

Äschensterben im Inn (Kt. Graubünden)

Situationsanalyse und Vorschläge zu einem weiteren Vorgehen
Ein Teilprojekt des Fischnetz (00/22)

Daniel Bernet und Patricia Holm

Bern/Dübendorf, im Dezember 2000

Dank

Die Autoren danken M. Lanfranchi (Amt für Umwelt Graubünden) sowie G. Ackermann, Dr. G. Brosi, T. Klucker und P. Pitsch (alle Jagd- und Fischereinspektorat Graubünden) herzlich für die Beschaffung der Daten und die Exkursion vor Ort.

Prof. Helmut Segner und Dr. Thomas Wahli (beide Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin, Uni Bern) lieferten hilfreiche Diskussionsbeiträge.

Dr. Joachim Guthruf gab wertvolle Auskünfte zu Fragen, die sich zur Populationsbiologie der Äsche stellten.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Auftragserteilung und Ausgangslage	4
2. Unterlagen	4
3. Situationsbeschreibung	5
3.1. Inn	5
3.2. Äschen	8
4. Äschensterben	10
4.1. Beschreibung	10
4.2. mögliche Gründe	15
4.2.1. Infektionskrankheiten	15
4.2.2. Ungeeignete Umweltbedingungen	16
4.2.3. Laichstress	21
4.2.4. Bestandesdichten	21
4.2.5. Zusammenfassende Hypothesen für die Äschenproblematik	23
5. Massnahmen und Vorgehensvorschlag zur Abklärung des Äschensterbens	24
6. Anhang	27

Zusammenfassung

Die Äschenpopulation im Inn gilt als die am höchsten gelegene Europas und ist dank ihrer Populationsstärke und ihrer selbsterhaltenden Reproduktionsfähigkeit von nationaler Bedeutung. Das jährliche Auftreten von toten und moribunden Äschen an Rechen von Kraftwerken und beim Dücker in Samedan gibt jedoch Anlass zur Besorgnis. Die vorliegende Arbeit analysiert und beurteilt die vorhandene Datenlage des Äschensterbens, diskutiert mögliche Ursachen und nennt Vorschläge und Massnahmen zur Ursachenevaluation.

Tote und moribunde Tiere werden in gehäuftem Ausmass an zwei Stellen angeschwemmt: am Rechen des Inn-Dücker bei Samedan und beim Rechen der Innfassung der Engadiner Elektrizitätswerke in S-chanf. Bei den angeschwemmten Tiere handelt es sich vorwiegend um Äschen. Bachforellen werden im Vergleich zu den Äschen nur wenige angeschwemmt. Das Sterben beginnt in der Regel Ende April und erreicht in der zweiten Mai-Hälfte seinen Höhepunkt. Die angeschwemmten Tiere sind meist moribund und bleiben durch die Strömung verdriftet an den Rechen hängen. Das Datenmaterial der gezählten toten oder moribunden Fische ist daher selektiv, da grössere Tiere mit einer grösseren Wahrscheinlichkeit an den Rechen hängen bleiben als kleinere. Die Zahl der angeschwemmten Fische widerspiegelt somit nicht zwangsläufig die Ereignisse, die sich in der Population abspielen. Daher wird bei den empfohlenen Massnahmen wiederholt Gewicht auf populationsbiologische Untersuchung der Äschenpopulation im Inn gelegt.

Nach Aussagen des Fischereiaufsehers T. Klucker wurden verendende Äschen bereits in den 70er Jahren festgestellt. Die angeschwemmten Fische werden jedoch in S-chanf erst seit 1975 und beim Inn-Dücker in Samedan seit 1983 erfasst. In S-chanf starben bis heute jährlich 200-1500 Äschen und 10-170 Bachforellen. 24-32 cm lange Tiere waren anzahlmässig am meisten betroffen. Im zeitlichen Ablauf des Sterbens werden grössere Tiere vor allem Mitte Mai angespült, zu dieser Zeit gehen am meisten Tiere pro Tag ein. In Samedan wurden bis 1990 jährlich 500 bis 1400 tote Fische gezählt. Nach 1990 wurden an diesem Standort nur noch vereinzelte sterbende Fische festgestellt.

Die Ursachen des Sterbens können nicht eindeutig identifiziert werden. Die Saisonalität sowie die Tatsache, dass vorwiegend Äschen sterben, lässt einen Zusammenhang mit der Laichperiode der Äschen erahnen. Die Wanderungen zu den Laichplätzen, die Besetzung und Verteidigung von Territorien an den Laichplätzen, hormonelle Umstellungen, die Bildung von Fortpflanzungsprodukten sowie der Laichvorgang selbst, bedeuten für Fische grossen Stress. So verendet in der Laichperiode ein bestimmter Anteil von Fischen "natürlicherweise", geschwächt oder verletzt vom Laichgeschäft. Häufig kommt es zu Verpilzungen, an denen die Fische eingehen. Der hohe Bestand verursacht möglicherweise Dichtestress. Ohne die exakten populationsdynamischen Gegebenheiten der Äschen im Inn zu kennen, ist jedoch zu vermuten, dass das Ausmass des jährlichen Sterbens den "natürlichen Abgang" beim Laichvorgang übertrifft.

Faktoren, die die Sterblichkeit der Äschen zur Laichzeit verstärken können, sind die hydrologischen und abwassertechnischen Gegebenheit in diesem Innabschnitt, sowie die hohen Bestandesdichten der Äschen im Inn:

- Der Inn ist im betroffenen Abschnitt geprägt von starkem Schwall/Sunk-Betrieb bzw. von Restwasserdotationen der Elektrizitätswerke St. Moritz und S-chanf. In der Winterperiode zwischen Oktober und Mai produziert das Elektrizitätswerk St. Moritz Strom zu den Zeiten des grössten Verbrauchs. Dies bewirkt auf der Innstrecke zwischen St. Moritz und S-chanf einen Schwall/Sunk-Betrieb mit ausgeprägter Amplitude (Q_{\min} : 0.4 m³/s; Q_{\max} : 11 m³/s). Die Fische sind dabei einerseits einem erhöhten Risiko ausgesetzt, bei Schwallereignissen verdriftet und verletzt zu werden (anschliessende Verpilzungsgefahr). Andererseits werden bei Sunkphasen die eingeleiteten geklärten Abwässer der ARAs Staz und Sax nur ungenügend verdünnt.
- In den Wintermonaten fällt durch die touristisch voll ausgelasteten Fremdenverkehrsorte eine grosse Abwassermenge an. Die starken zeitlichen Belastungsschwankungen durch den Tourismus beeinträchtigen die Klärleistung der ARAs nachweislich. Zudem behindern im Winter die niedrigen Temperaturen im Engadin die Klärprozesse. Da die ARAs nicht mit Nitrifikations- und Denitrifikationsstufen ausgerüstet sind, kommt es vor allem zu hohen Emissionswerten von Stickstoffparametern. Diese unglückliche Konstellation des erhöhten Abwasseranteils und der behinderten Klärleistung mit dem Schwall/Sunk-Betrieb des Elektrizitätswerk St. Moritz im Inn, der als Vorfluter dient, führt bei Sunkphasen zu Konzentrationen der fischtoxischen Stickstoffverbindung Ammonium/Ammoniak, die für Salmoniden nur knapp unterhalb der akuten Toxizität liegen. Durch den Schwall/Sunkbetrieb des EW St. Moritz werden die geklärten Abwässer der ARA Staz unterschiedlich verdünnt, so dass sich die Stickstoffkonzentrationen täglich mehrmals ändern. Dies verhindert eine Adaptation der Fische an hohe Ammonium/Ammoniak Konzentrationen. Die Umleitung des geklärten Abwassers zu einer Einleitestelle unterhalb der Flazmündung im Jahre 1994 hat zwar zu einer gewässerchemischen Entlastung der Innauen und der Innstrecke zwischen ARA Staz und Einmündung Flaz geführt, doch die Belastung des Inns unterhalb der Mündung des Flaz ist auch heute nach wie vor gegeben. Die flussabwärts einleitenden Kläranlagen Sax und Furnatsch führen dabei zu einer neuerlichen Aufdotierung der Abwasserkonzentrationen im Inn, deren Bilanzierung jedoch bedingt durch fehlende neuere Messungen schwierig ist.

Die Äschen sterben jedoch nicht in der Winterperiode, wenn im Inn die fischtoxischen Stickstoffparameter Ammonium/Ammoniak und Nitrit am höchsten sind. Das Sterben beginnt Ende April, wenn das EW St. Moritz durch die einsetzende Schneeschmelze auf Vollbetrieb umstellt und die Stickstoffparameter im Inn durch die bessere Verdünnung von ihren Höchstkonzentrationen weit entfernt sind. Laichstress, steigende Wassertemperaturen, die eine Aktivitätssteigerung der Fische und eine allgemeine Toxizitätserhöhung der Schadstoffe bewirkt, sowie die einsetzende Schneeschmelze, die durch den hohen Anteil an Schwebstoffen im Wasser die Kiemenfunktionen der Fische behindert, könnten den chronischen Stress der Äschen im Winter derart verstärken, dass es zu einer erhöhten Mortalität kommt.
- Die Populationsstärke der Äsche im Inn ist aussergewöhnlich hoch. Die Äsche findet in Abschnitten des Inns hervorragende Habitate vor. Es ist denkbar, dass bei einem limitierten Angebot an geeigneten Laichplätzen die innerartliche Konkurrenz beim Kampf um die Laichplätze zu einem grösseren Verlust führt, als dies bei Äschenpopulationen in anderen Fliessgewässern die Regel ist.

Massnahmen, die zur Klärung der Ursachen für das jährliche Fischsterben im Inn beitragen, basieren auf (1) pathologischen Untersuchung der angeschwemmten Äschen (Geschlecht, Laichreife, Alter, Krankheiten), (2) Populationsuntersuchungen der Äsche im Inn (Dichte, Altersaufbau, Wachstum, Eintritt in die Geschlechtsreife, Laichplätze, Laichwanderungen), (3) Kontrolle der bekannten Laichplätze zur Laichzeit zur Feststellung von sterbenden Äschen, (4) Wasseranalysen des Innwassers (v.a. bezüglich der fischtoxischen Stickstoffverbindungen Ammoniak und Nitrit), sowie (5) der Dokumentation von Abwassermengen, Stoffkonzentrationen und -frachten der ARAs.

1. Auftragserteilung und Ausgangslage

Bei der sich selbst erhaltenden Äschenpopulation im Inn handelt es sich um die am höchsten gelegene in Europa. Sie ist gemäss BUWAL-Bericht [17] von nationaler Bedeutung. Seit Jahren werden im Inn tote Fische beobachtet. Betroffen sind v.a. Äschen und in geringerem Ausmass Bachforellen. Die Tiere werden an Rechen von Kraftwerken und beim Dücker im Inn-Altlauf Cristansains bei Celerina angeschwemmt. Angesichts des Ausmasses der jährlichen Mortalität und der grossen Bedeutung und Einzigartigkeit der Äschenpopulation besteht Handlungsbedarf zur Abklärung der Ursachen des jährlichen Fischsterbens.

Die EAWAG, vertreten durch die Projektleitung Fischnetz, wurde am 15. Juni 2000 per Vertrag vom Kanton Graubünden, vertreten durch das Amt für Umweltschutz beauftragt, anhand des vorhandenen Materials zur Abklärung des Äschensterbens im Inn, Oberengadin, eine Vorstudie durchzuführen.

Der Auftrag umfasst folgende Aufgaben:

- Darstellung und Analyse des jährlichen Äschensterbens
- Beurteilung der vorhandenen Datenlage
- Vorschläge für Massnahmen bzw. Projekte zur Problemlösung, inkl. Priorisierung und grobe Kostenabschätzung

2. Unterlagen

Für den vorliegenden Bericht wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- [1] Oswald, R. (1979): Untersuchung der Äschen und ihres Biotopes 1977-1978, Ort: Samedan-Celerina
- [2] Züllig, H. (1982): Die Entwicklung von St. Moritz zum Kurort im Spiegel der Sedimente des St. Moritzersees; wasser, energie, luft 7/8, 177-183.
- [3] Wasmer, H. (1984): Fischsterben im Gebiet Celerina-Samedan, Schreiben EAWAG vom 10.9.1984 an Fischereiverein Oberengadin.
- [4] Müller, R. (1985): Gutachtliche Stellungnahme zu den möglichen Sanierungsmassnahmen für den Inn und die Innauen Cristansains und Gravatscha, EAWAG Juni 1985, im Auftrag Gemeinderat Samedan.
- [5] Rütter-Fischbacher, U. (1987): Gewässersanierung des Inns im Raume Celerina-Bever und der Innauen Cristansains und Gravatscha, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [6] Rütter-Fischbacher, U. (1988): Untersuchung der Vorfluterhältnisse der Kläranlage Sax, Samedan-Bever, vom 1. März - 8. März 1987, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [7] envico AG (1992): Vorarbeiten zu einer Gewässerstudie für das Oberengadin, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [8] Limnex AG (1994a): Untersuchungen am Inn bei Celerina im Zusammenhang mit der Ableitung des gereinigten Abwassers aus der ARA Staz, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [9] Limnex AG (1994b): Untersuchungen am Inn bei Celerina im Zusammenhang mit der Konzessionserneuerung des Elektrizitätswerkes St. Moritz, im Auftrag Elektrizitätswerk St. Moritz.
- [10] Limnex AG (1994c): Biologischer Zustand des Inns und der angrenzenden Innaltläufe (Cristansains) im Jahre 1992, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [11] Limnex AG (1994d): Gewässerzustand und Gewässerschutzmassnahmen im Oberengadin, im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [12] Lanfranchi, M. (1994): Untersuchungen an den Oberflächengewässern des Oberengadins, Limnologische Berichte Donau 1994, Band II: 19-43.
- [13] Marrer, H. (1994): Inn bei Celerina. Bericht über die fischereiliche Abklärungen. In: Untersuchungen am Inn bei Celerina im Zusammenhang mit der Konzessionserneuerung des Elektrizitätswerkes St. Moritz. Limnex AG, im Auftrag Elektrizitätswerk St. Moritz.

- [14] Marrer, H. (1995): Zusatzuntersuchungen am Inn bei Celerina im Winter 1994/95. Im Auftrag des Elektrizitätswerk St. Moritz und des AfU Kt. Graubünden.
- [15] Amt für Umweltschutz (1995): Oberflächengewässer des Oberengadins, Synthesebericht über den Zustand und die Gewässerschutzmassnahmen.
- [16] Limnex AG (1997): Erfolgskontrolle im Inn und den angrenzenden Innaltläufen (Cristansains) nach Inbetriebnahme des Ableitungskanals der ARA Staz. im Auftrag AfU Kt. Graubünden.
- [17] Guthruf, J., Breitenstein, M., Kirchhofer, A. & Hefli, D.: Der Inn. In: Äschenschutzgebiete von nationaler Bedeutung. Mitteilungen zur Fischerei, BUWAL, in Vorbereitung.
- [18] Statistiken über tot aufgefundene Fische in S-chanf (1976-2000) bzw. Samedan (1983), Jagd- und Fischereinspektorat.
- [19] Sektionsberichte der Nationalen Fischuntersuchungsstelle (NAFUS) des Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin (FiWi) über die untersuchten Äschen.
- [20] Gewässerschutzverordnung (1998): SR 814.201. AS 1998 2863.
- [21] Alabster, J.S. & Lloyd, R. (1982): Water Quality Criteria for Freshwater Fish. 2. Edition. Butterworths, Cambridge.
- [22] Baars, M., Born, O., Stein, H. (2000): Charakterisierung der Äschenbestände in Bayern. Landesfischereiverband Bayern e.V., München.
- [23] Schweizerischen Landeshydrologie (1999): Messwerte der NADUF-Station S-chanf des Jahres 1999.
- [24] Russo, R.C. (1980): Recent advances in the study of nitrite toxicity to fishes. In: Proceedings of the Third USA-USSR Symposium on the Effects of Pollutants upon Aquatic Ecosystems, July 2-6, 1979, Borok, Jaroslavl Oblast, USSR.
- [25] Ebel, G. (2000): Habitatsansprüche und Verhaltensmuster der Äsche *Thymallus thymallus*. Halle (Saale). 64 S.
- [26] Jungwirth, M. & Wiesbauer, H. (1990): Ökologie des aquatischen Lebensraumes. Teilgutachten 4 der Raum- und Umweltverträglichkeitsprüfung der Kraftwerksprojekte Obere Drau. Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 20: Landesplanung.
- [27] Guthruf, J. (1966): Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. Diss. ETH Nr. 11720, Zürich.
- [28] Persat, H. (1988): De la biologie des populations de l'ombre commun à la dynamique des communautés dans un hydrosystème luvial aménagé, Le Haut-Rhône français. Thèse. Université Claude Bernard, Lyon.
- [29] Jungwirth, M., Schmutz, S., Waidbacher, H. (1989): Fischökologische Fallstudie Inn. – Fischerei-Revierausschuss Innsbruck Stadt und Land, Innsbruck.
- [30] Wiesbauer, H., Bauer, T., Jagsch, A., Jungwirth, M., Uiblein, F. (1991): Fischökologische Studie mittlere Salzach. – Abteilung Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur. Institut für Wasserversorgung, Gewässergüte und Fischereiwirtschaft. Universität für Bodenkultur, Wien. Bundesanstalt für Fischereiwirtschaft, Scharfling.

3. Situationsbeschreibung

Der morpho-hydrologische und gewässerökologische Zustand des Inns im Engadin inklusive Oberengadiner Seen [5-12, 15], sowie die fischereibiologische Situation [13, 14, 17] sind in mehreren Berichten detailliert beschrieben. Im folgenden soll die Situation für ein besseres Verständnis des Sachverhaltes kurz skizziert werden.

3.1. Inn

MORPHOLOGIE: Seit Beginn des 20. Jh. wurden weite Strecken des Inns im Engadin hochwassersicher verbaut. An wenigen Stellen haben sich kleine Fragmente des ehemaligen Auensystems des Inns erhalten. Das System, das sich u.a. aus den unverbauten, gewundenen Altläufen Cristansains (zwischen Celerina und Samedan) und Gravatscha (zwischen Samedan und La Punt) zusammensetzt, ist von grossem ökologischem (Rastplätze für Wasservögel, Vegetationstypen, Fischrefugium) und landschaftlichem Wert und wurde ins BLN- und Aueninventar aufgenommen.

HYDROLOGIE: Die natürlichen Abflussverhältnisse des Inns lassen sich nur noch anhand von Aufzeichnungen der eidg. hydrometrischen Station in Inn-St. Moritzbad aus den Jahren 1907 – 1945 erahnen. Das natürliche Abflussregime war stark geprägt durch die Schneeschmelze mit Maxima im Sommer (Juni-August). Der mittlere Jahresabfluss betrug damals bei der Station St. Moritz 5.86 m³/s. Heute ist der ganze Innlauf geprägt von Wasserkraft-

nutzungen. Kaum ein Abschnitt der nicht mit Restwassermengen dotiert, durch Schwall/Sunk-Betrieb beeinflusst ist, oder im Rückstau von Seen steht. Entsprechend der hydrologischen Nutzung lässt sich die vom Fischsterben betroffene Innstrecke in vier Abschnitte gliedern:

1. Der obere Abschnitt ist die Charnadüra-Schlucht. Die Schlucht beginnt beim Ausfluss St. Moritz See, wo die Wassermassen des Inns durch einen Stollen abgeleitet werden, und endet bei der Zentrale Isas bei Celerina, wo das abgeleitete Innwasser dem Inn wieder zugeleitet wird. Auf einer Länge von 1.2 km ist ein Gefälle von 3.5 bis 7% vorhanden. Für die Charnadüra-Schlucht besteht keine ganzjährige Dotierungspflicht. Bis 1992 wurde der Abschnitt zur Aufrechterhaltung des Fischpasses im Sommerhalbjahr mit ca. 95 l/s dotiert. Aufgrund eines Übergangsbeschlusses zur Konzessionserneuerung des EW St. Moritz besteht seit einigen Jahren eine Dotierungspflicht für die Charnadüra-Schlucht von 75 l/s. Bei Starkabflüssen (Hochwassersituationen) wird die Dotationsmenge durch Wasser vom Überlauf über das Wehr ergänzt.
2. Der zweite Abschnitt ist die Flachstrecke des Inns (2.8 km) zwischen Zentrale Isas (Wasserrückgabe des EW St. Moritz) und Einmündung des Flaz (Nebenbach des Inns). Der Abfluss in der Flachstrecke wird durch die Stromproduktion des EW St. Moritz bestimmt. Während in den Monaten Mai bis September der Betrieb weitgehend einem reinen Laufkraftwerk entspricht, ist die Flachstrecke in den Monaten Oktober bis Ende April durch den Schwall/Sunk-Betrieb des EW St. Moritz beeinflusst, da in dieser Zeit der Strom nur in den Spitzenlastzeiten produziert wird. Am Vor- und Nachmittag tritt während einiger Stunden ein Maximalschwall von 9-11 m³/s auf, der anschliessend von einem Sunk-Zustand gefolgt wird (Minimaldotierung aufgrund des Übergangsbeschlusses zur Konzessionserneuerung bei 0.55 m³/s; davor bei 0.4 – 0.5 m³/s). Das Verhältnis der Abflüsse zwischen Maximalschwall- und Sunkzustand beträgt 23:1 bis 26:1. Die Auswirkungen dieses Schwall/Sunkbetriebs auf die Lebensgemeinschaft im Inn inklusive der im Rahmen der Konzessionserneuerung des EW St. Moritz von 1992 vom Regierungsrat des Kantons Graubünden in Auftrag gegebenen Empfehlungen zu den Dotierwassermengen sind detailliert beschrieben [9, 13, 14].
Kurz vor der Flazmündung wird durch einen Durchlass im Damm der Flachstrecke das Auengebiet Cristansains mit Innwasser gespiesen (Abfluss 0.3-0.5 m³/s). Das Wasser des Cristansains wird bei Celerina beim Inn-Dücker unter dem Bett des Inns durchgeleitet und speist so anschliessend die Gravatschaseen.
3. Der mittlere Abschnitt von Samedan bis S-chanf ist vorwiegend kanalartig und mit Steinblöcken und Mauern befestigt, teilweise aber auch naturnah verbaut. Der Abfluss dieser Strecke ist in abgeschwächtem Masse beeinträchtigt durch den Schwall/Sunkbetrieb des EW St. Moritz sowie durch die Zuflüsse Flaz, Beverin und Ova Chamuera.
4. Bei S-chanf wird das Innwasser für die Engadiner Kraftwerke gefasst und in den Ova Spin Stausee abgeleitet. Der untere Abschnitt von S-chanf flussabwärts bis Zernez ist daher dotiert mit Restwasser (1. Oktober bis 15. Mai: 0.8 m³/s; die restlichen Monate 3 m³/s). Nach einer Schluchtpassage schliesst flussabwärts eine ca. 3 km lange Strecke (Punt Nova bis Einlauf Spöl) an, die seit 1986 als Schonstrecke ausgewiesen ist.

TEMPERATUR: Systematisch wurden Daten nur bei S-chanf (LHG) erhoben. Durchschnittlich lag die Temperatur bei 4.8°C (1981-1998) mit Maxima von 14.1°C (August). Nach Aussagen von Marrer ist die mittlere Jahrestempe-

ratur im Inn im Bereich Celerina um ca. 2°C wärmer, da dieser Abschnitt nicht durch den Zufluss des Kaltwasser führenden Flaz beeinflusst ist, und weil im Oberlauf des Inns sich das Wasser in den Oberengadiner Seen erwärmt [13]. Oberengadiner Seen und manchmal auch die Fließgewässer weisen im Winter eine starke Eisbildung auf.

ARAs: In die vom Fischsterben betroffenen Abschnitte des Inns leiten 3 Kläranlagen ihre geklärten Abwässer ein. Alle drei Anlagen sind mit einem Belebtschlammverfahren mit Phosphorelimination ausgestattet, verfügen jedoch über keine eigentlichen Nitrifikations- und Denitrifikationsverfahren. Insbesondere im Winter, wenn die Nitrifikationsprozesse durch die tiefen Temperaturen im Engadin praktisch verunmöglicht werden, und es zu einem unglücklichen Zusammenspiel von grossen Abwasser- (Tourismus) und kleinen Abflussmengen im Fluss kommt, sind die Stickstoff- und vermutlich auch die Phosphorkonzentrationen im Inn ungenügend.

- Die ARA Staz (Inbetriebnahme 1971) bei Celerina leitete bis 1994 das geklärte Abwasser in die vom Schwall/Sunk beeinflusste Flachstrecke des Inn, wo es im Winter bei Niedrigwasser und v.a. während der Sunkphase nur ungenügend verdünnt wurde (Verdünnung: rund 45%). Durch die hohen Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen bildeten sich massive Grünalgenteppeiche und eine starke Verkrautung. Seit November 1994 wird das Abwasser der ARA Staz durch einen ca. 1.7 km langen Kanal erst beim Zusammenfluss des Flaz mit dem Inn eingeleitet. Damit wird eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität und eine Verminderung des Algenbewuchses in der Flachstrecke und in den beiden Innallläufen Cristansains und Gravatscha erreicht. Im Inn unterhalb der Flazmündung werden die Qualitätsziele gemäss der Verordnung über die Einleitung von Abwasser durch die Einleitung der umgeleiteten Abwässer der ARA Staz v.a. im Winter und beeinflusst durch den Sunkbetrieb des EW St. Moritz bei weitem nicht erreicht.
- Auf der Höhe von Bever steht die ARA Sax (Inbetriebnahme 1983). Bis Ende 1992 wurde das gereinigte Abwasser aus dieser Anlage noch in das Innalllaufsystem von Isla Glischa eingeleitet und führte dort zu einer starken Eutrophierung und Verschmutzung (Verdünnung 1987: 1:4 bis 1:33). Heute entwässert sie in den Inn. Die Abbauleistungen der Anlage haben sich im Vergleich zu früher stark gebessert. Ein bedeutender Teil des anfallenden Abwassers ist Sickerwasser der Kehrrechtdeponie Bever.
- Die ARA Furnatsch (Inbetriebnahme: 1980) leitet ihre Abwässer unterhalb von S-chanf in die Restwasserstrecke des Inns unterhalb der Fassung für die Engadiner Kraftwerke. Der Anteil dieser ARA an den Nährstofffrachten in der Restwasserstrecke unterhalb S-chanf betragen heute 10% bei Nitrat, 70% beim Ammonium und Ortho-Phosphat und 60% beim Gesamt-Phosphor.

Weitere Emittenten von Nährstoffen und chemischen Verbindungen sind Deponien (z.B. alte, zugeschüttete Deponie bei Samedan, Deponie Bever (seit einigen Jahren werden die Sickerwasser der Deponie in einem Rohrsystem der ARA Sax zugeleitet und geklärt), Landwirtschaft (z.B. aus dem Gebiet Champagna und Chuo) und der Flugplatz Samedan, von dem ungereinigte Abwässer ins Innsystem gelangen. Im Vergleich zu den Emissionen aus den Kläranlagen dürften jedoch diese Einträge für die Bilanzierung der Schadstoffe im Inn von untergeordneter Bedeutung sein [4, 5].

FISCHDURCHGÄNGIGKEIT: In der Innstrecke zwischen St. Moritz und S-chanf bestehen für die Fische Migrationsbarrieren beim EW St. Moritz in der Charnadüra-Schlucht und bei der Kraftwerk-Wasserfassung in S-chanf. An beiden Stellen wurden zur Aufrechterhaltung der Fischwanderungen Fischpässe gebaut. Während der Fischpass bei S-chanf nachgewiesenermassen funktioniert, ist die Charnadüra-Schlucht für Fische nicht mehr passierbar. Die Aufstiegshilfen in der Charnadüra-Schlucht bestehen aus einem Fischpass beim Wehr (Erstellung in den 30 Jahren beim Bau des EW), dessen Funktionalität anscheinend nie nachgewiesen werden konnte, und einem Fischpass im unteren Teil der Charnadüra Schlucht, der infolge herunterfallendem Geschiebe oft verstopft im Jahre 1999 kurzerhand zugemauert wurde. Der Faunenaustausch zwischen St. Moritzer See und Inn wird heute durch Transport von Tieren durch den Fischereiaufseher T. Klucker aufrechterhalten.

EUTROPHIERUNG: Anhand von Bohrkernschnitten des Sedimentes des St. Moritzer Sees kann die Zeit der Eutrophierungsphase der Oberengadiner Seen relativ zuverlässig nachgewiesen werden [2]. Der vor der Jahrhundertwende im 19.Jh noch oligotrophe See wurde im Zuge der touristischen Erschliessung des Ortes St. Moritz zwischen 1910 und 1920 durch die Einleitung von Nährstoffen aus Hotels eutrophiert, so dass Faulschlammbildungen in dieser Zeit zum ersten Mal auf Sauerstoffschwund am Seeboden hinweisen. Die Eutrophierung erreichte 1975 ein Maximum. Seit Beginn der 70er Jahre werden Abwässer in Kläranlagen geklärt. 1976 trat eine deutliche Besserung der Wasserqualität ein. Doch die Situation stagniert seitdem und die eutrophe Situation im St. Moritzer See ist immer noch charakterisiert durch hohe Nährstoff- und tiefe Sauerstoffverhältnisse. Die Oberengadiner Seen reagieren auf den anthropogenen Nährstoffeintrag und die damit verbundenen Sauerstoffzehrung besonders empfindlich, weil der Sauerstoffeintrag ins Gewässer bedingt durch klimatische und geologische Verhältnisse natürlicherweise erschwert ist: 1. Durch die lange Eisbedeckung wird die Winterstagnation auf Kosten der Zirkulationsperiode im Frühling verlängert. 2. Zu Beginn der Stagnationsperiode ist der Sauerstoffvorrat durch ein kleines Hypolimnion im St. Moritzer und im Champfärer See beschränkt und 3. erschwert im St. Moritzer See ein durch im Wasser gelösten Gips bestehender Dichtegradient die Vollzirkulation [12].

Durch die Einleitung von geklärtem Abwasser aus Kläranlagen kam es in der Bucht von Maloja und im Lej Giazöl zu einer Zunahme von Makrophyten sowie einer Massenentwicklung von Algen im Gravatschasee. Die Situation hat sich heute in den Innaltwasserläufen insofern gebessert, dass die Nährstoffeinträge in die beiden Altwasserarme Cristansains und Gravatscha durch die Umleitung des geklärten Abwassers der ARA Staz seit 1994 unterbunden ist.

3.2. Äschen

Im Inn und seinen Altwasserläufen Cristansains und Gravatscha existiert die am höchsten gelegene Äschenpopulation Europas. Die ältesten Quellen über Äschen im Engadin reichen ins Ende des 19.Jh. zurück. Das Verbreitungsgebiet beschränkte sich jedoch auf das Unterengadin. Da bei Ftan ein natürlicher Wasserfall eine Verbreitung der Äschen vom Unter- ins Oberengadin verhindert haben dürfte, muss von einem künstlichen Besatz mit Äschen im Oberengadin ausgegangen werden. Die ersten schriftlichen Hinweise finden sich in den Akten des Fischereivereins Graubünden: 1944/45 wurden Äschen im Champfärer- und im St. Moritzersee, sowie in den Brattasbach und in die Nebengewässer bei Samedan eingesetzt. In der Schweizerischen Fischereizeitung

wird die Äsche im Oberengadin erstmals in den 50er Jahren erwähnt. Nach Angaben des Fischereiaufsehers Anton Klucker hat sein Grossvater jedoch bereits vor dem 2. Weltkrieg Äschen im Oberengadin gefangen. Der Äschen-Besatz im Oberengadin dürfte daher schon vor den ersten schriftlichen Erwähnungen stattgefunden haben.

Die Äschen besiedeln heute die gesamte Innstrecke und die Oberengadiner Seen. Seit einigen Jahren werden sie sogar im Silsersee und zur Laichablage in dessen Zuflüssen festgestellt. Die wichtigsten Habitate für die Äschen befinden sich jedoch in der Flachstrecke zwischen Celerina und Samedan und im Innaltaufsystem mit Cristansains und Gravatscha. Die heute zur Verfügung stehenden populationsbiologischen Daten beziehen sich daher vorwiegend auf Untersuchungen an diesen Standorten. Sowohl im nationalen als auch internationalen Vergleich werden an diesen Standorten mit Biomassen von 181 kg/ha Höchstdichten an Äschen erreicht (Tab.1). Nur Flüsse wie Drau und Mur, die im Vergleich zum Inn aber auch grösser sind, beherbergen noch grössere Äschenpopulationen.

Tab.1: Populationsdichte der Äschen in einigen ausgewählten Schweizer Flüssen und in Gewässern benachbarter Länder

Gewässer	Abfluss [m ³ /s]	Breite [m]	Anzahl [Ind/ha]	Biomasse [kg/ha]	Bemerkungen	Referenz
<u>Schweiz</u>						
Inn (GR)	2-11	20	535	181		[13]
Glâne (FR)	-	-	75-208	7-16		[27]
Giesse (BE)	-	10	284-305	47-72		[27]
Aare (Thun, BE)	50-250	-	140	110	Laichstelle; nur Tiere > 40 cm gezählt	[27]
<u>Frankreich</u>						
Ain	-	-	-	12-13	Nebengewässer des Ain	[28]
<u>Österreich</u>						
Inn (Innsbruck)	-	-	50	41		[29]
Salzach I	-	-	155	52	Forellenregion	[30]
Salzach II	-	-	47	12	Äschenregion	[30]
Drau	-	42-70	478	403		[25]
Mur	-	35	30-1960	100-700		[25]

Der Äschenanteil am Gesamtfischbestand beträgt in der Flachstrecke zwischen Celerina und Samedan bis 75%. Die Strecken sind bei den Fischern als erfolgsversprechende Äschenstrecken weit herum bekannt. Das Altwassersystem Cristansains und Gravatscha stellt einen bedeutenden Lebensraum und ein geeignetes Laichgewässer (Laichplätze zwischen Inn-Dücker und Gravatscha) für eine grosse Äschenpopulation dar. Nach Marrer [14] sind diese für Jungäschen ideale Altwässer für die Bestandesrekutierung der Innabschnitte sehr wertvoll. Im Vergleich zu den 80er Jahren ist jedoch heute nach Aussagen von G. Ackermann, Jagd- und Fischereiverwaltung Graubünden und Fischereiaufseher Anton Klucker, eine deutliche Abnahme des Äschenbestandes zu verzeichnen. A. Klucker vermutet, dass dies zumindest teilweise mit der zunehmenden Verlandung insbesondere in den obersten Gewässerabschnitten zusammenhängen könnte. Während früher die Äschen auch in Cristansains gelaiht haben, scheint dies heute weniger oder kaum mehr der Fall zu sein. Jungfische können durch das Aus-

laufbauwerk vom Inn eingeschwemmt werden. Eine Zuwanderung von Gravatscha von unten her durch den Dücker kann ausgeschlossen werden. Im Gebiet Gravatschasee dominiert die Bachforelle. Die Äschenbestand scheint in den letzten Jahre jedoch anzuwachsen. Über den Äschenbestand im mittleren Abschnitt von Samedan bis S-chanf ist quantitativ wenig bekannt. Im unteren Abschnitt zwischen S-chanf und Zernez wird eine Schonstrecke zur Laichgewinnung bei Bachforellen einmal jährlich abgefischt. Auf einer Strecke von 3 km (Punt Nova bis Einfluss Spöl) werden nach Angaben des Fischereiaufsehers P. Pitsch jeweils ca. 4000 Fische gezählt, wovon ein bedeutender Anteil von Äschen gebildet wird. Markierungsexperimente an Bachforellenrognern ergaben über eine Zeitspanne von 4 Jahren eine erstaunlich hohe Wiederfangrate für die Bachforellen von 35 bis 40%. Dies ist ein Indiz, dass in diesem Abschnitt die Mortalität der Bachforellen nicht gross sein kann. Angaben bei den Äschen fehlen indes.

Von 1969 bis 1989 wurden Äschen in geringem Ausmass besetzt. Seither wurde auf jeglichen Besatz verzichtet. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Population durch natürliche Reproduktion erhält [14]. Wichtige heute bekannte Laichplätze befinden sich in der Flachstrecke zwischen Celerina und Samedan, zwischen ARA Staz und Zentrale Islas, im Altlaufsystem zwischen Inn-Dücker und Gravatscha und beim Ausfluss des Champfèrersees. Kontrollen der Aufstiegshilfen beim Fischpass bei S-chanf haben gezeigt, dass eine bedeutende Laichwanderung von Äschen stattfindet. In den letzten drei Jahren wurden jeweils mehrere hundert aufsteigende Äschen gezählt. Die Laichwanderung beginnt jeweils Ende März und erreicht ihren Höhepunkt anfangs Mai. An den geeigneten Laichplätzen kommt es während der Laichperiode zu einer massiven Ansammlung von laichreifen Individuen, die um die besten Laichplätze konkurrenzieren.

4. Äschensterben

4.1. Beschreibung

ÖRTLICHES AUFTRETEN: Tote und verendende Fische konzentrieren sich an zwei Stellen: beim Inn-Dücker in Samedan und bei der Innfassung der Engadiner Elektrizitätswerke in S-chanf. Dort werden die Tiere durch die Strömung des Inns an Rechen angeschwemmt und bleiben hängen. Meldungen von verendenden Fischen an anderen Stellen des Innlaufes sind selten. Dies ist möglicherweise durch die beschränkte Zugänglichkeit zum Zeitpunkt des Haupt-Äschensterbens (schneebedeckte Ufer) bedingt. Neben den besagten zwei Rechen existiert ein weiterer in St. Moritz beim EW. Weil dort nur vereinzelte Fische angeschwemmt werden, existieren keine systematischen Zählungen. Die Situation beim Rechen in St. Moritz unterscheidet sich von denen beim Inn-Dücker und in S-chanf durch hydrologische und abwasserrelevante Unterschiede in der Fließstrecke sowie Bestandesunterschiede bei den Äschen:

- Der Rechen in St. Moritz ist keinem Schwall/Sunk-Betrieb unterworfen.
- Der Rechen befindet sich am Ausfluss eines Sees (St. Moritzersee), so dass sterbende Äschen eher absinken, als dass sie mit der Strömung mittreiben.

- Die flussaufwärts liegenden ARAs (Stampa, 3'000 EW₇₅; Sils I, 4'667 EW₇₅; Sils II, 600 EW₇₅; Silvaplana, 8'000 EW₇₅) entwässern orografisch gesehen in den oberen Bereichen der Oberengadiner Seen (Verdünnungseffekt) und sind bedeutend kleiner als die ARA Staz (66'667 EW₇₅).
- Kleinerer Äschenbestand (Erfahrungswerte durch Laichfischfang, Abfischungen und fischerlichem Ertrag)

Neuerdings werden auch Tiere in der Restwasserstrecke im Schluchtabschnitt nach S-chanf gemeldet. Nach Aussagen des Fischereiaufsehers P. Pitsch handelt es sich vorwiegend um Forellen im Herbst. Dieser Abschnitt dient der ARA Furnatsch (S-chanf) als Vorfluter. Ebenso werden nach Angaben von P. Pitsch in der Schonstrecke bei Punt Nova zwischen S-chanf und Zernez beim jährlichen Laichfischfang verpilzte Äschen beobachtet. Auffällig sei dabei, dass weniger verpilzte Individuen beobachtet werden können, wenn vor der Abfischung ein Hochwasserereignis stattgefunden hat.

Durch die Verdriftung der schwachen und toten Tiere sind die Abschnitte, wo die eigentliche Schwächung der Tiere vor sich geht, nicht genau zu lokalisieren. Es ist davon auszugehen, dass die Tiere beim Inn-Dücker in Samedan aus der Strecke Zentrale Islas bis Dücker und beim Rechen der Kraftwerk-Wasserfassung S-chanf aus der Strecke Samedan bis S-chanf stammen.

BESCHRIEB DER ANGESPÜLTEN TIERE: Bei den angeschwemmten Tieren handelt es sich vorwiegend um Äschen und einige Bachforellen. Vereinzelt werden auch Seesaiblinge und Regenbogenforellen angespült. Im Gegensatz zu Äschen und Bachforellen kommen jedoch die beiden letzteren Arten in diesen Innabschnitten nur in sehr kleinen Bestandesstärken vor [13]. Die Tiere sind teilweise tot, jedoch vorwiegend stark geschwächt, und unfähig, gegen die Strömung anzuschwimmen. Auffallend ist eine starke Verpilzung der Individuen auf Haut und Kiemen. Die Zählung angespülten Tiere an den beiden Standorten ermöglicht das Ausmass und das zeitliche Auftreten des Fischsterbens festzustellen. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass die erhobenen Daten an den Rechen durch die Selektivität der Rechen (grössere Fische bleiben mit grösserer Wahrscheinlichkeit hängen) die Ereignisse im Inn eventuell nur unvollkommen dokumentieren.

ANZAHL: Die verendenden Fische wurden beim Inn-Dücker in Samedan seit 1983 gezählt. Nach Aussagen von Fischereiaufseher T. Klucker werden seit den 70er Jahre tote Fische angespült, doch die Abgänge wurden nicht dokumentiert. Von 1983 bis 1990 wurden jährlich 500 bis 1400 tote Fische gezählt (Abb.1). Die angeschwemmten Fische wurden an

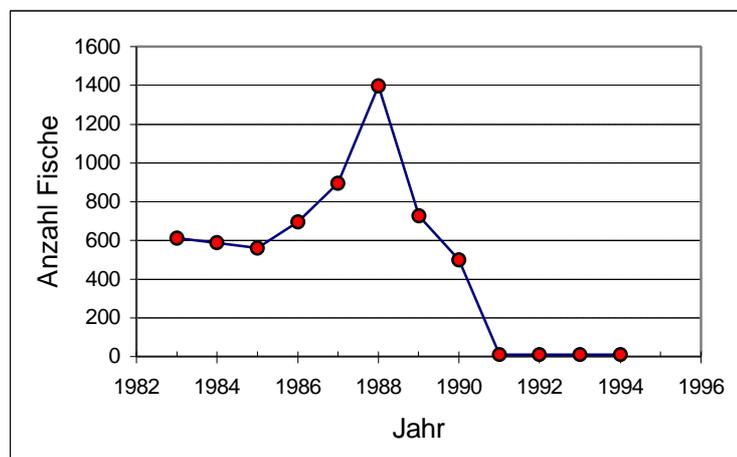


Abb.1: Angeschwemmte Fische beim Inn-Dücker in Samedan

dieser Stelle nicht nach Artzugehörigkeit erfasst. Nach Aussagen des Fischereiaufsehers T. Klucker waren es in Samedan mehrheitlich Äschen. 1991 bis 1994 wurden nur noch so wenige angeschwemmte Fische beobachtet, so dass diese nicht mehr dokumentiert wurden. Dies ist erstaunlich, weil die Umleitung von geklärtem Abwasser der ARA Staz in den Flazbach, die bis anhin als Ursache für die Verbesserung der Situation angeführt worden ist, erst im Nov. 1994 stattgefunden hat. Die Gründe für die geringe Mortalität in den Jahren 1991 bis 1994 bleiben vorerst unbekannt. Änderungen im Betrieb der ARA Staz müssten überprüft werden.

Der Rechen in S-chanf existiert seit 1972. Seit diesem Jahr wurde das Fischsterben beobachtet. Dokumentierte Daten liegen jedoch erst seit 1976 vor. Das Sterben fand bis heute jedes Jahr statt. Seit 1990 werden die angespülten Fische zusätzlich vermessen. Die Anzahl tot aufgefunderer Äschen pro Jahr variierte zwischen 200 bis 1500, und die der Bachforellen zwischen 10 und 170 Tieren (Abb.2).

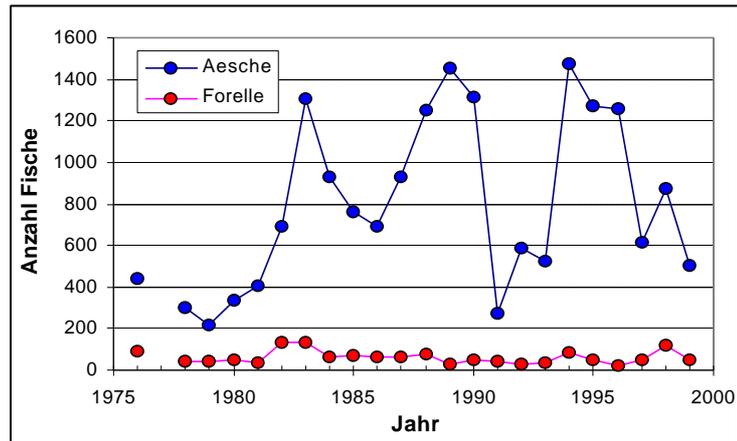


Abb.2: Angeschwemmte Fische beim Rechen der Wasserfassung in S-chanf. 1977: keine Daten vorhanden.

ZEITLICHES AUFTRETEN: Das Fischsterben beginnt sowohl bei Äschen als auch bei Bachforellen Ende April (\pm eine Woche), wobei anfänglich nur vereinzelt Tiere festgestellt werden. Anschliessend steigt die Anzahl sterbender Äschen pro Tag deutlich an und erreicht ein Maximum in der zweiten Mai-Hälfte, mit bis zu 160 Äschen pro Tag (1996). Im Juni geht die Sterblichkeit kontinuierlich zurück. In den Monaten Juli und August pendelt sich die Sterblichkeitsrate bei weniger als 10 Äschen pro Tag ein, wobei nicht jeden Tag verendende Äschen angespült werden. Abgänge in den Monaten

September und Oktober sind selten. Ausnahmen waren die Jahre 1991 und 1997, wo bereits anfangs April die ersten verendenden Tiere beobachtet wurden. Total wurden in diesem Jahr deutlich weniger Fische tot angeschwemmt als in den meisten anderen Jahren (vgl. Abb. 2). 1991 war ein Jahr, wo die Schneeschmelze sehr spät im Jahr (ca. anfangs Juni) einsetzte, dann aber einen

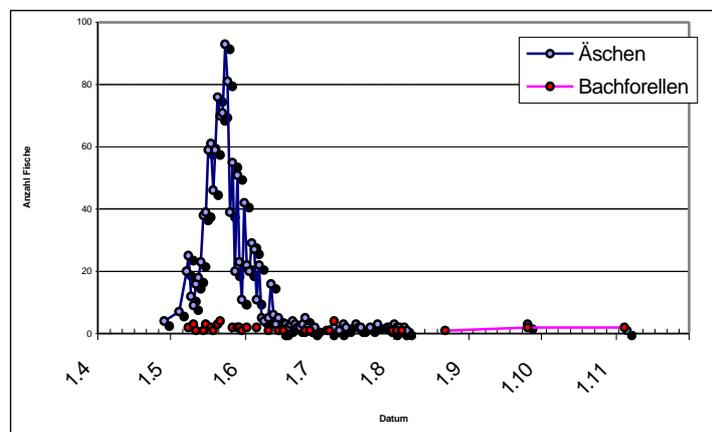


Abb.3: Mortalitätsverlauf im Jahr 1990 beim Rechen der Wasserfassung in S-chanf

um so höheren Abflusshöhepunkt im Juli erreichte.

Die Sterblichkeit bei den Bachforellen steigt im Gegensatz zu den Äschen im Monat Mai nicht an. Mehr als 5 angeschwemmte Bachforellen an einem Tag sind selten. Im Juli bis Ende November werden in der Regel verendete Bachforellen nur noch sporadisch festgestellt. Als Beispiel für die jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit wird die Situation im Jahr 1990 dargestellt (Abb.3).

LÄNGENVERTEILUNG: In S-chanf wurden Äschen von 20-48 cm Körperlänge angespült. In der Regel waren Äschen zwischen 24 und 32 cm am stärksten betroffen (Abb.4). Tiere dieser Länge sind nach Untersuchungen im Innabschnitt zwischen St. Moritz bis Zufluss Flaz 2-3 jählig [14]. Ausnahmen waren die Jahre 1994 und 1996, wo mit Abstand am meisten Äschen mit einer Länge von 20 cm angespült wurden. Es existieren keine Hinweise, dass die hohe Sterblichkeit in den Jahren 1990, 1994, 1995 und 1996 durch einen anteilmässig grösseren Verlust bei einer bestimmten

Grössenklasse verursacht wurde. Vielmehr waren in diesen Jahren die Verluste in allen Grössenklassen grösser als in den übrigen Jahren.

Bei den Bachforellen waren die meisten Tiere zwischen 20-26 cm lang. Vereinzelt wurden jedoch auch grössere Tiere angeschwemmt. Das längste Exemplar mass 100 cm.

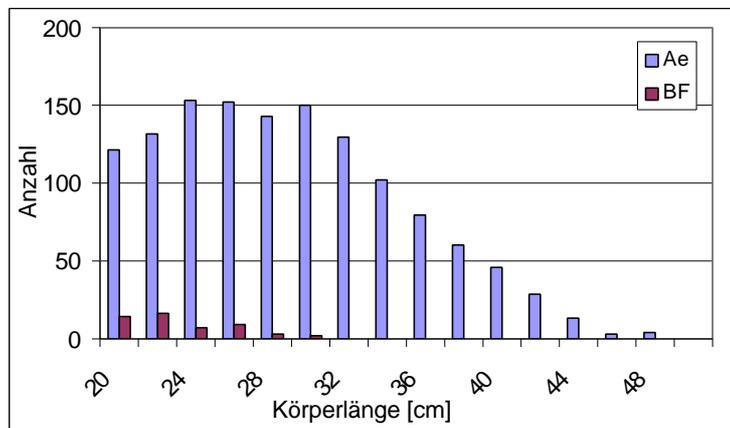


Abb.4: Längenverteilung der angeschwemmten Äschen (Ae) und Bachforellen (BF) für das Jahr 1990

Meist beginnt das Sterben im Frühling mit 20-30 cm langen Äschen (Abb.5). Grössere Fische treten vor allem Mitte Mai auf, wenn am meisten Tiere eingehen. Dies könnte ein Hinweis sein, dass das Laichgeschäft einen entscheidenden Einfluss auf den Sterblichkeitsverlauf hat, indem die grossen und potenten Tiere zu der Zeit sterben, wenn das Laichgeschäft seinen Höhepunkt erreicht.

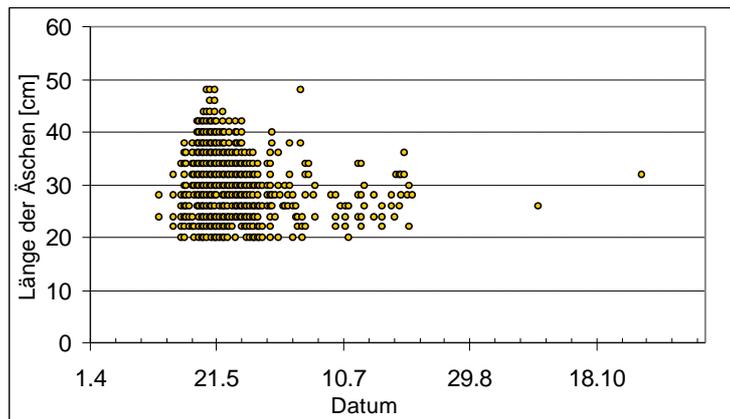


Abb.5: Grössenverteilung der angeschwemmten Äschen im Jahresverlauf für das Jahr 1990

Aufgrund der Datenlage ergeben sich folgende Fragen, bzw. sind folgende Punkte offen:

- Tote und moribunde Fische werden gehäuft an zwei Standorten gefunden. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Fische durch die Strömung abgedriftet werden. Eine genaue Lokalisierung der Orte, wo die Fische sterben bzw. geschwächt werden, ist nicht möglich. Damit ist nicht ersichtlich, ob die Ursache beispielsweise auf eine punktuelle Verschmutzerquelle zurückgeht oder mit einzelnen Laichplätzen zusammenhängt.
- Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität im Innaltlauf Cristansains wurden durch die Umleitung des geklärten Abwassers der ARA Staz im November 1994 getroffen. Die Mortalität beim Dücker in Samedan ist jedoch bereits nach 1990 nicht mehr aufgetreten. Die Umleitung des Abwassers alleine erklärt die Verbesserung der Situation beim Inn-Dücker nicht. Es stellt sich die Frage, warum nach 1990 keine Mortalität mehr auftrat. Wurden an der ARA Staz Verbesserungen im Klärprozess erzielt? Oder hat die Äschenpopulation im Gebiet Cristansains so stark abgenommen, dass evt. Dichtestress nicht mehr auftritt und dadurch die Mortalität abnahm?
- Es ist möglich, dass Fische < 20 cm auch betroffen sind, jedoch bei der Zählung nicht erfasst werden, weil sie bedingt durch den Abstand der Gitterstäbe der Rechen nicht hängen bleiben. Nach Untersuchungen von Marrer sind einjährige Äschen 13 - 20 cm lang. Äschen dieser Grössenordnung wären theoretisch zur Laichzeit im Frühling im Gewässer anwesend. Handelt es sich um einen Zählartefakt oder ist die Grössenklasse bis 20 cm vom jährlichen Sterben nicht betroffen?
- Das Auftreten von toten Äschen geht einher mit der Laichzeit dieser Fische. Der Laichstress könnte ein auslösender Faktor für die Mortalität sein. Wesentlich zu wissen wäre, ob nur laichreife Tiere sterben bzw. ob es sich bei den angespülten Äschen der Grössenklasse 20-25 cm bereits um laichreife Individuen handelt. Die Klärung dieser Frage bedingt Kenntnisse über das Alter der Äschen im Inn beim Eintritt in die Geschlechtsreife.
- Handelt es sich bei der jährlichen Mortalität um einen "natürlichen" Laichstress bedingten Abgang einer grossen Äschenpopulation? Welchen Anteil machen die verendenden Äschen am Gesamt-Äschenbestand aus?
- Verendende Äschen werden in S-chanf seit Anfang der 70er Jahre beobachtet, der Rechen der Wasserfassung ist seit 1972 in Betrieb und die sterbenden Äschen werden seit 1976 gezählt. Die ARA Staz, als mögliche Ursache oder potentieller "Katalysator" des Fischsterbens (vgl. Kap. 4.2) ist seit 1971 in Betrieb. Gibt es Dokumentationen, dass das Fischsterben auch schon vor den 70er Jahren stattgefunden hat, also zu einer Zeit, als die Abwässer nicht punktuell in den Inn abgegeben wurden, jedoch der Abfluss des Inns bereits durch den Schwall/Sunkbetrieb des EW St. Moritz bestimmt war (Konzessionsvertrag zwischen den beiden Gemeinden St. Moritz und Samedan über die Wasserkraftnutzung der Charnadüra-Schlucht datiert von 1931).
- Fischer berichteten, dass unterhalb der Wasserfassung des Inns bei S-chanf auch tote Fische auftreten. Dokumentationen über sterbende Fische in diesem Abschnitt existieren nicht. Ebenso existieren praktisch

keine Grundinformationen über das Verschmutzerpotential der ARA Furnatsch, welche ihre geklärten Abwässer in diesen Innabschnitt einleitet.

- Beim Rechen des EW St. Moritz werden nur wenige tote Äschen angeschwemmt. Weil sich die Situation bei diesem Rechen sowohl hydrologisch als auch abwassertechnisch stark von den Standorten der Rechen in Samedan und S-chanf unterscheidet, ist nicht abschliessend zu urteilen, ob die Sterblichkeit der Äschen im Gebiet oberhalb des EW St. Moritz kleiner ist (z.B. durch geringere Ammoniak-Konzentrationen [vgl. Kap. 4.2]) oder ob sterbende Äschen in den Seen absinken und nicht festgestellt werden.
- Die Elritze ist in bestimmten Innabschnitten sehr häufig. Wie die Äsche laicht die Elritze im April/Mai. Es gibt jedoch keine Dokumentationen, dass auch tote Elritzen bei den Rechen beobachtet wurden. Sind die Elritzen nicht vom Sterben betroffen, oder wird deren Sterben nicht festgestellt, weil sie aufgrund ihrer Länge nicht an den Rechen hängen bleiben?

4.2. Mögliche Gründe

Stellungnahmen und Berichte zum beobachteten Fischsterben liegen bereits von der EAWAG [3, 4], von Rütter-Fischbacher [5] und von pathologischen Untersuchungen an der nationalen Fischuntersuchungsstelle im Tierhospital Bern vor [19].

Als Ursachen für Massenfischsterben kommen im allgemeinen Infektionskrankheiten, ungeeignete Umweltbedingungen (inklusive toxische Stoffe) oder eine Kombination der beiden in Frage. Im speziellen Fall des Inns kann auch die hohe Bestandesdichte der Äschen im Hinblick auf eine grosse innerartliche Konkurrenz an den Laichplätzen und nachfolgende erhöhte stressbedingte Mortalität ins Auge gefasst werden. Im folgenden sollen die Möglichkeiten eingehender diskutiert werden.

4.2.1. Infektionskrankheiten

In den Jahren 1978, 1983 und 1986 wurden verendete oder lebende Äschen aus dem Inn an der Fischuntersuchungsstelle am Tierspital Bern untersucht. Die untersuchten Äschen waren charakterisiert durch ausgeprägte Verpilzungen (Saprolegniasis) und Ulzerationen (Geschwüre) auf der Haut, teilweise begleitet von septikämischen bakteriellen Niederbruchsinfektionen. Der Sterblichkeitsverlauf der Äschen geht einher mit der Laichperiode (Ende April bis Ende Mai). Die Laichzeit scheint auslösendes Potenzial zu haben. Salmoniden sind besonders zur Laichzeit empfänglich für Pilzinvasionen. Die genauen Zusammenhänge sind nicht bekannt. Es wird vermutet, dass die hormonellen Veränderungen sowie strukturelle Veränderungen der Epidermis während der Laichzeit die Empfänglichkeit für Pilzinfektionen begünstigen. Sowohl in Fischzuchten als auch in freien Gewässern können Verpilzungen zu hohen Verlusten führen. Die oberflächliche Invasion des Pilzes in die Dermis bewirkt ein Ungleichgewicht der körpereigenen Flüssigkeit und ein peripheres Kreislaufversagen (Schock). Zudem führen vom Pilz ausgeschiedene Stoffe zu Intoxikationen im Fisch. Verpilzungen sind jedoch häufig auch Sekundärinfektionen, denen andere Infektionen zugrunde liegen. Daher ist für die Diagnostizierung einer durch Laichstress induzierten Verpilzung der Ausschluss von anderen Krankheiten unabdingbar. Die pathologischen

Stichprobenuntersuchungen haben keine Hinweise auf weitere Infektionskrankheiten ergeben, die die jährliche Mortalität der Äschen erklären würden. Der damalige Leiter der Untersuchungsstelle, Prof. Dr. W. Meier, äusserte mehrmals den Verdacht auf die Hautkrankheit UDN (Ulzerative Dermalnekrose). Als Ursache für diese Krankheit wird ein Virus vermutet, das bisher jedoch nie nachgewiesen werden konnte. Die Diagnose von UDN ist derzeit nur histologisch möglich, wobei aber eine eingehende histologische Untersuchung der Äschenhaut durch die relativ harten Schuppen erschwert wird. Das jährliche Auftreten seit 20 Jahren wäre jedoch nicht typisch für die sich bekanntermassen epidemisch ausbreitende Krankheit.

1986 wurden gefangene Äschen aus dem Inn in Laborversuchen gehalten (Glasaquarien 200L, Trinkwasser, Temperatur: 13-14°C, Durchlauf). Von 8 Tieren überlebten 6 die Versuchsdauer von 25 Tagen. Dies spricht nicht für eine infektiöse Erkrankung der Tiere. Die 2 eingegangenen Tiere zeigten starke Verpilzungen, für deren Ursache Fangverletzungen vermutet wurden. An den inneren Organen wurden keine patho-anatomischen Veränderungen festgestellt, worauf auf weiterführende bakteriologische und virologische Untersuchungen verzichtet wurde. Es gilt jedoch anzumerken, dass die Tiere am 21. Juli 1986 am Tierspital eingeliefert wurden. In dieser Jahreszeit hat die Sterblichkeit im Inngewässer erfahrungsgemäss ihren jährlichen Höhepunkt bereits überschritten.

4.2.2. Ungeeignete Umweltbedingungen

Die hydrologische und gewässerchemische Situation des Inns im untersuchten Gebiet ist durch hydroelektrische Wasserkraftnutzung und Einleitungen von geklärtem Abwasser von Kläranlagen geprägt (siehe Kap. 3.1.).

Das Abwasser der ARA Staz führt zu einer deutlichen Beeinträchtigung der Wasserqualität des Inns. Die kritische Periode beschränkt sich auf das Winterhalbjahr, wenn in der touristischen Hochsaison viel Abwasser anfällt und der Abfluss des Inns durch das EW St. Moritz ausgesprochen grossen Schwall/Sunk-Abfolgen unterworfen ist. Berechnungen ergaben, dass das Abwasser der ARA Staz in den Jahren 1986/87 von Mitte Oktober bis Ende April zwischen 1:25 (bei Schwallbetrieb, d.h. 9-10 m³/s Abfluss) und 1:0.65 (bei Sunkbetrieb, d.h. 0.4-0.5 m³/s Abfluss) verdünnt wurde [5]. Die ARA Staz erfüllte damals zwar die Qualitätsziele der Einleitverordnung für geklärte Abwässer [20], doch durch die ungenügende Verdünnung bei Sunkbetrieb verfehlten einige Parameter die Qualitätsanforderungen für Fliessgewässer. Der mit Abstand kritischste Stoff ist Ammonium. Abhängig von Temperatur und pH-Wert des Gewässers liegt ein bestimmter Anteil der Ammonium-Konzentration (NH₄⁺) in seiner nichtionischen, fischtoxischen Form Ammoniak (NH₃) vor. Berechnungen von Rütter-Fischbacher ergaben unterhalb der ARA Staz bei Sunkphase im Februar 1987 Maximalwerte von 6.88 mg N/l Ammonium, bzw. 0.069 mg N/l Ammoniak. Sunkphasen treten bei einer typischen winterlichen Ganglinie nach Angaben des Büros Schalchli & Abegg zwischen 20h und 8h (ca. 0.4 m³/s), am Nachmittag um 16h (ca. 2.2 m³/s) sowie während des ganzen Wochenendes (ca. 0.4 m³/s) auf [9]. Während der Schneeschmelze (ca. ab Anfang Mai) läuft das EW auf Vollast, so dass das Abwasser der ARA Staz während des Tages mit 9-11 m³/s und in der Nacht mit ca. 2-5 m³/s verdünnt wird, und Maximalwerte für Ammonium von 0.2 mg N/l, bzw. 0.002 mg N/l Ammoniak zu erwarten sind (Berechnungen anhand von Daten im August 1986). Durch den hohen Nährstoffeintrag in den Inn wurde das Algen- und Makrophytenwachstum vor allem in den langsam fliessenden Innauen Cristansains und Gravatscha

gefördert. Die Umleitung des geklärten Abwassers der ARA Staz hat 1994 zu einer deutlichen Verbesserung der Situation im Inn von der Zentrale Islas bis zur Flazeinmündung und in den Innauen Cristansains und Gravatscha geführt [16]. Gemäss mündl. Aussagen von A. Klucker ist es offensichtlich, dass sich die Qualität der Bachforelleier aus dem Gebiet Samedan (der Hauptteil der Eier stammt von Laichfischen aus dem Alllauf bei Gravatscha) nach 1994 markant verbessert hat. Heute liegt der Abgang bei den Eiern aus dem Gebiet Samedan bei rund 10%, so dass kein Unterschied mehr zu anderen Gebieten (Laichfische aus den verschiedenen Oberengadiner Seen) auszumachen ist. Früher bewegten sich die Abgänge bei den Eiern aus den Laichfischfängen bei Samedan bei rund 30%!

Seit 1994 wird auch das jährliche Äschensterben beim Inn-Dücker nicht mehr beobachtet. Ob jedoch die Umleitung des geklärten Abwassers tatsächlich als Grund für die ausgebliebenen jährlichen Äschensterben beim Inn-Dücker angeführt werden kann, ist fraglich. Denn schon 1991 bis 1994, als der Umleitungskanal für das geklärte Abwasser noch nicht existierte, wurden nur noch wenige angeschwemmte Fische beim Inn-Dücker beobachtet. Möglicherweise könnten Umstellungen im Klärverfahren der ARA Staz in der Periode 1991 bis 1994 zu einer Verbesserung geführt haben. Nachforschungen diesbezüglich sind durch das AfU Graubünden im Gange.

Die Umleitung des geklärten Abwassers hat zwar zu einer gewässerchemischen Entlastung der Innauen und der Innstrecke zwischen ARA Staz und Einmündung Flaz geführt, doch die Belastung des Inns unterhalb der Mündung des Flaz ist auch heute nach wie vor gegeben, obwohl durch den Abfluss des Flaz (ca. 300l/s im Februar) die anfallenden winterlichen Abwassermengen der ARA Staz stärker verdünnt werden. Unter ungünstigsten Bedingungen, d.h. im Winter bei Wassertemperaturen von 4°C, pH von 8.6, Minimalabfluss des Inns von ca. 400 l/s, werden die Anforderungen in der Gewässerschutzverordnung für Fliessgewässer im Falle von Ammonium bei 90% der Messwerte (Spitzenwerte von 2.5 – 4.5 mg N/l; Qualitätsziele bis 1998: 0.5 mg N/l; seither 0.4 mg N/l) und im Falle von Ammoniak bei 30% der Messwerte (Spitzenwerte 0.1 – 0.14 N mg/l; Qualitätsziel bis 1998: 0.082 N mg/l) überschritten. Die Berechnung dieser Werte basiert auf Abfluss- und Konzentrationswerten vom Februar 1987 [5]. Chemische Analysen für die beiden Stoffe Ammonium/Ammoniak und Nitrit liegen nach der Umleitung des Abwasserkanals von zwei Messungen vor. Während 24 Stunden wurden im März 1995 und 1997 im Inn unterhalb der Flazmündung Sammelproben entnommen. Die Ergebnisse von 1995 lagen unter den bei ungünstigen Bedingungen errechneten Konzentrationen, was jedoch auf die an diesem Tag herrschenden Bedingungen zurückzuführen ist (geringe Mengen geklärten Abwassers der ARA Staz, erhöhter Abfluss des Flaz und gleichmässige Dotation des Inns mit 2 m³/s). Die Messungen von 1997 (Ammonium: Max. 1.13 mg N/l, MW: 0.78 mg N/l; Ammoniak: Max. 0.009 mg N/l, MW: 0.006 mg N/l; Nitrit: Max. 0.016 mg N/l, MW: 0.009 mg N/l) bei einer doppelt so hohen Abflussmenge im Inn im Vergleich zur Abflussmenge bei Niedrigwasserbedingungen zeigten hingegen, dass bei "worst-case"-Bedingungen (d.h. viel Abwasser, wenig Abfluss im Flaz und Niedrigwasser im Inn wie sie im Winter regelmässig auftreten) Ammonium/Ammoniak im Inn die Anforderungen für Fliessgewässer überschritten und die Nitrit-Konzentration hoch war (es gibt in der neuen Gewässerschutzverordnung keine Qualitätsziele für Nitrit in Fliessgewässern mehr). Die Ammonium/Ammoniak und Nitrit Konzentrationen lagen dabei in Bereichen wie sie anhand der Bedingungen mit den Bedingungen von 1987 vorherzusehen waren.

Toxizitätsgrenzwerte von Ammonium/Ammoniak liegen für Äschen keine vor. Die niedrigsten beschriebenen akuten Letalitätsgrenzen für Salmoniden liegen bei 0.2 mg NH₃/l [21]. Die Spitzenwerte für Ammoniak im Inn, die im Winter bei worst-case Szenarien auftraten, lagen unterhalb der ARA Staz im Jahre 1986/87 [5] mit 0.086 mg NH₃/l (= 0.069 mg NH₃-N/l) bzw. unterhalb der Flazmündung im Jahre 1994 [8] mit 0.12-0.17 mg NH₃/l (=0.1-0.14 mg NH₃-N/l) nur wenig unter der akuten Toxizitätsgrenze. Die Spitzen- aber auch die Mittelwert-Konzentrationen für Ammoniak befinden sich jedoch im Bereich der chronischen Toxizität, die für Salmoniden bei 0.025 mg NH₃/l angegeben wird. Fische haben die Fähigkeit, sich an hohe Ammoniak-Konzentrationen zu adaptieren. Mit den raschen Konzentrationswechseln im Inn bedingt durch den Schwall- und Sunk-Betrieb ist mit einer Adaptation hier jedoch kaum zu rechnen.

Flussabwärts entwässert die ARA Sax in den Inn. Nach Berechnungen im Jahre 1987 bewirkte die Einleitung der ARA Sax während der Winterperiode eine Konzentrationserhöhung für Ammonium und Ammoniak im Inn um 30% [6]. Darin nicht berücksichtigt waren die damals periodisch und heute über ein Rohrsystem kontinuierlich zugeführten Sickerwässer der Deponie Sass Grand in Bever, so dass die Konzentrationserhöhung noch grösser sein wird. Die Nitritbelastungen waren damals nicht von Belang. Untersuchungen der heutigen Situation fehlen. Insbesondere würden Analysen über die chemische Beschaffenheit des Deponiesickerwassers interessieren.

Über die Emissionen der ARA Furnatsch liegen nur wenige Angaben vor. Die Einleitung der geklärten Abwasser dieser Anlage führt jedoch zu einer erneuten Konzentrationserhöhung der Stickstoff- und Phosphorwerte, weil die eingeleiteten Abwässer nach Beurteilungen im Jahre 1994 die Qualitätsziele der Gewässerschutzverordnung zeitweise nicht erfüllten [10] und die Abwässer durch das dotierte Restwasser nach der Innableitung für die Engadiner Kraftwerke ungenügend verdünnt werden.

Neben den bekannten fischtoxisch wirkenden Stickstoffverbindungen Ammoniak und Nitrit könnten sich auch andere **Chemikalien** negativ auf die Fischpopulation auswirken. Solche Verbindungen sind beispielsweise die in Kläranlagen häufig anfallenden Detergenzien wie nichtionische Tenside (Nonylphenol wurden bereits im EAWAG Bericht von 1986 erwähnt [3]) und anionenaktive Tenside (z.B. lineare Kohlenwasserstoffketten LAS). Es liegen jedoch keine Analysedaten zu dieser Stoffgruppe vor.

Erstaunlicherweise sterben die Äschen jedoch nicht in der Winterperiode, wenn im Inn bedingt durch eine unzureichende Verdünnung die Stickstoffparameter am höchsten sind. Das Sterben beginnt Ende April, wenn das EW St. Moritz durch die einsetzende Schneeschmelze auf Vollbetrieb umstellt und die Konzentrationen von Ammonium/Ammoniak und Nitrit im Inn von ihren Höchstkonzentrationen während der Winterperiode weit entfernt sind. Ein Zusammenhang des Sterbens (Auftreten und Stärke) mit der zeitlichen Terminierung von Ostern und Pfingsten (erhöhter Abwasseranfall durch Tourismus) konnte durch die Datenanalyse nicht erhärtet werden. Trotzdem wäre interessant, die Sterblichkeitskurve der Äschen mit den Abwassermengen und -frachten der Kläranlagen bzw. eventuell vorgenommenen Änderungen am Klärprozess der ARAs im Frühling zu vergleichen.

Die Toxizität eines Stoffes hängt jedoch nicht nur von seiner Konzentration und der Wirkungsdauer ab. Exogene und endogene Faktoren können die Toxizität den Stoffen modulieren. Im folgenden und in den Kapiteln 4.2.3.

(Laichstress) und 4.2.4. (Bestandesdichte) werden Faktoren diskutiert, welche als Ursachen oder als Modulatoren mit dem Äschensterben in Verbindung stehen können.

Exogene Faktoren, die die Wirkung von Ammoniak und Nitrit verstärken, sind Sauerstoff, pH und Wassertemperatur:

- **Sauerstoff**

Einen tiefen Sauerstoffgehalt kompensieren Fische mit einer gesteigerten Ventilationsrate. Damit werden vermehrt Schadstoffe im Wasser von den Fischen aufgenommen. Die Toxizität von Ammoniak ist bei niedrigem Sauerstoffgehalt im Wasser beispielsweise tiefer als bei höherem Sauerstoffgehalt [21]. Die Sauerstoffverhältnisse im Inn werden ihrerseits moduliert durch die Einleitung von geklärtem Abwasser (Abbau von organischem Material zehrt Sauerstoff), durch die Eisbedeckung im Winter (kein Eintrag aus der Luft), durch die Wassertemperatur (je höher die Temperatur, desto kleiner der Sauerstoffgehalt) und durch den Makrophyten- und Algenbewuchs (Sauerstoffzehrung in der Nacht). 1979 wurden im Inn unterhalb der Einleitung der ARA Staz und im Cristansains mit Tiefstwerten bis zu 3.2 mg/l eine Sauerstoffuntersättigung festgestellt [1], die sich jedoch in nachfolgenden Untersuchungen nicht mehr bestätigen liess.

- **pH**

Der Anteil des fischtoxischen Ammoniaks steigt mit zunehmendem pH. Im Sommer werden in stark eutrophen Gewässern durch Temperaturerhöhung und Sonneneinstrahlung (CO₂-Verbrauch durch pflanzliche Assimilation) pH-Werte über 8.5 erreicht. Damit kann die Ammoniak-Belastung so hoch steigen, dass die akute Toxizitätskonzentration erreicht werden kann und es zu Fischsterben kommt. Dieses Phänomen ist auch als "Fronleichnamsterben" bekannt.

Im Inn dürfte eine deutliche pH-Erhöhung durch pflanzliche Assimilation nur in den stark mit Algen und Makrophyten bewachsenen, langsam fließenden oder stehenden Innauen eine Bedeutung haben.

Online-Messungen der NADUF Station bei S-chanf zeigen im Inn zwar eine Abnahme des Tagesmittelwerts des pH-Wertes von März bis Mai, jedoch, bedingt durch den Schwall/Sunk-Betrieb des EW St. Moritz, auch grosse Tagesschwankungen mit Maximalwerten von 8.6 (März/April 1999) und von 9.1 (Dezember 1999) [23].

- **Temperatur**

Generell ist bei höherer Temperatur mit einer grösseren Toxizität der Stoffe zu rechnen, da sich der Stoffwechsel der wechselwarmen Fische pro 10°C Temperaturanstieg 2- bis 3-fach erhöht (van't Hoff'sche Regel) und die Ventilationsrate gesteigert ist (vermehrte Aufnahme von toxischen Stoffen aus dem Wasser). Bei einer Erhöhung um 10°C kann mit einer 3- bis 5-fach gesteigerten Toxizitätsrate gerechnet werden. Ammonium wird bei höherer Temperatur zudem vermehrt in die toxische Form des Ammoniaks umgewandelt. Hingegen wird bei erhöhten Temperaturen auch Schadstoffabbau und - exkretionsrate im Körper der Fische gesteigert, so dass auch Widersprüche zwischen akuten und chronischen Belastungen auftauchen können. Bei höheren Temperaturen läuft die Oxidierung von Ammoniak in Nitrit schnell-

ler ab, so dass die Nitrit-Toxizität bei wärmerem Wasser zu einem grösseren Problem werden kann. Die **Temperatur** ist jedoch nicht nur bei der Modulation der Toxizität von Ammoniak und Nitrit von Wichtigkeit, sondern spielt auch in der physiologischen Umstellung der Fische von der eher lethargischen Winterphase in die Aktivitätsphase im Frühling eine Rolle. In dieser Umstellungszeit sind Fische besonders anfällig gegenüber zusätzlichen Umweltstressoren. Die Wassertemperatur im Inn bewegt sich in den Monaten Dezember bis Februar zwischen 0.2°C und 3°C und steigt ca. ab Anfang März mehr oder weniger kontinuierlich an. Die Tagesmittelwerte erreichen im Juli bis September mit 9 - 10°C ihre Maximalwerte.

Mit steigenden Lufttemperaturen beginnt auch die **Schneesmelze**. Dadurch können Schadstoffe freigesetzt werden, welche sich im Laufe des Winters am Schnee entlang des Gewässers gebunden haben. Die beginnende Schneesmelze führt auch zu einer starken Trübung des Flusswassers, indem feine Schwebstoffe mittransportiert werden. Ein hoher Anteil an Schwebstoffen im Wasser kann bei Fischen zu Kiemenproblemen führen.

- **Chlorid-Konzentration:**

Für die Toxizität von Nitrit spielen Chlorid-Ionen im Wasser eine wesentliche Rolle, da Chlorid wie Nitrit über die Chloridzellen in den Kiemen aufgenommen werden und sie sich somit konkurrenzieren. Messungen in S-charnf [23] bei der NADUF Messstelle zeigen, dass 1999 maximal 2.1 mg/l Chlorid-Ionen (April) nachgewiesen wurden. Russo [24] zeigte jedoch, dass Chlorid-Konzentrationen < 10 mg/l die Nitrit-Toxizität bei Fischen wenig beeinflussen, so dass der Chlorid-Gehalt im Inn als Modulator für das Äschensterben nicht in Frage kommt.

Dem starken **Schwall/Sunk-Betrieb** im Innabschnitt kommt für die Fischgemeinschaft neben der Beeinflussung der Wasserbelastung durch die Verdünnung des Abwassers der ARA Staz eine weitere Bedeutung zu. Rütter-Fischbacher schreibt, dass durch die schnell wechselnde Schwall/Sunk-Abfolge (an gewissen Tagen wird der Wechsel von ca. 0.4 m³/s bis ca. 11 m³/s in 15 bis 20 min erreicht), Fische verdriftet werden und sich Verletzungen zuziehen [5]. Solche Verletzungen sind bevorzugte Eintrittspforten für bakterielle Infektionen und Verpilzungen. Besonders während der Laichperiode, wenn die Fische anfällig für Verpilzungen sind (siehe Kap. Infektionskrankheiten), fördern solche Hautverletzungen den Verpilzungsgrad.

Aus österreichischen Untersuchungen an der Drau geht hervor, dass Schwall/Sunk-Abfolgen die Äschenpopulation negativ beeinflussen können. Die Individuendichte der Äschen in der Drau hat sich durchschnittlich von 546 Ind/ha oberhalb des Schwall/Sunk-Betriebs auf 209 Ind./ha im Einflussbereich des Schwall/Sunkes um 62% reduziert, und die Biomasse um 63% [26].

4.2.3. Laichstress

Die Sterblichkeit der Äschen tritt nicht im Winter auf, wenn die stoffliche Belastung im Inn am grössten ist, sondern stimmt zeitlich mit der Laichperiode

der Äschen im Frühling überein. Die

Laichphase der Äschen scheint somit ein wesentlicher Faktor für das Äschensterben

zu sein. Aus den Kontrollzählungen des

Fischpasses in S-chanf wird ersichtlich,

dass die ersten toten Äschen gefunden

werden, wenn sie im Flusslauf aufsteigen,

um an ihre Laichplätze zu gelangen. Eine

Zusammenstellung der

Wassertemperaturdaten im Inn mit der

Sterblichkeitskurve der Äschen für die

Jahre 1990 bis 2000 zeigt, dass die Sterblichkeit bei einer Wassertemperatur von 5 - 7°C beginnt (Abb. 6). Dies

stimmt mit der Wanderphase an die Laichplätze überein, die nach Literaturangaben bei 4 – 7 °C beginnt [25]. Für

den Laichbeginn wird eine Temperatur von 5 – 12 °C angegeben [26]. In Tieflandgewässern von Bayern wurden

laichende Äschen bei einer Wassertemperatur ab 8°C beobachtet [22]. In Skandinavischen Gewässern, deren

Temperaturregime eher mit dem des Inns zu vergleichen ist, fand das Laichgeschäft bereits ab einer Temperatur

von 5°C statt [26]. Der weitere Verlauf der Sterblichkeit wird dann nicht mehr durch die Temperaturentwicklung

bestimmt. Vielmehr scheint der Abfluss einen Einfluss haben. In den Jahren von 1990 bis 2000 wurden am

meisten Äschen an den Rechen angespült, wenn der Abfluss 40 m³/s erreicht. Dies scheint mit der Fracht- und

Verdriftungskapazität des Gewässers zusammenzuhängen.

Die Laichwanderungen, die Bildung von Fortpflanzungsprodukten, die hormonellen Umstellungen, die Besetzung

und Verteidigung von Territorien an den Laichplätzen sowie der Laichvorgang bedeuten für die Fische grossen

Stress. Es scheint, als ob die Laichperiode übers ganze Jahr gesehen einen zusätzlichen Stressfaktor darstellt,

der für die Sterblichkeit der Äschen einen auslösenden Reiz darstellt. Ammoniak, welches bekanntermassen die

Empfänglichkeit für Pilze steigert, fördert die Verpilzungen, von denen laichreife Fische oft befallen sind.

4.2.4. Bestandesdichten

Die Populationsstärke der Äsche im Inn ist aussergewöhnlich hoch. Die Äsche findet in vielen Abschnitten des

Inns hervorragende Habitate vor. Vor der Laichperiode wandern Äschen weite Strecken, um an geeignete Laich-

stellen zu gelangen. Über die Laichwanderungen liegen aus verschiedenen europäischen Gewässern Daten vor.

Die zurückgelegten Distanzen reichen dabei von einigen hundert Metern bis mehreren Kilometern. Die maximal

nachgewiesene Wanderstrecke einer Äsche beträgt 100 km [25]. Dadurch kommt es während der Laichphase zu

einer Konzentration von vielen Äschen an den Laichplätzen. Je grösser der Äschenbestand und je limitierter die

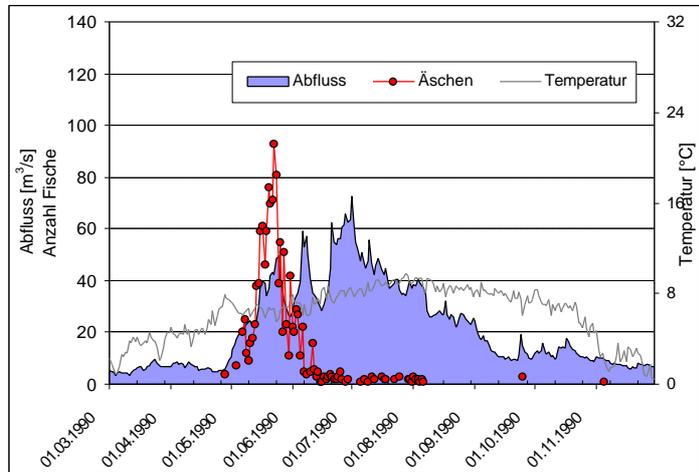


Abb. 6: Sterblichkeitskurve der Äschen verglichen mit der Temperatur- und Abflussganglinie im Inn für das Jahr 1990.

geeigneten Laichplätze, um so stärker werden die einzelnen Individuen durch den innerartlichen Konkurrenz-
kampf gestresst. Es ist denkbar, dass sich dadurch am Inn beim Laichgeschäft ein grösserer Verlust abzeichnet
als er natürlicherweise bei Äschenpopulationen in anderen Fließgewässern beobachtet werden kann. Es ist
bekannt, dass das Laichgeschäft die Äschen stresst, und ein Teil der Tiere durch Erschöpfung oder starkem Pilz-
befall eingehen. Die "natürliche" Mortalitätsrate von Äschen nach dem Laichgeschäft ist aus keiner Literaturstelle
ersichtlich. Zur Abklärung der Hypothese, dass es sich bei dem Äschensterben im Inn um eine "natürliche" Sterb-
lichkeit beim Laichgeschäft handelt, welche durch die grosse Bestandesdichte der Äschen gefördert wird, sind
abgesicherte Bestandesabschätzungen der Äschen im Inn von zentraler Wichtigkeit.

4.2.5. Zusammenfassende Hypothesen für die Äschenproblematik

Hypothesen Äschensterben aufgrund von...	Beurteilung	Grundlagen	Vorgehensvorschlag vgl. Tab. 2 und Abb. 7
Laichstress	relevant, mindestens auslösender Faktor	Äschen sterben nicht im Winter, wenn Schwall/Sunkbetrieb und Wasserqualität am schlechtesten sind, sondern während des Laichgeschäfts (April/Mai/Juni); viele Äschen sterben an einer massiven Verpilzung auf Haut und Kiemen. Verpilzungen sind bei Salmoniden in der Laichzeit häufig (Ursachen: Stress durch Wanderungen, durch Territorialkämpfe an den Laichplätzen und durch Laichvorgang selber, sowie durch hormonelle Umstellungen und die Bildung von Fortpflanzungsprodukten). Tote Fische nach dem Laichvorgang sind also in einem gewissen Rahmen als "normal" zu bezeichnen. Das Ausmass des Äschensterbens im Inn scheint jedoch über einem zu erwartenden "natürlichen" Verlust nach der Laichphase zu liegen, so dass der Laichstress als "Auslöser" eines Prozesses zu werten ist, der auf anderen Ursachen gründet.	1
Bestandesdichten	relevant	Sind für einen grossen Fischbestand die Laichgebiete limitiert, entsteht ein grosser Konkurrenzkampf um die besten Laichplätze. Es ist denkbar, dass die Sterblichkeit beim Laichvorgang mit der Bestandesstärke der Äschen korreliert, weil die Besetzung und Verteidigung von Territorien bei vielen Konkurrenten besonders kräftezehrend ist.	2
Abflussbedingungen	relevant	Schwall/Sunkbetrieb mit schnell wechselnden Wasserständen während Oktober bis April: ungenügende Verdünnung des eingeleiteten Abwassers bei Sunkbetrieb; Habitats- und Laichgebietseinschränkungen; Verletzungsgefahr durch Verdriftung	3
Wasserqualität	relevant	deutliche Beeinträchtigung der Wasserqualität durch ARAs: massiver saisonaler Tourismus (v.a. im Winter) führt zu grossen Abwassermengen und beeinträchtigter Klärleistung; ARAs verfügen über keine Nitrifikation- und Denitrifikationsstufen; Algen- und Makrophytenbildung im Inn im Sommer; ARA Sax mit Deponiesickerwasser unglückliche Kombination mit dem Schwall/Sunkabfolge im Inn: bei Sunkbetrieb werden die Abwässer ungenügend verdünnt; durch Schwall/Sunk werden Abwässer unterschiedlich verdünnt, und es kommt zu stark schwankenden Konzentrationen; Stickstoffparameter erreichen für Äschen vorübergehend subakute, und generell, chronisch toxische Werte	4
Infektionskrankheiten	wenig wahrscheinlich	pathologische Untersuchungen verendeter Äschen und Hälterungsexperiment an der Fischuntersuchungsstelle, Tierspital Bern in den Jahren 1978, 1983, 1986	5
Kombination der Hypothesen bzw. Zusammenspiel mehrerer negativer Einflüsse	am relevantesten	Das Ausmass des Sterbens dürfte gegen eine "natürliche" Mortalität nach dem Laichvorgang sprechen. Ein Zusammenhang des Sterbens mit dem Laichvorgang der Äschen drängt sich jedoch auf. Es scheint, als ob die Äschen durch irgend welche Faktoren geschwächt sind und durch den Laichstress ausgelöst vermehrt sterben.	6

5. Massnahmen und Vorgehensvorschlag zur Abklärung des Äschensterbens

Die formulierten Hypothesen für die Ursachenanalyse des Äschensterbens im Inn sowie die bestehenden offenen Fragen zeigen auf, dass zur Klärung der Problematik folgende Kenntnisse entscheidende Hinweise geben könnten:

- Pathologische Untersuchung der angeschwemmten Äschen und Abklärung des Gesundheitszustandes der Äschen ausserhalb der Laichperiode
- Fundiertes Wissen über die Äschenpopulation im Inn bezüglich Dichte, Altersaufbau, Wachstum, Eintritt in die Geschlechtsreife und Laichwanderungen. Die Untersuchungen von Marrer [13,14] geben zu den meisten dieser populationsbiologischen Punkten Hinweise. Diese sind jedoch aufgrund der teils kleinen Stichproben abzusichern. Zudem sind die Untersuchungen zur Bestandesdichte nicht nur auf die Flachstrecke zu beschränken sondern auch in anderen Strecken des Inns und der Allläufe auszuweiten, evt. flussabwärts bis nach Zernez
- Kontrollgänge bei den einzelnen Laichplätzen, nicht nur im Innbogen sondern auch in anderen Innstrecken und im Altwassersystem: Feststellung von toten Äschen; Vergleich der einzelnen Laichplätze im Hinblick auf Unterschiede von potentiellen system-immanenten Faktoren.
- Wasseranalysen des Innwassers
- Dokumentation von Abwassermengen, Stoffkonzentrationen und -frachten der ARAs

Diese Punkte sind in Tabelle 2 ausführlich dargestellt und nach deren Wichtigkeit zur Klärung der Hypothesen zur Ursache des Äschensterbens gewertet.

Falls es sich beim Äschensterben ausschliesslich um ein Effekt des Laichgeschäftes handelt, so ist dies wohl als naturgegeben zu akzeptieren. Wenn jedoch das Sterben auf die Wirkung anderer, zusätzlicher Stressoren, neben dem Laichgeschäft, zurückzuführen ist, so muss nach den Ursachen gesucht, und die (bzw. deren Auswirkungen), in Kosten-Nutzen-Analysen minimiert werden. Sollte sich zeigen, dass die Sterblichkeit vorwiegend auf die belastete Wasserqualität zurückzuführen ist oder die "natürliche" Mortalität der Äschen nach der Laichperiode durch die Wasserqualität entscheidend beeinflusst wird, müsste durch die Regulierung der Abflussmengen ungünstige Verdünnungsverhältnisse mit dem eingeleiteten Abwasser der Kläranlagen verhindert, bzw. durch einen verbesserten Abbau der Stoffe in den Kläranlagen die Immissionen gesenkt werden. Dabei kann auf Empfehlungen zahlreicher Untersuchungen abgestützt werden [4, 5, 8-11, 13, 14].

Eventuell müssen auch die Populationen getrennt voneinander betrachtet werden. Wenn, wie zuvor ausgeführt, die Population in Cristainsains stark abgenommen hat, widerspiegelt die geringere Mortalität am Dücker möglicherweise nur die geringere Bestandesdichte.

Tab. 2: Massnahmen und Vorgehensweise zur Klärung des Äschensterbens

vgl. 4.2.5	offene Fragen	Vorgehen und <i>Massnahmen</i>	Priorität	Kosten (geschätzt)
1	Laichstress als Auslöser? Sind auch kleine Tiere betroffen (< 20cm) Sind angeschwemmte Äschen laichreif?	<ul style="list-style-type: none"> vorübergehende Installation eines feinmaschigen Netzes oder Gitters auf einer begrenzten Fläche bei den Rechen (während der Laichzeit und stichprobenweise zu anderen Jahreszeiten) und absammeln toter und moribunder Tiere an den Rechen: Grösse, Geschlecht, Laichreife, Altersbestimmung (<i>Schuppenanalyse, morphologisch-pathologische Untersuchung</i>) 	Priorität 1	mittel
1,3,4	Ist Kombination aus ungünstigen Abflussverhältnissen und schlechter Wasserqualität (starke Schwankungen ders.) und evt. Laichstress verantwortlich?	<ul style="list-style-type: none"> Stichprobenmessungen kritischer Parameter (v.a. Ammoniak, Nitrit) zu Zeiten der Sunkphasen des EW St. Moritz; generell, bzw. in der Laichzeit (<i>Wasseranalyse</i>) Abklärung, ob auch tote Tiere an den Laichplätzen des Alllaufsystems und oberhalb des EW St. Moritz vorkommen (<i>Laichplatzkontrolle</i>) Untersuchung von Elritzen, die ebenfalls im April/Mai laichen (<i>pathologische Untersuchung</i>) 	Priorität 1 Priorität 1 Priorität 3	niedrig niedrig mittel
1, 5	Ist Dichte an den Laichplätzen zu hoch?	<ul style="list-style-type: none"> Abklärung, ob die Tiere an den Laichplätzen sterben, dafür Laichplätze grob abtrennen, begehen und absammeln toter Tiere (<i>pathologische Untersuchung</i>) Laichplatzkartierungen an wichtigen Stellen im Innlauf von Zernez bis Silsersee zur Abklärung der Laichplatzangebots (<i>Laichplatzkontrolle</i>) 	Priorität 1 Priorität 1	niedrig niedrig
2	Wie gross ist die Population der Äschen? Wie hoch ist der Anteil toter Tiere an der Gesamtpopulation?	<ul style="list-style-type: none"> Bestandesabschätzungen; räumlich-zeitliche Verteilung der Äschen, Populationsdynamik, Altersbestimmung und Wachstumsberechnung (<i>Schuppenanalyse</i>), Eintritt in die Geschlechtsreife; Wanderungen (<i>Markierungsexperimente, Telemetrie, Populationsbiologie</i>) aufgrund vorliegender Daten zu toten Tieren und nach Bestandesabschätzungen berechenbar ist Anteil toter Tiere an Gesamtpopulation normal? (<i>Literaturrecherchen</i>) 	Priorität 1 Priorität 1 Priorität 1	mittel niedrig niedrig
3	Schädigt das Abflussregime, insbesondere bei Schwall-Sunkbetrieb die Äschen?	<ul style="list-style-type: none"> tatsächliche Schäden (Drift, Verletzungen), die durch Abflussregime bedingt sind, erheben, z.B. durch Abfischungen zu unterschiedlichen Regimes und Fischuntersuchungen (Verletzungen) (<i>pathologische Untersuchung</i>) 	Priorität 1	mittel
4	Ist die Wasserqualität ursächlicher Faktor für das Äschensterben?	<ul style="list-style-type: none"> Stichprobenmessungen von wichtigen Parametern während des ganzen Jahres (z. B. Stickstoffparameter, Tenside, Nonylphenole, Pestizide, VOC und toxizitätsmodulierenden Parameter, wie O₂, pH, Chlorid) in Strecken mit und ohne Äschensterben (<i>Wasseranalyse</i>) Hälterungsexperimente von Äschen in verschiedenen Wasserqualitäten (abwasserbeeinflusst und nicht abwasserbeeinflusst) und anschliessende Untersuchung (<i>Biomonitoring</i>) 	Priorität 2 Priorität 3	mittel mittel
4	Abflussmengen, Abwasseranalysen der ARAs	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentation der Abwassermengen, -frachten und Stoffkonzentrationen, Verdünnungen durch Vorfluter, saisonale Umstellungen im Klärbetrieb (<i>Datenrecherche, Abwasseranalyse</i>) Gibt es Dokumentationen von Äschensterben bereits vor den 70er Jahren, als noch keine ARAs gebaut und die Einträge nicht punktuell waren? (<i>Datenrecherche</i>) Untersuchung des toxischen Potentials des Abwassers (<i>Toxizitätstests: Genotoxizität, Mutagenität, Zelltoxizität, Endokrine Wirksamkeit, Bakterientoxizität, Fischzelltox.</i>) 	Priorität 2 Priorität 2 Priorität 3	niedrig niedrig niedrig
5	Sind Infektionskrankheiten ursächlich für Tod der Tiere verantwortlich?	<ul style="list-style-type: none"> tote und moribunde Tiere auf Krankheitserreger hin untersuchen (<i>pathologische Untersuchung</i>) Prävalenz und Abundanz der Erreger und ausbrechende Krankheit im Jahresverlauf untersuchen (<i>pathologische Untersuchung</i>) 	Priorität 3	mittel
6	Sterben die Äschen durch die Wasserbelastung aufgrund der ungenügenden Verdünnung des Abwassers an einer chronischen Vergiftung, die durch die hohen Bestandesdichten der Äschen verstärkt wird und durch den Stress beim Laichvorgang tödlich wird?	<ul style="list-style-type: none"> Hälterungsexperimente mit Äschen und Untersuchung von Biomarker, die möglichst spezifisch auf z.B. vorangegangenen Stress hinweisen, z.B. Entgiftungsenzyme; Metallothioneine u.a. Nur sinnvoll, wenn bereits Indizien für Art der Beeinträchtigung aus vorangegangenen Untersuchungen vorliegen (<i>passives und aktives Monitoring</i>) 	Priorität 3	mittel

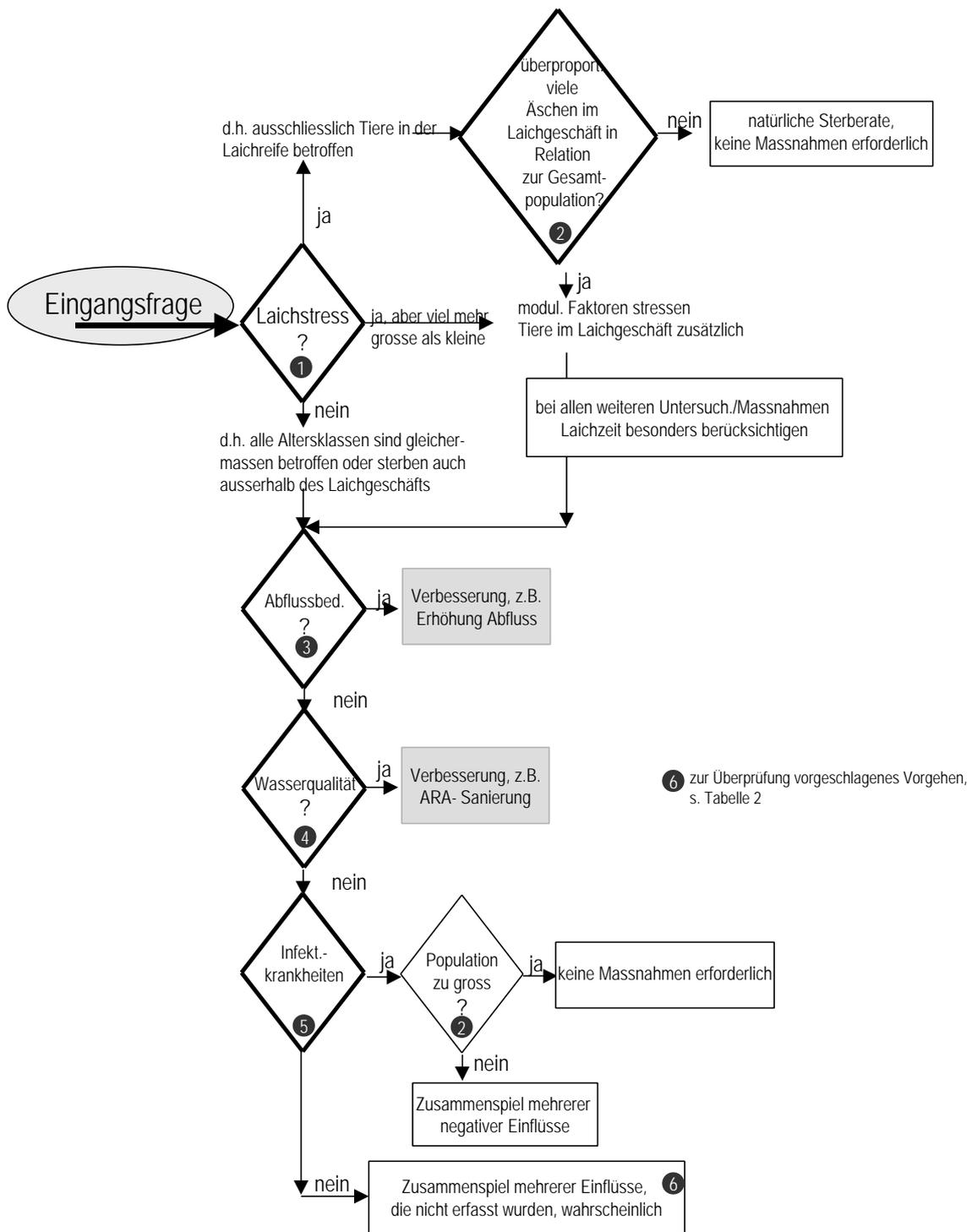


Abb. 7: Entscheidungsbaum zur Reihenfolge der vorgeschlagenen Massnahmen

6. Anhang

Grafiken am Standort S-chanf:

- Prozentualer Anteil der einzelnen Grössenklassen am Gesamtverlust (jährlich von 1990 bis 2000)
- Längenverteilung der toten und moribunden Tiere (jährlich von 1990 bis 2000)
- Länge der abgehenden Tiere im Jahresverlauf (jährlich von 1990 bis 2000)
- Abfluss- und Temperaturverlauf im Vergleich mit der Sterblichkeitskurve (jährlich von 1990 bis 2000)