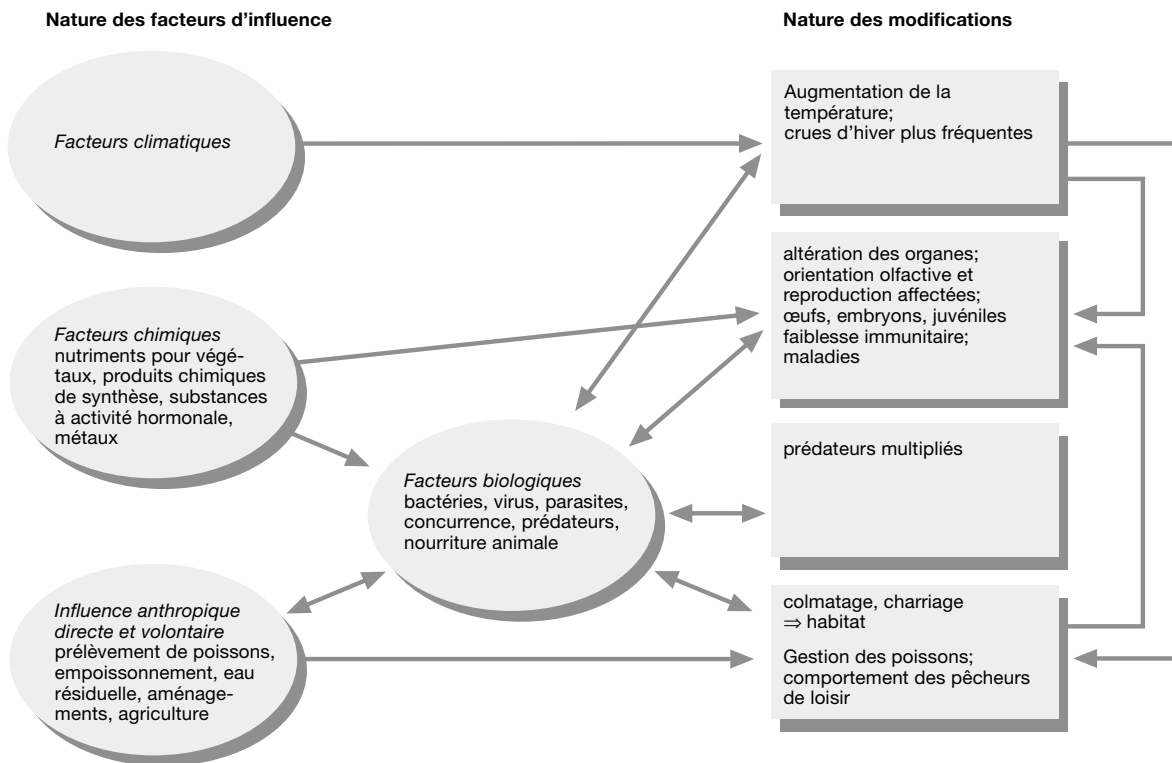


Figure 9: Représentation des difficultés d'évaluation des hypothèses de travail: Les facteurs d'influence et les types de modifications sont en étroite interconnexion; de plus, la plupart des effets peuvent être imputables à plusieurs causes.

Hypothèses	Etudes
1 De nombreux petits effets	–
2 Faiblesse de la reproduction	Faiblesse de la reproduction des truites de rivière
3 Les jeunes poissons manquent	Ovotestis-gardons
4 Altérations des organes	Affection des organes et du système immunitaire
5 Faiblesse immunitaire	PKD (maladie rénale proliférative) Rapports entre facteurs nuisant à la santé des poissons
6 Mauvais habitat	Recensement quantitatif des truites fario 0+
7 Colmatage	
8 Moins de nourriture animale	Discussions d'experts
9 Gestion piscicole	Comparaison de pêches quantitatives actuelles et passées
10 Comportement des pêcheurs de loisir, prédateurs	Comportement des pêcheurs de loisir, exploitation détaillée des statistiques de pêche
11 Températures de l'eau plus élevées	Discussions d'experts
12 Crues d'hiver provoquant du charriage	Influence des crues et du charriage sur les truites fario

Tableau 3: Etudes issues des hypothèses prévues en 2000.

Dans le projet «PKD – maladie rénale proliférative» on cherche à recenser de manière représentative l'extension accrue et maintes fois observée de la maladie chez les truites. Pour ce faire, une étude a été confiée à Mattias Escher (AQUA-SANA, Ulmiz) qui procèdera à la fin de l'été, quand la maladie atteint sa fréquence maximale, au prélève-

Rapports sur	Etudes 2000
■ l'évolution dans le temps et l'espace	Sondage comportement des pêcheurs de loisir, exploitation de détail des statistiques de pêche
■ l'état actuel des prises de pêche	Pêches quantitatives passées et présentes
■ l'état sanitaire	PKD – maladie rénale proliférative, altérations des organes
■ l'importance des facteurs d'influence	Ovotestis-gardons, relations entre facteurs
■ les méthodes d'évaluation de l'importance des facteurs d'influence	Protocole Histomatrice, Health Assesment Index
■ Document de synthèse	Rapports de synthèse: «Vieille Aar», «Suivi biologique BE»

Tableau 4: Contribution des études pour réaliser le plan d'activités.

ment de 20 truites de rivière par site, et ceci sur une centaine de sites différents. Les reins seront alors soumis à un examen histologique au FIWI visant à mettre en évidence des agents de la maladie (parasites isolés, observables dans les reins sous le forme de cellules dites cellules PKX).

L'une de nos hypothèses suppose que dans les cours d'eau le nombre de jeunes truites de rivières est nul ou insuffisant, suite par exemple à une dégradation de l'espace vital par une trop forte proportion de sédiments fins ou des habitats inadaptés, etc. C'est pour cela que le projet «Recensement quantitatif de truites de rivière 0+» prévoit de recenser quantitativement les truites de rivière dans 20 cours d'eau et dans 3 à 5 points de mesure par cours d'eau et, au vu de recherches complémentaires, d'établir un pronostic quant à leurs chances de survie. Cette étude sera menée sous la direction de Armin Peter par Eva Schager qui procèdera aux prélèvements à la fin de l'été.

Nous disposons pour le moment de peu d'information permettant de savoir si en même temps que le nombre de prises des pêcheurs de loisir, la densité des peuplements piscicoles a également baissé. Etant donné que les peuplements piscicoles varient fortement d'une année à l'autre, on a besoin de séries de pêches standardisées s'étendant sur de longues périodes pour pouvoir évaluer correctement les variations des peuplements. Pour le projet «Comparaison de pêches quantitatives actuelles et passées», nous prions les cantons de mettre à notre disposition les données de pêches effectuées dans un passé lointain; elles seront complétées par des pêches actuelles.

Il est d'autre part bien connu que les conditions de vie ont également beaucoup changé au cours des dernières décennies, et qu'elles continuent de le faire. Pour estimer si le changement des habitudes des pêcheurs de loisir qui en découle a un effet sur les statistiques de pêche, on procèdera de la manière suivante: D'une part, les statistiques concernant les prises des pêcheurs de loisir seront complétées autant que possible par des données sur le nombre journalier de prises (projet «Exploitation de détail des statistiques de pêche»); d'autre part, un projet appelé «Enquête sur le comportement des pêcheurs de loisir» a été confié à Hans-Joachim Mosler (Institut de psychologie sociale, Université de Zurich).

Les recherches présentées brièvement ici contribueront à remplir nos engagements tels qu'ils ont été nommés dans le plan de travail (tableau 4) et énumérés dans la contribution de Peter Dollenmeier présentée ci-dessus (tableau 2, page 35).

Perspectives

Sur notre page internet www.fischnetz.ch, vous trouverez des informations actuelles sur tous les aspects du projet «Fischnetz» ainsi que les projets particuliers prévus.

Dans le prochain numéro, nous vous présenterons les résultats de la conférence des directeurs et directrices de projets particuliers ainsi que sur les discussions d'experts qui auront eu lieu jusque là.

Agenda

La prochaine **conférence des directeurs et directrices de projets particuliers** se tiendra cet automne à Olten (Buffet de la gare) le:

► vendredi 27 octobre 2000 de 9 h à 16.30 h.

La conférence sera conduite comme un séminaire de méthodologique. Son but est de favoriser l'échange entre les participants pour se mettre d'accord sur différentes méthodes importantes pour le «Fischnetz». Les thèmes suivants sont au programme:

- Méthodes de pêche à but expérimental
- Méthodes analytiques chimiques
- Méthodes de tests ichtyotoxicologiques

Cours de formation continue de l'EAWAG en rapport avec le «Fischnetz» (renseignements: EAWAG, Herbert Güttinger, téléphone 01-823 50 23, herbert.guettinger@eawag.ch ou www.eawag.ch/events):

15–17 novembre 2000

Les poissons dans les lacs et cours d'eau suisses

6–8 mars 2001

Evaluation des polluants