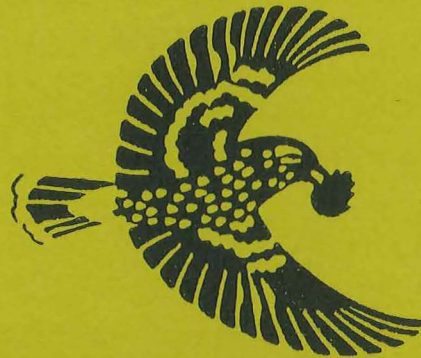


WISSENSCHAFTLICHE NATIONALPARKKOMMISSION



ARBEITSBERICHTE

ZUR NATIONALPARKFORSCHUNG

Wissenschaftliche Begleitung
Spülung Grundablass Livigno-Stausee vom 7. Juni 1990 (4)

Makroinvertebraten und Fische

Im Auftrag des Sektion Fischerei
des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
(E. Staub, D. Hefti)

P. Rey, St. Gerster
Institut für angewandte Hydrobiologie, Bern und Konstanz

März 1991

VORWORT

Der vorliegende Arbeitsbericht ist im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der Grundablass-Spülung des Livignostausees entstanden. Durchgeführt wurde die Spülung am 7. Juni 1990 durch die Engadiner Kraftwerke (EKW). Dank der Mithilfe der Sektion Fischerei des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Dr. E. Staub) und von Mitarbeitern der WNPk gelang es, eine fachübergreifend breit abgestützte Begleituntersuchung durchzuführen.

Die Untersuchungen umfassten die physikalisch-chemischen Verhältnisse, den Massenumsatz und die Morphodynamik sowie die Biologie (Aufwuchs, Makroinvertebraten, Fische, Ufervegetation). Soweit möglich wurden der Zustand vor der Spülung, die Verhältnisse während der Spülung und der Zustand unmittelbar nach der Spülung erfasst sowie mehrere Wochen nach dem Ereignis eine Nachkontrolle durchgeführt.

Die Berichte zu den Ergebnissen sämtlicher Untersuchungen werden - nach Fachbereichen gegliedert - in den "Arbeitsberichten zur Nationalparkforschung" wiedergegeben. Damit soll gewährleistet werden, dass die Ergebnisse möglichst umgehend den Bearbeitern und weiteren Interessierten zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse der weiteren Untersuchungen im Rahmen der Grundablass-Spülung des Livignostausees sind in folgenden "Arbeitsberichten zur Nationalparkforschung" enthalten:

SCHLUECHTER, Chr., LANG, R., MUELLER, B., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (1): Massenumsatz.

JAEGER, P., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (3): Morphodynamik und Uferstabilität.

ELBER, F., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (2): Physikalische und chemische Verhältnisse während der Spülung und Aufwuchsuntersuchungen im Spöl und im Ova dal Fuorn.

KUSSTATSCHER, K., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (5): Ufervegetation.

Es ist vorgesehen, dass eine Gesamtschau zu den Ergebnissen der Begleitung demnächst in der Reihe "Nationalparkforschung in der Schweiz" erscheinen wird.

Die fischereibiologischen Untersuchungen wurden durch das Institut für angewandte Hydrobiologie (Bern und Konstanz) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Sektion Fischerei, Dr. E. Staub und Dr. D. Hefti) durchgeführt.

Für die algologischen Untersuchungen stellte der Zentralvorstand der SANW auf Antrag von Dr. K. Hanselmann (Präsident der Sektion IV der SANW) einen namhaften Beitrag zur Verfügung.

Die weiteren Arbeiten konnten dank der spontanen Bereitschaft von PD Dr. B. Nievergelt (Präsident WNPk) mit Unterstützung der WNPk durchgeführt werden.

Allen weiteren Personen, welche zur Durchführung der Untersuchungen beigetragen haben, sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.

März 1991

Thomas Scheurer
Koordinator WNPk

Charakterisierung und Quantifizierung ökologischer Folgen von Stauseespülungen in den Schweizer Alpen

BUWAL - Auftrag Fe/BUWAL/310.90.41

1. Objekt:

**Spülung des Grundablasses
der Staumauer Punt dal Gall;
Spöl im Schweiz. Nationalpark**

Zwischenbericht zuhanden der
Wissenschaftlichen Nationalparkkommission
und des
Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft

Januar 1991

Institut für angewandte Hydrobiologie

Grossherzog-Friedrich-Str. 2A
D-7750 KONSTANZ 16

Hirschengraben 6
CH-3011 BERN

BUWAL Auftrag Nr. FE/BUWAL/310.90.41

Charakterisierung und Quantifizierung ökologischer Schäden, die durch periodische Spülungen von Alpenstauseen und von Sand und Geschiebefängern in den Schweizer Alpen verursacht werden.

1. Objekt: Spülung des Grundablasses der Staumauer Punt dal Gall des Livigno-Stausees (Engadiner Kraftwerke).

ZWISCHENBERICHT

von Peter Rey und Stefan Gerster

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE HYDROBIOLOGIE

Konstanz und Bern, den 20.1.1991

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 CHARAKTERISIERUNG DES SPÜLUNGSOBJEKTS	1
1.1 Hydrologie	1
1.2 Geomorphologie des Bachbettes	1
2 FELDBEOBACHTUNGEN	3
2.1. Auswahl der Probenahmestellen	3
2.1.1 Probestelle SPÖ 1	3
2.1.2 Probestelle SPÖ 2	4
2.2 Beobachtungen vor der Spülung	5
2.2.1 Bachmorphologie	5
2.2.2 Biologie	5
2.3 Beobachtungen während und nach der Spülung	6
2.3.1 Gewässermorphologische Effekte	6
2.3.2 Biologische Effekte	7
2.4 Beobachtungen bei der Nachuntersuchung im Juli	8
2.4.1 Bachmorphologie	8
2.4.2 Biologie	8
3 BENTHOSBESIEDLUNG UND DRIFT	9
3.1 Benthosproben	9
3.1.1 Benthosbesiedlung vor der Spülung	9
3.1.2 Benthosbesiedlung direkt nach der Spülung	9
3.1.3 Benthosbesiedlung 4 Wochen nach der Spülung	10
3.2 Driftmessungen	10
3.2.1 Driftmessungen während der Voruntersuchung	11
3.2.2 Messungen der Katastrophendrift während der Spülung	11
4 FISCHEREIBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN	17
4.1 Elektro-Abfischungen	17
4.1.1 Abfischung vor der Spülung am 6.6.1990	18
4.1.2 Abfischung ein Tag nach der Spülung am 8.6.1990	18
4.2 Vereinfachte Abschätzung der Bestandesdichte der Bachforellen im Spöl	19
4.3 Beobachtungen während der Spülung und Begehung am Abend nach der Spülung	20
4.4 Schlussfolgerungen	20
4.5 Datenanhang: Abfischungsprotokolle	24
5 ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG DER SPÜLUNGSMASSNAHME	27
5.1 Ökologischer Ist-Zustand des Spöl	27
5.2 Beurteilung der durch die Spülung entstandenen ökologischen Folgen	29
5.2.1 Biologie	29
5.2.2 Bachmorphologie	29
5.3 Ausblick	30
Grafik- und Fotoanhang	A1-A5

1 CHARAKTERISIERUNG DES SPÜLUNGSOBJEKTS

1.1 Hydrologie

Der **Spöl**, neben **Ova dal Fuorn** und **Ova da Cluozza** der grösste Gebirgsbach im Gebiet des Schweizerischen Nationalparks im Engadin, wurde durch den Bau der Stauhaltung **Lago di Livigno** (1962-69) sowie des ca 5 Fliesskilometer unterhalb liegenden Ausgleichbeckens **Ova Spin** grundlegend in seiner ursprünglichen Charakteristik verändert. Die ursprüngliche durchschnittliche Jahresabflussmenge von 7 bis 12 m³/s verringerte sich ab 1963 mit der Ableitung des Alto Spöl (Wasserleitung nach Italien) zum erstenmal auf gut 6 m³/s, und nach der Inbetriebnahme des Livignostausees 1970 auf die im Konzessionsgesuch festgelegte Restwassermenge von 1 m³/s. Überdies besteht ein Wechsel in der Dotierwassermenge zwischen Nacht (1 m³/s) und Tag (2.4 m³/s) und zwischen Sommer und Winter, indem im Winter der Abfluss bis auf minimal 0,5 m³/s reduziert werden darf.

Es liegt hier also ein durch sowohl oberhalb als auch unterhalb sich befindende Stauseen isoliertes Bachsystem vor. Das verbleibende (ohne Kollektor Alto Spöl = 105 km²) Einzugsgebiet des Spöl beträgt heute bei **Punt dal Gall** ca. 190 km². Die Dotierwassermenge aus dem Grundablass des Livigno-Sees wird auf den folgenden Kilometern durch wenige kleine Bäche (Wasserführung selten mehr als 10 l/sec) sowie durch bedeutende Mengen Hangwasser ergänzt. Der dadurch zwischen **Punt dal Gall** und **Punt Praspöl** zu beobachtende Anstieg der Wassermenge wurde bis heute nie genau festgehalten. Genaue Messungen werden nur an der hydrologischen Messstation unterhalb Punt dal Gall durchgeführt. Vor einer Veränderung der jetzigen Dotierwassermenge müssten daher zusätzliche Abflussmessungen im Spöl bis etwa zur Mündung des **Ova dal Fuorn** erfolgen.

Ein weiterer hydrologischer Faktor, der sich bisher noch nicht quantifizieren liess, ist der Wasserfluss im Interstitial. Dieser spielt an vielen Stellen, sowohl für die Filterkapazität des Bachbettes als auch für die Benthosbesiedlung und - neben dem Hangwasser - auch für das Laichsubstrat der Fische (Forellen), eine entscheidende Rolle.

1.2 Geomorphologie des Bachbetts

Seit der Festlegung des Restwassers (1969/70) und damit der "Erosionsleistung" auf maximal 2,4 m³/s (10% des früheren Juni-Mittels) konnte eine kontinuierliche Abnahme des Fliesswassercharakters im Spöl zwischen den beiden Stauhaltungen beobachtet werden. Das ursprüngliche, fossile Bachbett mit einer Breite von stellenweise mehr als 30 m wird vom Bach nur noch teilweise genutzt. Dies führte dazu, dass die lateralen Komponenten (Murgänge, Bergstürze, Geröllfelder) bei der Formung der Bachmorphologie über die erodierende, bzw. auflandende Dynamik des Bachs selbst dominierten. Eine stellenweise Abnahme des Gefälles sowie Stillwasserbereiche, Resttümpel und Rückstaubereiche vor Schutfächern und Querriegeln sind die Folge. Im unteren Bereich des Spöl kommt noch der Einfluss des Ausgleichbeckens Ova Spin hinzu, dessen Stauwurzel über 1 km in den Spöl hineinreicht.

Da sich diese Änderung in der Flussmorphologie im Verlauf von nur 20 Jahren eingestellt hat, ist unter den gegebenen Verhältnissen langfristig mit einer wachsenden Abfolge von Stillwasserbereichen im Bachverlauf zu rechnen, die weiterhin durch fließende Abschnitte miteinander verbunden bleiben.

2 FELDBEOBACHTUNGEN

Grundlage für alle weiteren Untersuchungen war die genaue Beobachtung der In-situ-Verhältnisse vor und nach der Spülung, die wir vor allem auf dem Abschnitt zwischen dem Grundablass **Punt dal Gall** an der Staumauer und **Punt Periv** durchführten. Protokollarisch erfasste Beobachtungen wurden durch die Auswertung von Unterwasseraufnahmen verifiziert und ergänzt.

2.1 Auswahl der Probenahmestellen

Bei der Auswahl geeigneter Stellen für die biologische Probenahme mussten die o.g. geomorphologischen und hydrologischen Besonderheiten sowie die Entfernungen der Probestellen vom Grundablass und untereinander berücksichtigt werden.

Da vor allem Driftphänomene im Mittelpunkt der Untersuchungen standen, sollten zwischen den Messpunkten nur wenige "Sedimentationsfallen" liegen, an denen driftenden Organismen ein Absinken ermöglicht wurde.

Der Abstand zwischen den Punkten **SPÖ 1** und **SPÖ 2** betrug ca. 800 Fließmeter. Dazwischen lag nur ein kleinerer Rückstaubereich oberhalb der hydrologischen Messtation .

2.1.1 Probestelle SPÖ 1

Lage: ca. 200 m unterhalb Grundablass der Staumauer Punt dal Gall. Das Probenareal umfasste eine Fließstrecke von 30 Metern. Benthosproben sowie Proben zur Bestimmung von suspendierten Algen und Schwebstoffen wurden im Bereich zwischen zwei rechtsseitigen Murgängen genommen. Driftmessungen erfolgten unterhalb der zweiten Mure.

Substrat:

Auf der gesamten Fläche dominierten Schotter und Steine in der Grösse von 5-20 cm Durchmesser. Davon waren etwa 75% scharfkantig, stammen also wohl in erster Linie aus dem lateralen Eintrag (Muren, Bergstürze) nach dem Bau der Staumauer.

Sand und Feinkies waren vor allem in langsamfliessenden Abschnitten zu finden, machten aber an keinem Punkt mehr als 25% der Gesamtbedeckung aus.

Das Substrat zeigte im Bereich der Hauptströmung keine oder nur geringe Kolmation. Auf der rechten Bachseite fanden sich - vor allem im Strömungsschatten der Murgänge - grossflächige Feinsedimentablagerungen über dem Substrat. Hier war, verursacht vor allem durch Tonminerale (?), eine mittlere bis starke Kolmation festzustellen.

Aufwuchs:

Bezogen auf die Gesamtoberfläche des Untersuchungsareals zeigten rund 20% der Steine geringen bis mittleren Kieselalgenbewuchs. Fadenalgen waren nur bei etwa 1% der Steine makrooptisch nachweisbar.

Grössere Areale, vor allem im flachen aber gut durchströmten Bereich, waren dicht mit Land- (und Quell-)moosen bewachsen. In und unter den Moospolstern befanden sich grosse Mengen Feinsediment.

2.1.2 Probestelle SPÖ 2

Lage: ca. 800 m unterhalb der Stelle SPÖ 1. Zwischen den beiden Messpunkten lag oberhalb der hydrologischen Messstation Punt dal Gall ein kleinerer Rückstaubereich sowie zwei Schwellen von 40 und 70 cm Höhe (bei 1,5 m³/s Wasserführung). Ein grosser Murgang auf der rechten und eine Felssturzhalde auf der linken Seite begrenzten das Probenareal.

Im Gegensatz zur Probestelle SPÖ 1 glich der Spöl an der 2. Stelle mehr einem typischen Bergbach dieser Höhenstufe (wie z.B. der Ova dal Fourn). Aufgrund des relativ engen Flussprofils konnte sich hier auch bei geringer Wasserführung nur wenig Feinsediment ablagern.

Substrat:

Auch hier dominierten scharfkantige Schotter und Steine. Feineres Substrat befand sich im Strömungsschatten grösserer Geröllbrocken und auf dem Grund von Kolken. Kolmationen der Substratoberfläche konnten nur an wenigen Stellen beobachtet werden, dagegen fanden sich Versiegelungen des Interstitials an manchen Stellen unter einer ca. 15 cm dicken Schicht aus grobem Lockersubstrat in der Bachmitte.

Aufwuchs:

Landmoos und Kieselalgenaufwuchs fanden wir nur an sehr wenigen flachen, überströmten Stellen. In schnellfliessenden Abschnitten und im Randbereich war so gut wie kein Aufwuchs festzustellen.

Probenahmen:

Wie an Stelle SPÖ 1 wurden Benthosproben innerhalb des Probeareals an Stellen unterschiedlicher Substratkategorie und Fliessgeschwindigkeit genommen. Driftmessungen erfolgten oberhalb dieser Probestellen. Am gleichen Ort wurden die suspendierten Algen und Schwebstoffe gemessen.

Mit der Probestelle SPÖ 2 als untere Begrenzung wurde für das fischereibiologische Programm eine Strecke von 400 m bachaufwärts befischt (s. Kapitel 4).

2.2 Beobachtungen vor der Spülung am 6.6.1990

2.2.1 Bachmorphologie

Der periodische (Tag-Nachtregime) Wechsel in der Dotierwassermenge und das gleichmässig niedrige Abflussregime haben in den letzten 20 Jahren zu dem schon in Kapitel 1 beschriebenen Erscheinungsbild des Spöl geführt:

Die Schuttfächer von Murgängen und Felssturzhalde reichten zum Teil bis weit ins Bachbett hinein und bestimmen an vielen Stellen den Verlauf der Strömungsrinne. Aufgrund der stets klein gehaltenen Abflussmenge und dadurch sehr niedrigen Erosionsleistung finden nur an wenigen Stellen nachweisbare Geschiebeumlagerungen im Längsverlauf statt. Vertikale und horizontale Strukturierung des Gerinnes sowie die Substratsortierung auf der Bachsohle sind daher nicht so deutlich ausgeprägt wie bei einem vergleichbaren Bach derselben Höhenstufe. Andererseits besitzt der Spöl einige zusätzliche Substratkategorien - vor allem in lenitischen Bereichen - die für einen Bergbach eher untypisch sind.

Einer der auffallendsten Effekte fehlender, bzw. weitgehend eingeschränkter Erosionsdynamik sind die schon oben beschriebenen Kolmationen (v.a. Lehmbänke) im Flachuferbereich und innerhalb strömungsberuhigter Zonen im Gerinne. Viele dieser "Versiegelungen" des Interstitialraumes und des Substrats werden offensichtlich durch den periodischen Wechsel der Dotierwassermenge verursacht: Im Gegensatz zur Hauptstromrinne, in der Schwebstoffe bis zur nächsten "Sedimentationsfalle" weitertransportiert werden, lagert sich bei jedem Rückgang des Wasserstandes in den langsamer fließenden, den sogenannten lenitischen Bereichen und in Moospolstern Feinmaterial ab. Besonders deutlich zeigt sich der Effekt im Hinterwasser von Schuttfächern, aus denen auch bei geringer Wasserführung stets grössere Mengen Feinmaterial ausgewaschen werden und gleich wieder absedimentieren. Liegt das sedimentierte Feinmaterial einmal im Tag trocken und kann sich verfestigen, so wird es auch durch den folgenden Wiederanstieg des Wasserstandes auf 2.4 m³/s nicht mehr vollständig abtransportiert. Eine der Folgen davon ist die Bildung von Restwassertümpeln im Uferbereich, denen bei Tagesdotierung eine direkte Verbindung zur Hauptstromrinne fehlt.

2.2.2 Biologie

Während der Voruntersuchung (Abfluss Punt dal Gall = 1 m³/s) konnten wir an vielen Stellen im Flachuferbereich (breites Gerinne) Restwassertümpel beobachten. Vor allem in den Morgenstunden fanden wir hier und an den zurückweichenden Wasserrändern im Uferbereich eine starke Konzentration von Makroinvertebraten. Ein Teil der hier konzentrierten Tiere vertrocknete im weiteren Verlauf des Tages, weil das Wasser noch weiter zurückging, ihnen selbst jedoch der "Fluchtweg" abgeschnitten war. Ein Ausweichen ins Interstitial - eine wegen der starken Wasserstandsschwankungen in den meisten Bergbächen übliche Bewegungsrichtung - war in diesem Falle auch nicht möglich, da entweder die Porengrösse des Sediments zu gering oder das Interstitial kolmatiert war.

Besonders auffallend war das Massenvorkommen der carnivoren, kaltstenothermen Planarienart *Crenobia alpina* (s. Foto im Anhang). Dieser - normalerweise nachtaktive - Strudelwurm bildete an manchen Stellen einen zusammenhängenden, dunklen Saum an der Wasserlinie. Auch von diesen Tieren fielen grössere Mengen dem zurückweichenden Wasser zum Opfer. Um die meisten der verendeten Makroinvertebraten (auch um Artgenossen) bildete sich schnell ein ganzer Klumpen von *Crenobia alpina*.

Auch die Ansammlungen von *Crenobia alpina* bildeten sich im weiteren Tagesverlauf (stabiler Wasserstand) zurück. Die Tiere waren dann unter den Steinen zu finden.

Die köchertragende Trichopterengattung *Drusus* zeigte im Spöl einige bemerkenswerte Verhaltensweisen. An ständig überfluteten Stellen hatten sich auf beinahe jedem grösseren Stein oder Holzstück eine bis mehrere lückenlose Reihen dieser Köcherfliegenlarven mit Köchersekret festgeleimt (s. Foto im Anhang). Der Sekretröpfchen befand sich jeweils zwischen dem oberen Köcherrand und der Steinkante, sodass alle 3 Beinpaare frei waren. Auf diese Weise filtrierte die Tiere, die sich ausserdem immer an den Strömungs-Abbruchkante der Steine befanden, einen grossen Teil der auf eine bestimmte Steinfläche auftreffenden Schwebepartikel aus der Strömung.

Neben diesem Teil der *Drusus*-Population, fanden wir einen ebenso grossen Teil dieser Tiere diffus verstreut zwischen dem Schottermaterial am Bachgrund und in schlammigen Bereichen der Ufer.

Während alle übrigen Makroinvertebraten bei der Absenkung der Dotierwassermenge mit dem Wasser zurückwichen, zeigte ein dritter Teil der *Drusus* - Population eine Wanderbewegung in entgegengesetzter Richtung, also ans trockene Ufer und auf Steine, die aus dem Wasser ragten.

2.3 Beobachtungen während und nach der Spülung am 7./8.6.1990

2.3.1 Gewässermorphologische Effekte

Gegenüber dem ursprünglich geplanten Spülungsverlauf fand am Tag der Massnahme eine Modifikation statt, die vor allem den Wünschen der Fischereiaufsicht (Hr. P.Pitsch) entgegenkam. Die Spülung lag mit einer Wasserführung von kurzfristig 30 m³/s etwa 20% über dem ehemaligen Juni-Mittelwert und um das 17-fache über der üblichen Dotierwassermenge

Die Spülung entwickelte eine so starke strukturierende Dynamik, dass viele der lateralen Schuttfächer und Riegel im Bachgerinne angeschnitten oder gar abgespült wurden. Grösseres Material aus Felssturzhalde konnte von der Spülung nicht bewegt werden. An einigen Stellen, so z.B. der Probestelle SPÖ 2, entstanden Abbruchkanten der Muhrgänge von nahezu zwei Metern Höhe. Der kontinuierliche Abtrag des Materials liess sich während der Spülung anhand der besonders starken Trübungsfahnen hinter den Schuttkegeln verfolgen.

Kolmationsphänomene waren wahrscheinlich eine der Gründe für Sohlenerosionen, die an einigen Stellen während und nach der Spülung zu beobachten waren. An beiden Untersuchungsstellen konnten wir plötzliche lokale Absenkungen des Wasserspiegels im Stromstrich beobachten, gefolgt von einer ebenso plötzlichen Erhöhung der Wassertrübung. Nach der Spülung fanden wir diese Sohlenabbrüche im Bereich zuvor kolmatierter Flächen in Form zerklüfteter Lehmterrassen, unter denen erneut Lockersubstrat zum Vorschein kam.

Hinter beinahe jedem Schuttfächer, der zuvor bis ins Bachbett reichte, befand sich nach der Spülung eine langgezogene Kies- und Schotterbank. Diese Kiesbänke waren die deutlichsten Alluvions-Phänomene, die wir nach der Spülung auf dem gesamten untersuchten Spül-Abschnitt beobachten konnten.

2.3.2 Biologische Effekte

Während wir bei grösseren Fischen (vgl. Kapitel 4) nur vergleichsweise geringe Effekte als Folge der Spülung feststellen konnten, waren die Auswirkungen auf die Benthosfauna und die Forellenlarven umso gravierender. Wie schon die ersten Beobachtungen nach der Spülung sowie Unterwasseraufnahmen zeigten, wurde ein Grossteil der Benthosorganismen und Fischbrut von ihrem ursprünglichen Standort verdriftet.

Die meisten Insektenlarven (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen etc.), Planarien, Gammariden, sowie grosse Mengen von Zooplankton konnten dem zurückweichenden Wasser nach der Spülung nicht mehr folgen und vertrockneten im Uferbereich und in Restwassertümpeln. Von den dort gefundenen Tieren waren ca. 40-50% mechanisch geschädigt und hätten wohl auch im Wasser nicht mehr überlebt.

Im Bereich von Restwassertümpeln und im Hinterwasser von Schuttfächern und Kiesbänken konnten auch grössere Mengen von Forellenbrütlingen beobachtet werden, allerdings fanden wir keine toten Tiere (vgl. auch Kapitel 4)

Die zuvor mit *Drusus* besiedelten Steine im Bach waren fast völlig entvölkert. Grosse Ansammlungen dieser Tiere fanden wir in lenitischen Bereichen oder tieferen Gumpen ohne Strömung. Überall am Ufer lagen geklumpt bis zu 10 cm dicke Schichten von *Drusus* (entsprechend $> 50'000 \text{ Ind./m}^2$), die etwa zu 25% mechanisch geschädigt und nicht mehr überlebensfähig waren. Gesunde Tiere bewegten sich in breiten Reihen zielstrebig in Richtung Wasser, das sie auch grösstenteils erreichten. Beobachtungen am Tage nach der Spülung zeigten, dass die Tiere bereits wieder ihren alten Verhaltensmustern nachgingen; auf den Steinen hatten sich einige der "Filterierer-Reihen" neu gebildet.

Auch die grossen Mengen von *Crenobia alpina*, die wir vor der Spülung überall beobachten konnten, waren direkt nach der Spülung fast völlig verschwunden, nutzten am darauffolgenden Tag jedoch schon wieder ausgiebig das erhöhte Nahrungsangebot.

2.4 Beobachtungen bei der Nachuntersuchung am 5./6.7.1990

2.4.1 Bachmorphologie

Bei der Nachuntersuchung am 5./6.7.1990, also 4 Wochen nach der Spülung, hatte sich bereits wieder ein ähnliches Substratmosaik im Spöl ausgebildet, wie wir es bei der Voruntersuchung angetroffen hatten. Besonders hinter den wieder in sich zusammengesunkenen Kegelfüßen der Muhrgänge war das Substrat erneut von einer bis 3 cm dicken Schicht aus Feinsediment bedeckt. Neue Kolmationsflächen hatten sich dagegen noch nicht ausgebildet.

An Stelle SPÖ 1 hatte sich infolge eines starken Sommergewitters der während der Spülung stark angeschnittene Schuttfächer der 2. rechtsseitigen Muhre bis fast auf die gegenüberliegende Bachseite geschoben.

2.4.2 Biologie

Die Tendenzen, dass sich bereits ein Tag nach der Spülung eine Erholung der Bach-Biozönose von dieser Störung abzeichnete, konnte auch durch die Beobachtungen während der Nachuntersuchung bestätigt werden. Praktisch an allen untersuchten Abschnitten fanden wir beinahe dieselben Verhältnisse wie vor der Spülung vor. Um dennoch Verschiebungen feststellen zu können, haben wir auch zu diesem Zeitpunkt die Besiedlung sowie die Drift genauer untersucht (Kapitel 3.1 und 3.3). Von einer erneuten fischereibiologischen Begleituntersuchung konnte dagegen abgesehen werden (vgl. Kapitel 4).

3 BENTHOSBESIEDLUNG UND DRIFT

3.1 Benthosproben

Jeweils vor und nach der Spülmassnahme sowie bei der Nachuntersuchung am 7.7.90 wurden an den Stellen SPÖ 1 und SPÖ 2 mit einem Surber-Sampler der Grundfläche 0,1 m² flächenbezogene Benthosproben genommen. Die Mischproben, die sich aus jeweils drei Teilproben von 0,1 m² zusammensetzten, wurden dabei so gewählt, dass die prozentualen Anteile der dominanten Substratkategorien in ihrem relativen Flächenverhältnis repräsentiert waren. Die Probennahme vor und nach der Spülung erfolgte im gleichen Areal (ca. 5x5 m) an Stellen gleicher Fließgeschwindigkeit ($\pm 0,025$ m/s) und Wassertiefe. So konnten wir sicherstellen, dass markante Veränderungen in der Besiedlungsdichte und Artenzusammensetzung grösstenteils auf die hydromechanischen Ereignisse der Spülung zurückzuführen sind.

3.1.1 Benthosbesiedlung vor der Spülung

Was schon die Feldbeobachtungen in Kapitel 2 zeigten, nämlich für einen Bergbach extrem hohe Besiedlungsdichten einiger weniger Taxa, konnten die genaueren Untersuchungen der Benthosproben bestätigen. Während ein naturbelassener Bach derselben Höhenstufe selten mehr als 2000 Individuen pro Quadratmeter bei vergleichbar hoher Artenzahl beherbergt, fanden wir im Spöl eher für einen Seeabfluss im Tiefland typische hohe Individuendichten (SPÖ 1 = 20'118 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte nahm - ebenfalls ein typischer Seeabflusseffekt - mit zunehmender Entfernung vom Stausee ab (SPÖ 2 noch 8'754 Ind./m²). Das Erstaunliche an den Verhältnissen am Spöl war jedoch, dass sich diese hohe Individuenzahl nicht - wie in den meisten Seeabflüssen - aus Filtrierern (Hydropsychiden, Simuliiden), sondern in erster Linie aus Sediment-, Detritus- und Fadenalgenfressern (kleinere Plecopterenarten, Chironomiden, Baetis) zusammensetzte. Eine Häufung dieses funktionellen Typs (Sediment- und Detritusfresser) ist normalerweise oberhalb einer Stauhaltung im Rückstaubereich und im Staubecken selbst zu erwarten.

Der ungewöhnlich hohe Anteil an carnivoren Strudelwürmern (*Crenobia alpina*) deutet darauf hin, dass für diese Tiere, vor allem in flachen Uferbereichen, ein extrem hohes Nahrungsangebot vorhanden ist. Die Ergebnisse der Benthos-Voruntersuchungen sind in den Abbildungen 3.1 (SPÖ 1) und 3.4 (SPÖ 2) wiedergegeben.

3.1.2 Benthosbesiedlung direkt nach der Spülung

Dass sich im Seeabfluss und den folgenden Kilometern im Spöl eine für starke Wasserstandsschwankungen sehr empfindliche Bach-Biozönose ausgebildet hatte, zeigen die Folgen der Spülung am 7.6.90. Die für den ehemaligen Spöl nicht ungewöhnliche Wassermenge, bzw. die plötzliche Vervielfachung des Abflusses führte an Stelle SPÖ 1 zu einer Ausdünnung der Benthosbesiedlung um mehr als 95% (an der Stelle SPÖ 2 um 67%). Nur typische Bergbacharten, wie z.B. *Baetis alpinus* sowie die Steinfliegengattun-

gen *Leuctra* und *Protonemoura*, waren nach der Spülung noch als umfangreichere Restpopulationen vorhanden. An der Stelle SPÖ 2 wurden nach der Spülung sogar mehr Baetiden als bei der Voruntersuchung nachgewiesen, was auf eine Konzentration von Abdriftverlusten aus oberhalb gelegenen Streckenabschnitten hindeutet (Abb. 3.2 und 3.5).

3.1.3 Benthosbesiedlung 4 Wochen nach der Spülung

Entsprechend der Stabilisierung der Verhältnisse in der Bachmorphologie und der Substratzusammensetzung hatten sich auch die biologischen Verhältnisse im Spöl nach 4 Wochen wieder denjenigen vor der Spülung angenähert. Geht man davon aus, dass in der Zwischenzeit ein Teil der Insektenlarven (z.B. der Gattungen *Leuctra* und *Baetis*) geschlüpft waren (vgl. auch Imaginesdrift Kapitel 3.2), hatten sich die Populationen schon wieder grösstenteils von der Spülung erholt. Ein direkter Vergleich der Benthos-Besiedlung vor und ein Monat nach der Spülung ist jedoch nicht möglich, da auch ohne die Spülung der natürliche Generationenwechsel der einzelnen Arten zu gewissen Unterschieden geführt hätte. Auch hier wie bei der Voruntersuchung zeigte sich, dass sich an der "natürlicheren" Stelle SPÖ 2 ein ausgeglicheneres Artenspektrum einstellte als direkt unterhalb des Grundablasses. (Abb. 3.3 und 3.6).

3.2 Driftmessungen

Neben dem indirekten Nachweis von Veränderungen (Ist-Zustand vorher-nachher) mit Hilfe von Feldbeobachtungen und Benthosproben, konnten wir durch Messungen der Driftphänomene die direkten Auswirkungen des künstlichen Hochwasserereignisses während der Spülung quantifizieren. 90 cm lange Driftnetze mit einer Öffnung von 10x50 cm und einer Maschenweite von 250 µm wurden mit Hilfe von Seilen, die an beiden Bachseiten fixiert waren, in der Strömungsmitte exponiert (dicht unter der Oberfläche, s. Foto im Anhang). Jeweils nach festen Expositionszeiten (1, 1½ oder 2 Minuten) konnten die Driftnetze auf eine Bachseite geführt und geleert werden. Bei den Driftmessungen vor und nach der Spülung konnten wir mit Hilfe der Expositionszeiten und der vor dem Netz bestimmten Fliessgeschwindigkeiten ziemlich genau die Drift-Dichte und zusammen mit der bekannten Abflussmenge auch die Gesamtdrift berechnen. Während der Spülmassnahme war eine Erfassung der Fliessgeschwindigkeit vor dem Netz nicht möglich. Wir haben daher bei den Auswertungen die absolute Zahl der während 1 Minute ins Netz (Öffnungsfläche 5 dm²) gedrifteten Tiere angegeben.

Um die zu Beginn der Massnahme erwartete Katastrophendrift unterschiedlicher Taxa genauer differenzieren zu können, fanden die ersten Messungen (bis zum Erreichen der 30 m³/s-Marke) in 15-minütigen Abständen statt. Für die Abnahme der Driftaktivität im weiteren Verlauf der Spülung genügte ein Zeitraster von einer Stunde, innerhalb dem die Driftverläufe rekonstruiert werden konnten.

Ein nochmals sehr hoher Driftgipfel nach der Spülmassnahme ist auf einen erneuten kurzfristigen Anstieg der Wassermenge auf ca. 2.4 m³/s gegen 17.30 Uhr zurückzuführen

(nicht im EKW-Protokoll !?), der riesige Mengen der auf dem Ufer gestrandeten - nur teilweise noch lebenden - Eintagsfliegen- und Steinfliegenlarven abtransportierte. Da unser Messprogramm planmässig nur bis 17.00 Uhr lief, konnte diese Nachdrift nur an der Stelle SPÖ 1 mit Hilfe einer improvisierten Versuchsanordnung erfasst werden.

An beiden Stellen fiel bei der Auswertung der Driftproben sofort die hohe Zahl der in der Welle mittransportierten Zooplanktern auf. Da sich diese Tiere innerhalb des Spöl sicher nicht reproduzieren können, müssen sie aus dem Grundablass des Lago di Livigno stammen. Während der Spülungsmassnahme fanden wir an keiner Stelle nachweisbaren Mengen in der Drift.

Zur "Eichung" der Driftergebnisse während der Spülung, sowie zur Charakterisierung der Drift bei wechselnden Dotierwassermengen, wurden sowohl vor und nach der Massnahme als auch bei der Nachuntersuchung zu vergleichbaren Tageszeiten Messungen durchgeführt.

3.2.1 Driftmessungen während der Voruntersuchung

In Fliessgewässern findet man im Tagesverlauf stets Schwankungen in der Driftmenge und -zusammensetzung. Driftgipfel zeigen sich meist während und nach den Dämmerungsphasen. Dieses Phänomen kommt einerseits durch aktive Verdriftung (Aufsuchen neuer Standorte), zu einem grossen Teil aber auch durch zufälliges Verdriften bei der Nahrungssuche (Weidegänger suchen in der Dunkelheit Steinoberseiten auf) zustande. Auch im Falle des Spöl mussten wir daher davon ausgehen, dass die "Hintergrund-Drift" während des Tages am geringsten ist.

Unsere Driftnetze wurden im Stromstrich exponiert, wo sich auch das lokale Fliessgeschwindigkeits-Maximum befand. Zur Erfassung der Basis-Driftmenge wurden an beiden Stellen Punkte mit stabilen Strömungsverhältnissen bei einer durchschnittlichen Fliessgeschwindigkeit von 0,7 m/s vor dem Netz ausgewählt. Bezogen auf den Gesamtabfluss bei der Tagesdotierung (ca 1 m³/s an SPÖ 1, ca. 1,2 m³/s an SPÖ 2) errechnete sich eine Wasser-Durchflussmenge durch die Driftnetze von rund 126 m³/h. Dies entspricht einem Anteil von 3,5% des Gesamtabflusses an Stelle SPÖ 1 sowie 2,9% an Stelle SPÖ 2.

Die Basis-Drift an der Stelle SPÖ 1 betrug nach dieser Berechnung also 1'900 Individuen/h (ohne Zooplankton). Die Drift an Stelle SPÖ 2 lag, auch bei Berücksichtigung der etwas grösseren Durchflussmenge, mit 5'400 Individuen/h etwas höher.

Da aufgrund einigermaßen konstanter Driftlängen (Abdriften-Wiederabsinken) einzelner Taxa eine solche Driftmessung, unabhängig von der lokalen Besiedlungsdichte, die Drift einer längeren, bachaufwärts liegenden Strecke erfasst, war dieses Ergebnis nicht überraschend (SPÖ 2 integriert eine wesentlich längere Fliessstrecke als SPÖ 1).

Überraschend war die für einen oligotrophen Seeabfluss sehr hohe Zahl an Zooplanktonorganismen. Die Basis-Drift lag mit rund 450'000 Organismen pro Stunde an beiden Probestellen etwa gleich hoch.

3.2.2 Messung der Katastrophendrift während der Spülung

Für die Berechnung der Katastrophendrift spielten die geringen Unterschiede in der Basis-Wasserführung der beiden Probestellen keine Rolle mehr. Da die Driftnetze auch in diesem Fall im Stromstrich exponiert wurden, konnten wir hier von einer guten vertikalen Durchwirbelung der Drift und damit Repräsentativität der Proben ausgehen.

Unsere Beobachtungen (vgl. Verteilung der abgedrifteten Organismen nach der Spülung in Kap. 2) und Messergebnisse (absolute Zahlen/Min.) zeigten, dass während der Spülungen unterschiedliche Organismengruppen auch unterschiedliche Abdriftmuster zeigten. Vor allem Eintagsfliegen- und Steinfliegenlarven wurden stark verwirbelt und folglich weite Strecken im Längsverlauf des Spöl abgedriftet (höhere Konzentrationen an Stelle SPÖ 2 im Driftnetz und nach der Spülung im Benthos), während kriechende (*Crenobia*) und schwere Tiere (*Drusus*) ziemlich schnell ans Ufer verdriftet wurden. Da die Abdrift der beiden letzteren Gruppen offensichtlich mehr in Bodennähe stattfand, konnten wir sie in unserer Oberflächendrift auch nur zu einem geringen Prozentsatz nachweisen.

An der **Stelle SPÖ 1** folgte nach einem steilen Driftgipfel, der je nach Taxon bei einer Wasserführung zwischen 1 und 6 m³/s einsetzte und in den meisten Fällen bei 15 bis 20 m³/s ihren höchsten Wert erreichte ein schneller Rückgang der Driftmenge, z.T. noch vor der grössten Spülmengemenge. Der späte Einsatz der Drift von Sedimentbewohnern (v.a. Oligochaeten) bei rund 6 m³/s ist auf die erst mit dieser Abflussmenge einsetzende Bewegung der Sedimentoberfläche zurückzuführen. Aufgrund der relativ kurzen Driftstrecke zwischen Punt dal Gall und Stelle SPÖ 1 bricht die Katastrophendrift schon kurz vor dem Erreichen des 30 m³/s - Maximums abrupt ab (Abb. 3.7 und 3.8).

Betrachtet man den genaueren Verlauf des Driftanstiegs im ersten Teil der Spülung, so fällt bei allen Gruppen der markante Rückgang der Drift bei Erreichen des 26 m³/s - Plateaus auf. Die Drift steigt jedoch nach einer erneuten Erhöhung der Wassermenge so gleich wieder an.

An der **Stelle SPÖ 2** waren insgesamt eine langsamere Abnahme, andererseits grössere Schwankungen in der Driftmenge festzustellen.

Zu Beginn der Massnahme fiel vor allem die immense Zahl frisch geschlüpfter Steinfliegenimagines auf (vgl. Abb. 3.8), die entweder während des Schlüpfens von der Spülung überrascht wurden und/oder deren Schlüpfvorgang durch die Spülung induziert wurde.

Plötzliche Zunahmen in der Schwebstofffracht (v.a. Sandfraktionen) gingen hier mit einer Zunahme der Drift von Sedimentorganismen (v.a. Oligochaeten) sowie von *Drusus* einher. Es könnte sich in diesen Fällen um die Effekte von Sohlenufrissen (vgl. Kapitel 2) und der darauffolgenden stärkeren Durchwirbelung des Sediments handeln. Erhöhte Trübungen, die durch Abbrüche von Schuttfächern (v.a. während der abnehmenden Spülmengemenge) zustandekamen, hatten demgegenüber keine messbare Auswirkung auf die Driftmenge.

Benthosbesiedlung (Ind./m²) an der oberen Probestelle SPÖ 1; Mischproben aus 3 Teilproben zu 0,1 m².

Abb. 3.1

6. Juni 90
(Vorunter-
suchung)

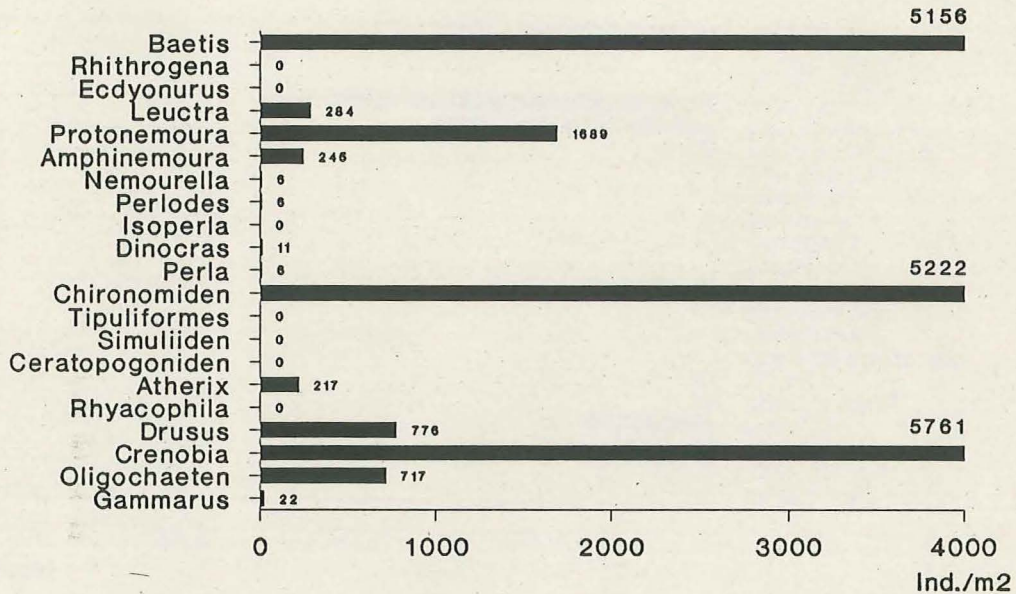


Abb. 3.2

8. Juni 90
(1. Nachun-
tersuchung)

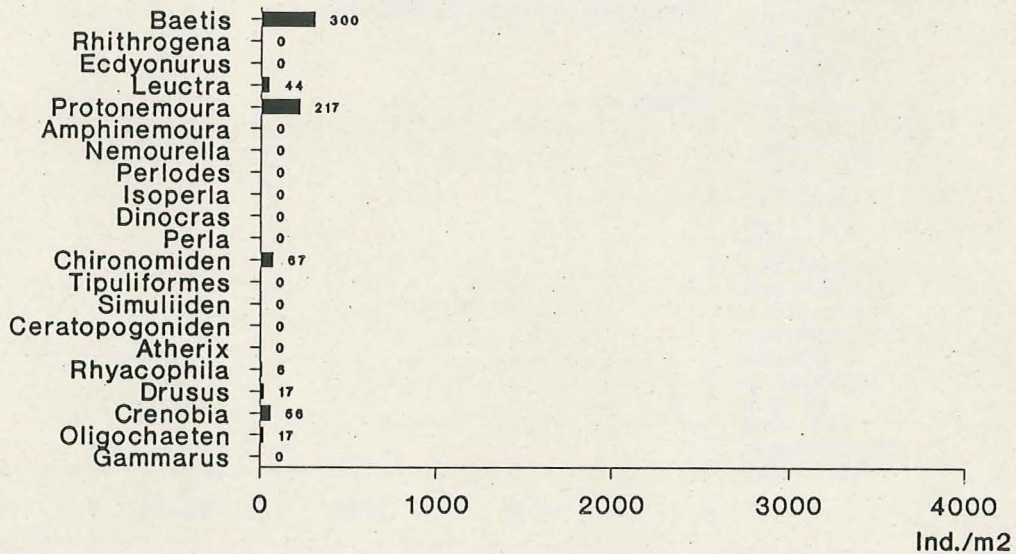
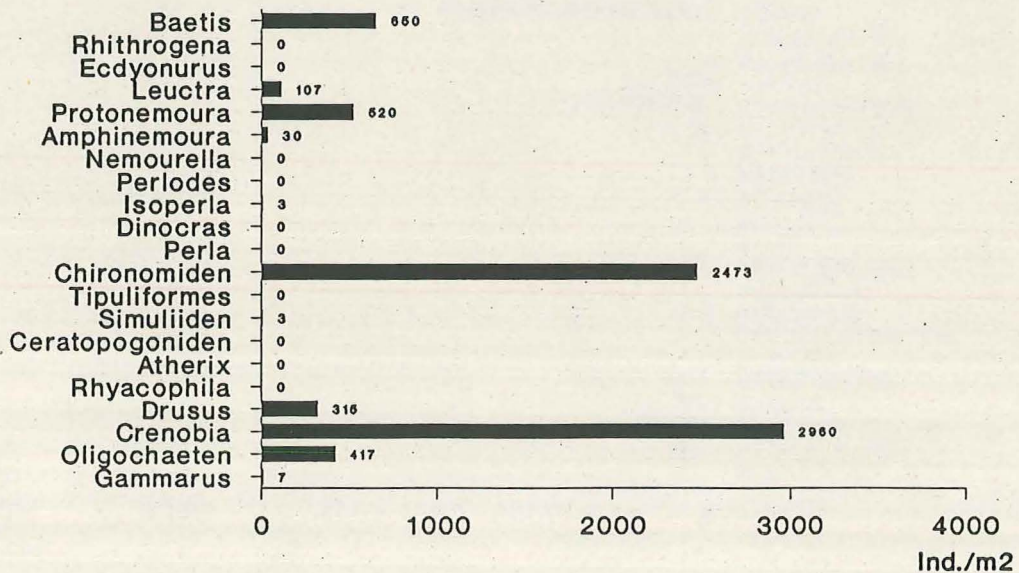


Abb. 3.3

5. Juli 90
(2. Nachun-
tersuchung)



Benthosbesiedlung (Ind./m²) an der unteren Probestelle SPÖ 2; Mischproben aus 3 Teilproben zu 0,1 m².

Abb. 3.4

6. Juni 90
(Vorunter-
suchung)

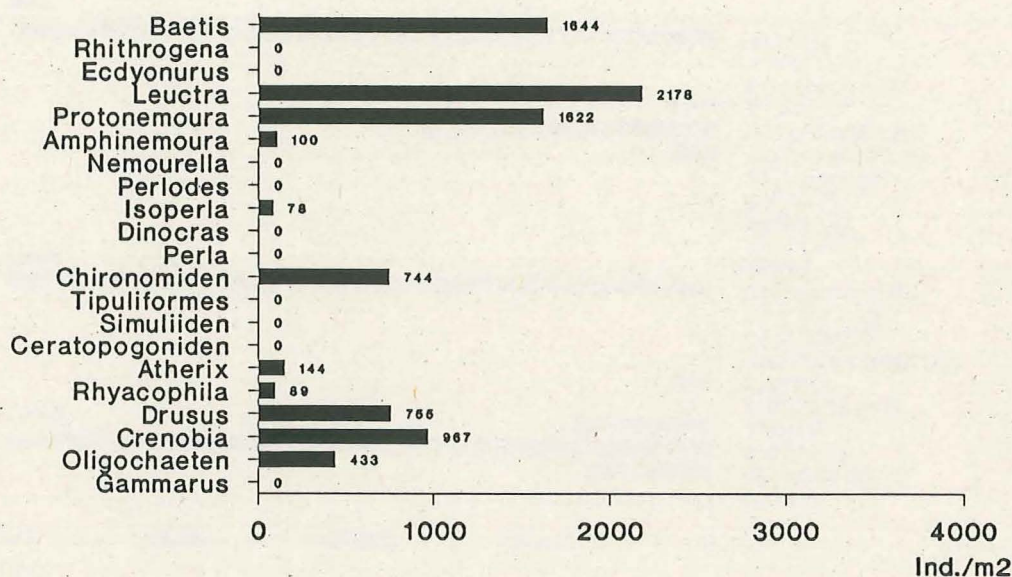


Abb. 3.5

8. Juni 90
(1. Nachun-
tersuchung)

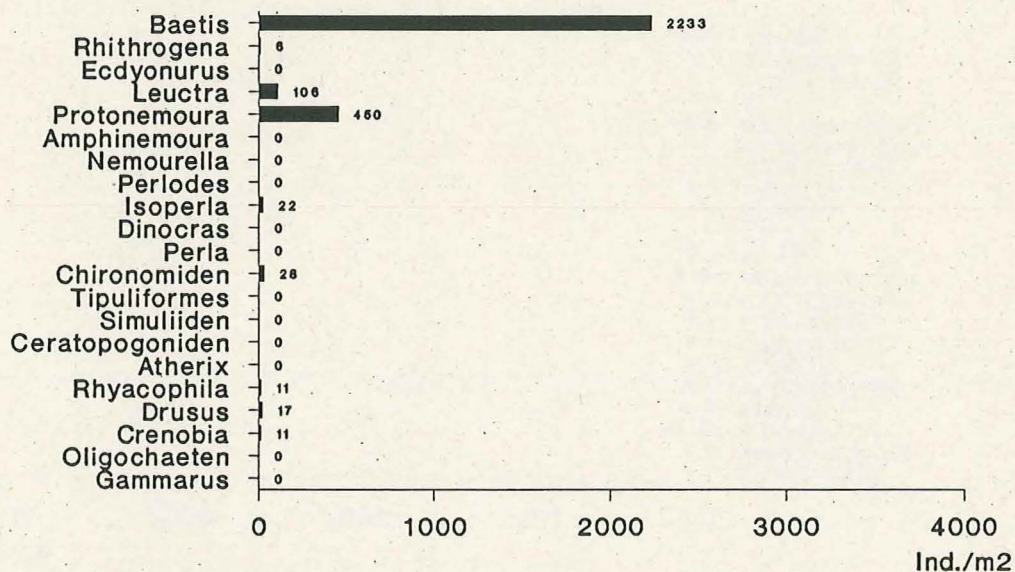
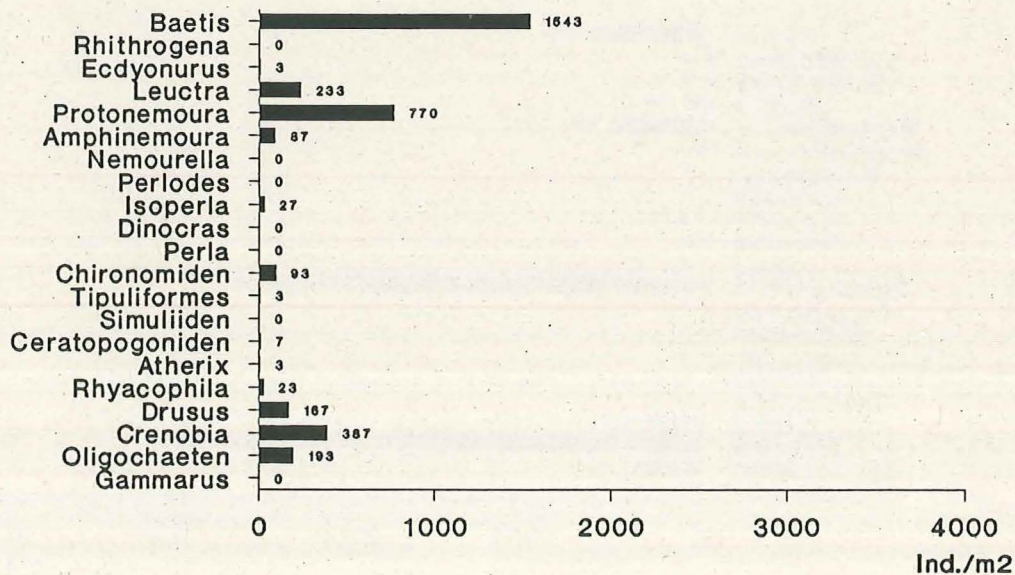


Abb. 3.6

5. Juli 90
(2. Nachun-
tersuchung)



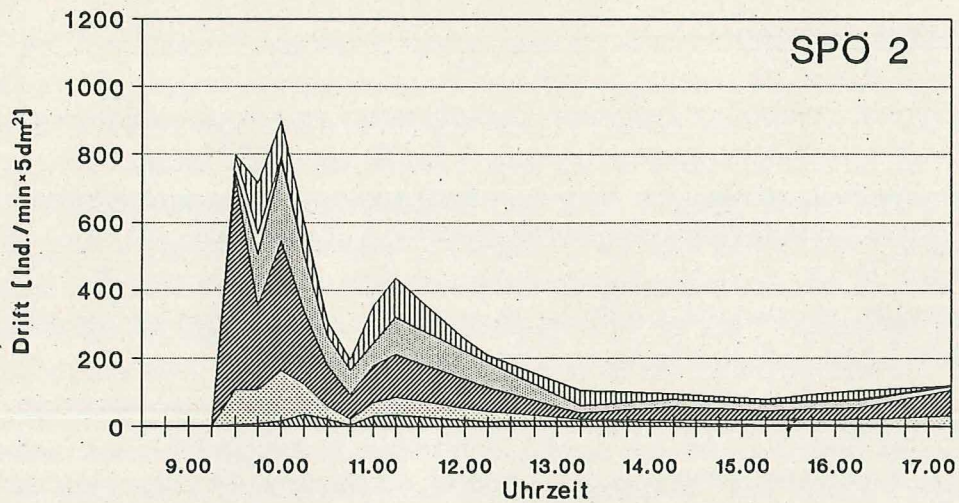
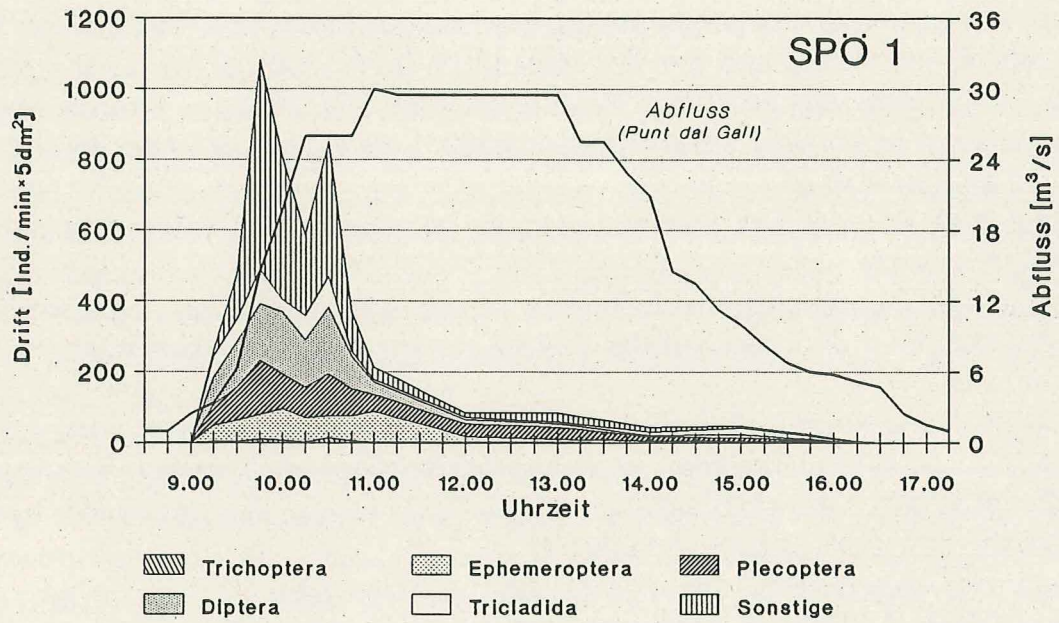


Abb. 3.7 (oben): Gesamtdrift (ohne Zooplankton) an der oberen Probestelle SPÖ 1 während der Spülmassnahme am 7. Juni 1990 (Abflussmessstelle Punt dal Gall in unmittelbarer Nähe der Probestelle).

Abb. 3.8 (unten): Gesamtdrift (ohne Zooplankton) an der unteren Probestelle SPÖ 2 während der Spülmassnahme am 7. Juni 1990.

4 FISCHEREIBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Zur Feststellung von allfälligen fischbiologischen Beeinträchtigungen im unterhalb der Staumauer Punt dal Gall gelegenen restwasserdotierten Bach "Spöl", wurde am Tag vor der Spülung (6. Juni 1990) und am Tag danach (8. Juni 1990) je die gleiche, ca. 1 km unterhalb der Grundablassstelle sich befindende, etwa 400 m lange Strecke abgefischt (Lage der Abfischungsstrecke siehe Situationsplan). Diese Stelle wurde aufgrund folgender Kriterien ausgewählt:

- Entfernung zum Grundablass nicht zu gross, da im oberen Teil mit den grössten Schäden gerechnet wurde.
- Grosse Habitatsheterogenität innerhalb einer Abfischungsstrecke, da aus zeitlichen und transporttechnischen Gründen auf die Befischung verschiedener Abschnitte verzichtet werden musste.

Diese Habitatsheterogenität umfasst praktisch alle an Bächen dieser Art vorkommenden Strukturen (pools, riffles, Flachufer, Prallhänge, Gleithänge etc.), wobei ufernahe Vegetation (Beschattung, überhängende Ufervegetation) infolge der speziellen hydrologischen Situation am Spöl weitgehend fehlt.

- Gute Zugänglichkeit und Befischbarkeit mit Elektrofängergeräten.
- Geeignete Stelle für Makroinvertebraten-Beprobung (Driftnetz, Surber-Sampler) innerhalb (resp. unmittelbar an der unteren Grenze) der Abfischungsstrecke.

4.1 Elektro-Abfischungen

Die Dotierwassermenge wurde zur besseren Durchführbarkeit der verschiedenen Beprobungen während der Untersuchungsperiode vom 6. bis 8. Juni 1990 während der ganzen Zeit auf "Nacht" eingestellt, so dass ca. 1 m³/s im Spöl aus dem Grundablass des Livigno-sees stammten. Zusätzliche tageszeitlich recht unterschiedliche Wasserführungen konnten aber sowohl am 6. als auch am 8. Juni aufgrund der verschiedenen Niederschläge dieser Tage beobachtet werden. Dies hatte auch zur Folge, dass kaum jemals gute Sichtverhältnisse während den Abfischungskampagnen herrschten.

Bei der 2. Abfischung am 8. Juni, bei der bald einmal starke Regenfälle einsetzten, wurde zudem die linke Bachhälfte durch einen oberhalb der Abfischungsstrecke gelegenen Schwemmkegel mit Feinsedimenten braun eingefärbt, so dass kaum noch eine nennenswerte Sichttiefe vorhanden war, was die Befischung der linken Bachhälfte zusätzlich stark behinderte.

Bei beiden Abfischungen wurde mit zwei Elektrofängergeräten etwa gleicher Leistung (ca. 1,5 kW) sowohl auf der linken als auch auf der rechten Bachhälfte simultan abgefischt, indem je ein Team, bestehend aus dem Anodenführer und ein bis zwei Kescherführern, respektiv weiteren Helfern mit Kübeln, auf gleicher Höhe von unten nach oben die Abfischungsstrecke quantitativ zu befischen versuchte. Inwieweit die eher niedrige Leitfähigkeit von jeweils ca. 200 µS die nachfolgend besprochenen Befischungsergebnisse negativ beeinflusste, lässt sich nicht sagen, ohne dass mit bedeutend stärkeren Geräten die gleiche Strecke befischt worden wäre (pers. Mitt. von J. Guthruf, der vergleichsweise

schlechte Resultate bei Abfischungen an der Glâne FR erzielte, wo beim Einsatz eines stärkeren Gerätes in einem zweiten Durchgang dann die Fangquoten beträchtlich stiegen).

4.1.1 Abfischung vor der Spülung am 6. Juni 1990

Während der 1. Abfischung, die am 6. Juni zwischen 10.15 und 11.30 Uhr bei leichtem Regen durchgeführt wurde, konnten insgesamt 48 Bachforellen und 1 Regenbogenforelle gekeschert werden (tabellarische Darstellung der Resultate im Anhang). Ungefähr 10 bis 15 Fische aller Grössenklassen konnten sich den Fangversuchen entziehen. Aufgrund der Längenverteilung (Abbildung 4.1) darf angenommen werden, dass bei den Bachforellen zumindest etwa 5 Jahrgänge (1+ bis 5+) im Fang vertreten waren. 0+-Fische wurden mit dem Elektrofangergerät keine erfasst, konnten jedoch durch Direktbeobachtungen ebenfalls festgestellt werden (s. unten).

Die gefangenen Fische wurden an zwei Deponiestellen ("unten", "oben") bis zum Ende der gesamten Befischung gehältert. Dann wurden sie ohne Narkose vermessen (total-length) und mit einem Hochdruckmarkiergerät (Panjet) eine Farbmarke (Alcianblau) an der Schwanzflosse angebracht (s. Foto im Anhang). Die vermessenen und markierten Fische wurden im oberen Teil der Abfischungsstrecke wieder ausgesetzt.

4.1.2 Abfischung ein Tag nach der Spülung am 8. Juni 1990

Die bei recht starken Regenfällen durchgeführte Abfischung vom 8. Juni (9.30 bis 11.00 Uhr), einem Tag nach der Spülung, erbrachte insgesamt 73 Bachforellen und 2 kleinere Äschen. Die Äschen gehören wohl weniger in dieses Bachsystem und dürften aus dem Inn stammen, wovon ein Teil des Wassers bei S-chanf abgeleitet wird und über einen Freispiegelstollen ins Ausgleichsbecken Ova Spin gelangt. Die grössere Anzahl an gefangenen Fischen bei dieser zweiten Abfischung beruht vermutlich hauptsächlich auf der Tatsache, dass die Teams etwas besser eingespielt waren und über einen zusätzlichen Kescherführer verfügt werden konnte. Zudem wurde die Anode des einen Geräts (mit nicht abgewinkeltem Ringende) durch eine in solchen Fliessgewässern besser geeignete ersetzt (längere Stange, abgewinkeltes Ende mit Ring kleineren Durchmessers). Massgebend bei der augenfälligen Bessererfassung der kleineren Fische (s. Abb. 4.2) war eine gezieltere und sorgfältigere Befischung der ufernahen Flachwasserstellen, die vor allem im oberen Abschnitt der Abfischungsstrecke häufig anzutreffen waren.

Die Resultate der 2. Abfischung sind in Abbildung 4.2 und 4.3 dargestellt. Die Trennung in "unten" und "oben" gefangene Fische lässt sich nicht streng mit der 1. Abfischung vergleichen, da jeweils nicht die genau gleichen Streckenabschnitte zu einem Fischdepot zusammengefasst wurden.

Die in Abbildung 4.3 dargestellten Resultate zu den Wiederrängen markierter Fische zeigen erstaunliche Resultate, indem insgesamt 21 der wiedergefangenen Fische markiert waren, wovon von den 11 als "im unteren Abschnitt markierte" Fische 7 wieder im unteren Abschnitt, respektive alle 10 als "im oberen Abschnitt markierte" Fische wieder im oberen Abschnitt gefangen wurden. Dass von den grösseren Fischen der Anteil markierter Fische (59% der Bachforellen ≥ 20 cm) höher ausgefallen ist, muss auf einen höheren Anteil klei-

nerer Fische in der 2. Abfischung (Gründe s. oben) zurückgeführt werden. Allgemein dürfen aber aufgrund des hohen Anteils an wiedergefangenen markierten Fischen folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die pessimistische Einschätzung des Fangerfolgs der 1. Abfischung muss relativiert werden, da wohl kaum die markierten Fische besser fangfähig sind.
- Eine infolge der Spülung erwartete Verdriftung oder gar Verwüstung der Fischfauna kann nicht festgestellt werden. Aufgrund der Verteilung von "oben" und "unten" markierter Fische kann sogar gezeigt werden, dass die einzelnen Fische immer noch in ihren angestammten Habitaten anzutreffen sind (die Fische mussten diese - zumindest zum Teil - während der 1. und 2. Abfischung aktiv wieder aufsuchen, da alle in den oberen Abschnitt zurückgesetzt wurden).

4.2 Vereinfachte Abschätzung der Bestandesdichte der Bachforellen im Spöl

Anhand der Wiederfänge markierter Fische und den zwei Abfischungsdurchgängen lässt sich auf vereinfachte Art und Weise eine Bestandesabschätzung der Bachforellen im betreffenden befischten Spölabschnitt herleiten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Befischungseffizienz, hauptsächlich der kleineren Fische, in der 1. Abfischung unterdurchschnittlich war, wodurch der Gesamtbestand schlussendlich eher etwas unterschätzt wird (dies muss aber nicht unbedingt der Fall sein, da die Wahrscheinlichkeit, in einem 2. Abfischungsdurchgang mehr markierte Fische zu fangen, mit der grösseren Anzahl im 1. Abfischungsdurchgang markierter Fische ebenfalls zunehmen dürfte). Für die Bestandesabschätzung wurde folgende Beziehung verwendet:

$$\frac{\text{markierte der 1. Abfischung}}{\text{Total-Bestand}} = \frac{\text{markierte der 2. Abfischung}}{\text{Gesamtfang der 2. Abfischung}}$$

bei Berücksichtigung aller Längenklassen ergibt sich somit folgender Totalbestand:

$$\text{Total}_{\text{Bachforellen}} = \frac{47 \cdot 73}{21} = 163$$

bei Berücksichtigung nur der Bachforellen mit Längen ≥ 20 cm:

$$\text{Total}_{\text{Bafo} \geq 20 \text{ cm}} = \frac{27 \cdot 22}{13} = 46$$

Wenn diesen Zahlen vertrauen geschenkt werden darf, kann die Befischungseffizienz der 1. Abfischungskampagne (auf Bachforellen älter 0+) als sehr hoch eingeschätzt werden. Sie beträgt für alle Längensklassen 61% (Prozentanteil der effektiven, in der 1. und 2. Abfischung gefangenen Fische [in der 2. Abfischung gefangene markierte Fische sind vom Total abzuziehen!] vom berechneten Gesamtbestand), für Fische ≥ 20 cm sogar 82%.

4.3 Beobachtungen während der Spülung und Begehung am Abend nach der Spülung

- Es wurden während der Spülung an keiner Stelle des Spöls abdriftende oder tote Fische beobachtet. Auch nach Beendigung der Spülung konnten keine toten Fische gefunden werden; ob solche allenfalls bis ins unterhalb liegende Ausgleichsbecken Ova Spin gespült würden, ist fraglich (im Staubereich selber konnten jedoch keine Beobachtungen gemacht werden).
- Eine Begehung des Spöls auf der Strecke von der Staumauer bis zu Punt Perif unmittelbar nach Beendigung der Spülung zeigte, dass beim Rückgang des Wassers fast ausschliesslich 0+-Bachforellen in nicht zu unterschätzenden Mengen stranden, respektive in vom Bach isolierten Tümpeln verbleiben.
Ob ein noch langsames Absenken der Spülwassermenge auf Dotierwassermenge die Zahl gestrandeter Fische verringern würde, ist zweifelhaft. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Wassermenge wenn möglich kontinuierlich abnimmt und nicht sprunghaft, wie dies bei der Spülung am Spöl am Schluss der Fall war, indem ab etwa 16.30 Uhr die Grundablassmenge von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ sehr schnell auf $1 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert wurde.
- Die Begehung zeigte auch, dass das Substrat sich zum Zustand vor der Spülung beträchtlich verändert hat. Feinsedimente wurden ausgewaschen und damit eine Verbesserung von potentiellen Kieslaichplätzen erreicht.

4.4 Schlussfolgerungen (weitere Abfischungen?)

Aufgrund der oben diskutierten Resultate kann am Spöl von einer weiteren Kontrollabfischung abgesehen werden, da sich die Fische offensichtlich auch nach der Spülung noch in ihren angestammten Habitaten befinden.

Falls die Nahrungsbasis (Makroinvertebraten) der Fische stark beeinträchtigt wurde, könnten Nahrungswanderungen der Fische möglich sein und somit markierte Fische verschwinden, beziehungsweise neue unmarkierte dazukommen. Da jedoch die ganze Spöl-Strecke zwischen Staumauer Punt dal Gall und Ausgleichsbecken Ova Spin gleichermaßen von der Spülung betroffen wurde, sind solche Wanderungsbewegungen wohl eher unwahrscheinlich.

Inwieweit die Spülung sogar einen positiven Effekt auf die Bachforellenpopulation im Spölat (Restaurierung von Laichplätzen), lässt sich im Moment noch nicht beurteilen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass bis zur nächsten Laichzeit der Bachforellen schon wieder grössere Anteile von Feinsedimenten im Substrat vorhanden sein werden.

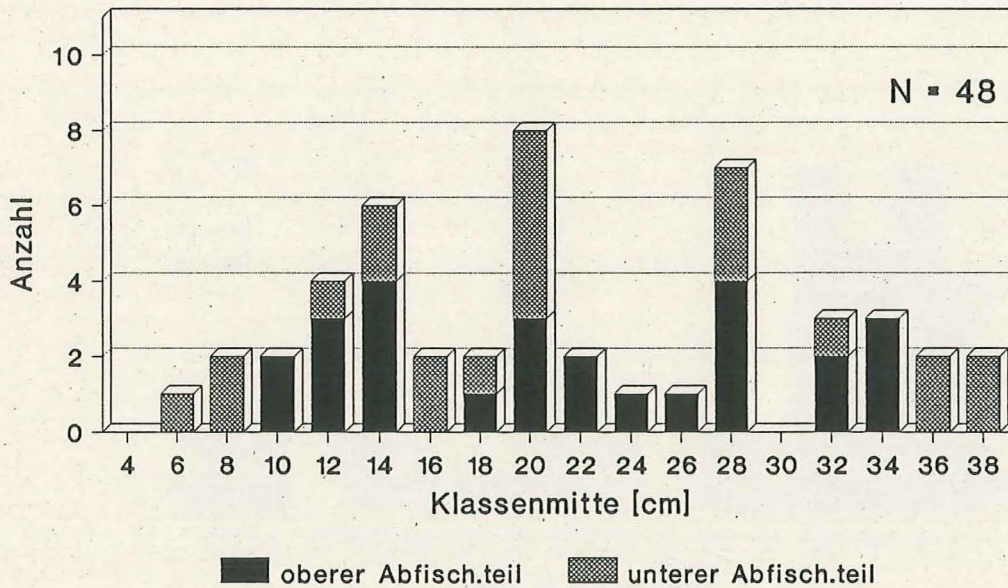


Abb. 4.1: Längenverteilung der Bachforellen, die im Spöl auf einer Befischungstrecke von 400 m am 6. Juni 1990 (Tag **vor** der Spülung) gefangen wurden. Unterteilung in oberen und unteren Teil der Abfischungsstrecke (vgl. Text).

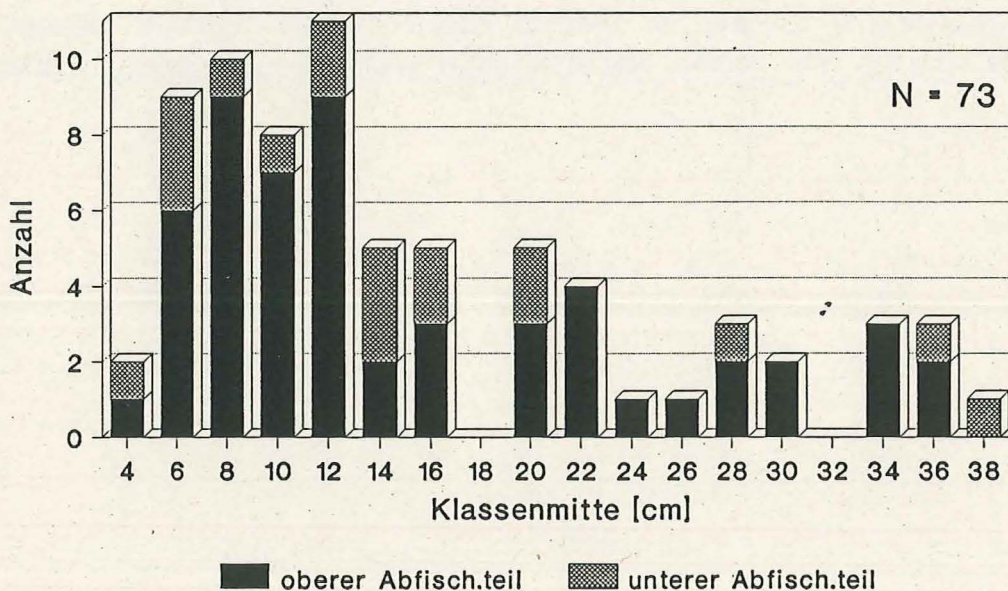


Abb. 4.2: Längenverteilung der Bachforellen, die im Spöl auf einer Befischungstrecke von 400 m am 8. Juni 1990 (Tag **nach** der Spülung) gefangen wurden. Unterteilung in oberen und unteren Teil der Abfischungsstrecke (vgl. Text).

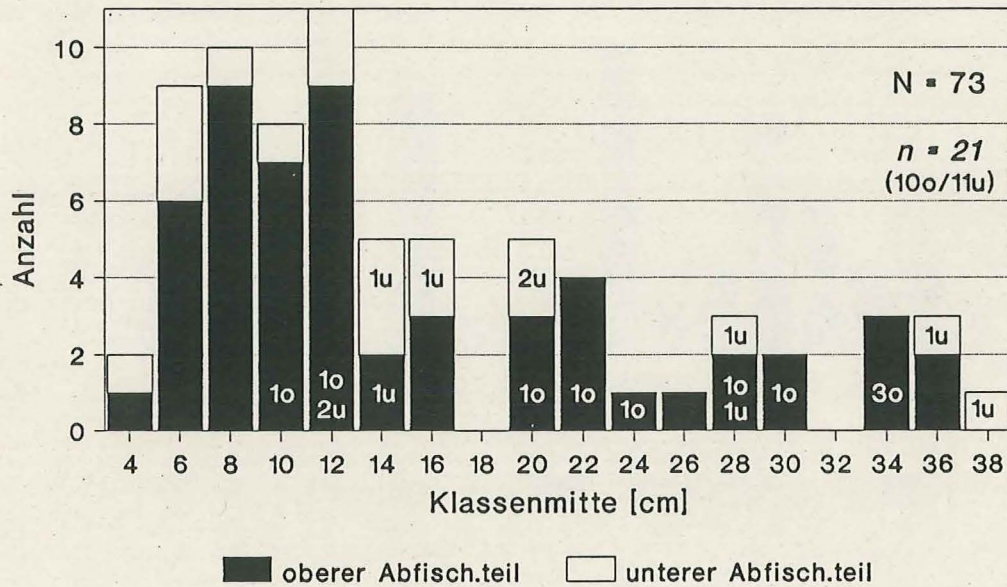


Abb. 4.3: Längenverteilung der Bachforellen der Abfischung vom 8. Juni und Angaben zu der Anzahl in den einzelnen Längensklassen wiedergefangenen markierten Fischen (Total markierte Wiederfänge = n). u = als "im unteren Abfischungsteil erstmals gefangene" markierte Fische, o = als "im oberen Abfischungsteil erstmals gefangene" markierte Fische.

4.5 Datenanhang: Abfischungsprotokolle

Objekt: **Spöl (Nationalpark)**
 Projekt: **Spülungsbegleitungen (BUWAL-Auftrag 1990)**

Abfischungsstrecke 400m (flussaufwärts abgefischt)
 mit 2 E-Geräten gefischt (1 tragbares, 1 "Gugger", je ca. 1,5 kW)

Datum: **6. Juni 1990 (1 Tag vor Spülung)**

untere Streckenhälfte:

Fischart	Länge FANG	markiert	Schuppen Nr.	Bemerkungen
Bafo	6.0	Schfl o	22	
Bafo	8.0	Schfl o	21	
Bafo	8.5	Schfl o	20	
Bafo	12.0	Schfl o	19	
Bafo	13.5	Schfl o	17	
Bafo	15.0	Schfl o	18	
Bafo	16.0	Schfl o	16	
Bafo	16.5	Schfl o	15	
Bafo	17.5	Schfl o	14	
Bafo	19.5	Schfl o	10	
Bafo	20.0	Schfl o	13	
Bafo	21.0	Schfl o	12	
Bafo	21.0	Schfl o	9	
Bafo	21.0	Schfl o	11	
Bafo	27.5	Schfl o	7	
Bafo	29.0	Schfl o	8	
Bafo	29.0	Schfl o	2	
Bafo	32.5	Schfl o	6	
Bafo	35.5	Schfl o	3	
Bafo	36.0	Schfl o	4	
Bafo	38.5	Schfl o	5	
Bafo	38.5	Schfl o	1	

obere Streckenhälfte:

Fischart	Länge FANG	markiert	Schuppen Nr.	Bemerkungen
Bafo	10.5	Schfl u	-	
Bafo	10.5	Schfl u	-	
Bafo	12.0	Schfl u	-	
Bafo	12.0	Schfl u	-	
Bafo	12.0	Schfl u	-	
Bafo	13.5	Schfl u	42	
Bafo	13.5	Schfl u	40	
Bafo	14.0	Schfl u	43	
Bafo	15.0	Schfl o	41	(unterer Schfl-Teil fehlt)
Bafo	19.0	Schfl u	39	
Bafo	19.5	Schfl u	37	
Bafo	21.0	-	-	
Bafo	21.0	Schfl u	38	
Bafo	21.5	Schfl u	36	
Bafo	22.5	Schfl u	35	
Bafo	23.5	Schfl u	34	
Bafo	25.5	Schfl u	33	
Bafo	28.0	Schfl u	31	
Bafo	28.0	Schfl u	30	
Bafo	29.0	Schfl u	27	
Bafo	29.0	Schfl u	32	
Bafo	31.5	Schfl u	28	
Bafo	33.0	Schfl u	25	
Bafo	34.0	Schfl u	26	
Bafo	34.0	Schfl u	23	
Bafo	34.5	Schfl u	24	
Rebof	28.0	Schfl u	29	

Bafo = Bachforelle Rebof = Regenbogenforelle

Abfischungsprotokoll

Objekt: **Spöl (Nationalpark)**
 Projekt: **Spülungsbegleitungen (BUWAL-Auftrag 1990)**

Abfischungsstrecke 400m (flussaufwärts abgefischt)
 mit 2 E-Geräten gefischt (1 tragbares, 1 "Gugger", je ca. 1,5 kW)

Datum: **8. Juni 1990 (1 Tag nach Spülung)**

untere Streckenhälfte:

Fischart	Länge	markiert	Bemerkungen
	WIEDERFANG		
Bafo	5.0	-	
Bafo	5.5	-	
Bafo	6.0	-	
Bafo	6.5	-	
Bafo	8.0	-	
Bafo	10.0	-	
Bafo	12.0	-	
Bafo	12.0	-	
Bafo	14.0	-	
Bafo	14.0	-	
Bafo	15.0	Schfl o	
Bafo	15.5	-	
Bafo	17.0	Schfl o	
Bafo	19.5	Schfl o	
Bafo	21.0	Schfl o	
Bafo	29.0	Schfl o	
Bafo	35.5	Schfl o	
Bafo	39.0	Schfl o	

Bafo = Bachforelle

Schfl: Schwanzflosse (o=oben, u=unten)

obere Streckenhälfte:

Fischart	Länge markiert	Bemerkungen
	WIEDERFANG	
Äsche	15.5	-
Äsche	16.0	-
Bafo	5.0	-
Bafo	6.0	-
Bafo	6.0	-
Bafo	6.0	-
Bafo	7.0	-
Bafo	7.0	-
Bafo	7.0	-
Bafo	8.0	-
Bafo	8.0	-
Bafo	8.0	-
Bafo	8.0	-
Bafo	8.0	-
Bafo	9.0	-
Bafo	9.0	-
Bafo	9.0	-
Bafo	9.0	-
Bafo	10.0	-
Bafo	10.0	-
Bafo	10.0	-
Bafo	10.5	Schfl u
Bafo	10.5	-
Bafo	11.0	-
Bafo	11.0	-
Bafo	12.0	-
Bafo	12.0	Schfl u
Bafo	12.0	Schfl o
Bafo	12.5	-
Bafo	12.5	-
Bafo	12.5	-
Bafo	13.0	-
Bafo	13.0	Schfl o
Bafo	13.0	-
Bafo	13.5	-
Bafo	14.0	Schfl o
Bafo	15.5	-
Bafo	15.5	-
Bafo	16.0	-
Bafo	20.0	-
Bafo	20.0	Schfl u
Bafo	20.5	-
Bafo	21.5	Schfl u
Bafo	22.0	-
Bafo	22.0	-
Bafo	22.5	-
Bafo	25.0	Schfl u
Bafo	27.0	-
Bafo	28.0	Schfl o
Bafo	28.5	Schfl u
Bafo	30.0	Schfl o (unterer Schfl-Teil fehlt)
Bafo	31.0	-
Bafo	33.5	Schfl u
Bafo	34.5	Schfl u
Bafo	35.0	Schfl u
Bafo	36.0	-
Bafo	37.0	-

Bafo = Bachforelle

Schfl: Schwanzflosse (o=oben, u=unten)

5 ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG DER SPÜLUNGSMASSNAHME

Um die Unterschiede vor und nach der Spülungsmassnahme feststellen zu können, mussten wir neben spülungsbegleitenden Untersuchungen zunächst eine möglichst genaue Charakterisierung des limnologischen Ist-Zustandes des Spöl durchführen. Vor einer abschliessenden Beurteilung der Massnahme wollen wir daher noch einmal anhand ausgewählter Ergebnisse und Interpretationen den besonderen ökologischen Charakter des Spöl festhalten.

5.1 Ökologischer Ist-Zustand des Spöl

Ausgehend von den Ergebnissen der Kapitel 2, 3 und 4 kommen wir zum Schluss, dass die anthropogenen Eingriffe in die Bachmorphologie des Spöl als Folge der Wasserkraftnutzung zu einer grundlegenden Veränderung der limnologischen Verhältnisse im Bach geführt haben. Diese Veränderung zeigt sich sowohl in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Bach-Biozönose als auch im Verhaltensmuster einiger Tiergruppen. Da heute im Spöl einigermaßen stabile limnologische Verhältnisse herrschen, kann demnach von einer abgeschlossenen ökologischen Sukzession in Folge des Baues der Wasserkraftanlage ausgegangen werden.

Neben dem Bau der Staumauer Lago di Livigno und der damit verbundenen "Amputation" des Bachsystems Spöl ist es offensichtlich die wechselnde Dotierwassermenge von 2.4 m³/s tags und 1 m³/s nachts, die eine Verschiebung der relativen Häufigkeiten einzelner funktioneller Tiergruppen sowie deren Verhaltensmuster zur Folge hatte. Im einzelnen konnten wir folgende Phänomene spezifizieren (bezogen auf den Spöl-Abschnitt Grundablass Punt dall Gall bis Punt Periv):

Phänomen	vermutl. Ursache
Verschiebung der relativen Häufigkeiten funktioneller Makroinvertebratengruppen gegenüber vergleichbaren Fliessgewässern derselben Höhenstufe; Hohe Besiedlungsdichten in der Benthos-Biozönose.	Seeabflusseffekt Lago di Livigno mit erhöhtem Nährstoffeintrag
Im Gegensatz zu vielen anderen Seeabflüssen fast keine sessilen, bzw. halbsessilen Filtrierer, Weidgänger und Beutelauerer (Hydropsychiden, Philopotamiden, Rhyacophiliden, Simuliiden, Ancylus u.a.); dadurch Verlust an Artenvielfalt zugunsten spezifischer Individuendichte.	Wechselnde Dotierwassermenge erfordert hohe Beweglichkeit. --> vagile Organismen sind konkurrenzfähiger
Hohe, für einen Gebirgsbach untypische Zooplanktondichte als zusätzliche Nahrungsressource für Wirbellose und Fische.	Ausschwemmung aus dem Lago di Livigno
Crowding-Effekt bei Makroinvertebraten und Fischbrut (Forellen) im Uferbereich und in Restwassertümpeln, v.a. während zurückgehendem Wasserstand zu beobachten.	Wechselnde Dot.wassermenge --> schnelles Trockenfallen flacher Uferstreifen
Grössere Mengen von Makroinvertebraten und Fischbrut werden bei zurückweichendem Wasser von der Hauptströmung abgeschnitten und vertrocknen.	dito.
Massenvorkommen carnivorer Planarien (<i>Crenobia alpina</i>), die sich von den grossen Mengen verendender Organismen (Makroinvertebraten, Fischbrut) im Uferbereich und in Restwassertümpeln ernähren.	Wechselnde Dot.wassermenge mit periodischem Austrocknen grosser Uferflächen.
Köchertragende Trichopterenlarven der Gattung <i>Drusus</i> zeigen als vagile Vertreter der Köcherfliegen eine flexible Ernährungsstrategie (carnivor, weidend, filtrierend).	Wechselnde Dot.wassermenge begünstigt Individuen mit flexibler Ernährungsstrategie.
Trichopteren der Gattung <i>Drusus</i> verbinden sich zu lückenlosen Ketten an Steinabbruchkanten. Den Köcher mit Sekret am Stein festgeklebt, filtrieren sie - gegen die Strömung gerichtet - mit ihren Beinen aktiv Schwebeteilchen aus der fliessenden Welle. Im Spül vertritt <i>Drusus</i> fast ausschliesslich den Ernährungstyp des "Filtrierers".	Hohe Zooplanktondichten begünstigen den Ernährungstyp des Filtrierers. Wechselnde Dot.wassermenge ist ungünstig für sessile Filtrierer.
Ein Teil dieser Trichopteren wandern bei rücklaufendem Wasserstand in Richtung Ufer und auf Steine (zum Teil in trockenliegende Bereiche), wo sie sich in grösseren Mengen sammeln. Bis jetzt noch keine Erklärung für dieses Phänomen.	Vermutlich durch wechselnde Wasserstände verursachtes Verhalten, da sonst noch nie beobachtet

Es bleibt im Weiteren die Frage, warum bei dem für einen Gebirgsbach immensen Nahrungsangebot für die Fische (v.a. Forellen), deren Populationen dennoch verhältnismässig klein bleiben.

Wahrscheinlich ist die Antwort bei den für die Reproduktionsbiologie der Kieslaicher ungünstigen hydrologischen Verhältnisse (vgl. Kapitel 2) sowie bei den ebenfalls dadurch verursachten kontinuierlichen Verlusten von Fischbrut durch Austrocknen zu suchen

5.2 Beurteilung der durch die Spülung entstandenen ökologischen Folgen

5.2.1 Biologie

Die Spülungsmassnahme vom 7.6.1990 hat zu einer erheblichen Katastrophendrift der Benthosorganismen und auch der Fischbrut geführt. Effektive Verluste durch mechanische Schädigungen lagen bei den Makroinvertebraten im Bereich von 20-50 % der erfassten Tiere.

Bei den grösseren Fischen traten keine Schädigungen auf. Drei tote Forellenbrütlinge finden wir während der Driftmessungen. Bei der Nachbegehung zeigte sich jedoch, dass bei den in Resttümpeln zurückgebliebenen Tieren keine sichtbaren Schädigungen aufgetreten sind.

Trotz einer offensichtlich radikalen Ausdünnung der Makroinvertebraten-Populationen - vor allem auf dem ersten Spül-Abschnitt - kam es schon innerhalb von 4 Wochen zu einer Wiederherstellung stabiler Besiedlungsverhältnisse.

Grössere Fische verblieben an ihren ursprünglichen Standorten oder konnten sie zumindest innerhalb eines Tages wieder aufsuchen.

Eine in der vorliegenden Form durchgeführte Spülungsmassnahme des Grundablasses Punt dal Gall führt demnach zu keinen irreparablen Schädigungen der Bach-Biozönose im Spöl. Bei sorgfältiger Auswahl der Termine (Reproduktionszeiten) gehen wir davon aus, dass selbst bei einer bis zwei Spülungen dieser Art pro Jahr geringere Verluste auftreten als durch wechselnde Dotierwassermengen.

5.2.2 Bachmorphologie

Durch die erhöhte Erosionsdynamik während der Spülung und dem dadurch bedingten Abtransport von Feinmaterial auf und im Substrat, wurde kurzfristig eine "Revitalisierung" ursprünglicher Gebirgsbachstrukturen erzielt. Durch lokale Sohlenerosionen konnte vorübergehend auch eine erneute Wiederanbindung an zuvor versiegelte Interstitialräume geschaffen werden. Beide Tatsachen sind unter dem Aspekt einer Erhöhung der Filterkapazität und damit auch der Selbstreinigungskraft des Baches als positiv zu bewerten. Im Gegensatz zur Biologie muss hier jedoch die schnelle Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse als Verschlechterung der Situation angesehen werden.

5.3 Ausblick

Sowohl unter biologischen als auch strukturellen Gesichtspunkten erscheint es sinnvoll, durch gezielte, wenigstens einmal jährlich durchgeführte Spülungsmassnahmen einer "Vertümpelung" des Spöl vorzubeugen. Während zur Beseitigung von Schuttfächern und Schuttriegeln grössere Wassermengen benötigt werden, genügt, wie die Untersuchungen zeigen, zur Auswaschung des Substrats eine Erosionsleistung von weniger als $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Einsetzen der Substratumwälzung bei ca. $6 \text{ m}^3/\text{s}$).

Die permanenten Verluste von Benthosorganismen und Fischbrut durch periodisches Trockenfallen von Substratflächen können mittelfristig nur durch eine Stabilisierung der Restwassermenge eingedämmt werden. Im Hinblick auf die Beibehaltung des Fliesswassercharakters und um einen kontinuierlichen Abtransport des Feinmaterials zu gewährleisten (bzw. eine grossflächige Sedimentation zu verhindern) sollte eine Erosionsleistung von $2 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht unterschritten werden. Als weitere Alternative bietet sich ein Wechsel der bestehenden Dotierwassermengen in grösseren Zeitintervallen an. In diesem Falle müsste eine stabile Wasserführung während wichtiger Reproduktionsperioden gewährleistet bleiben.

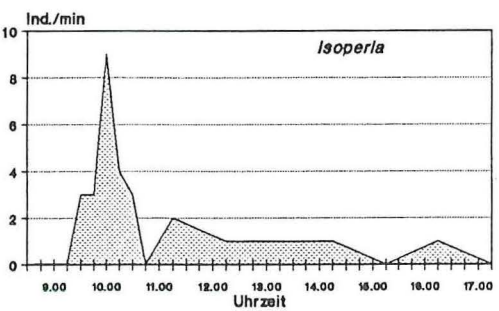
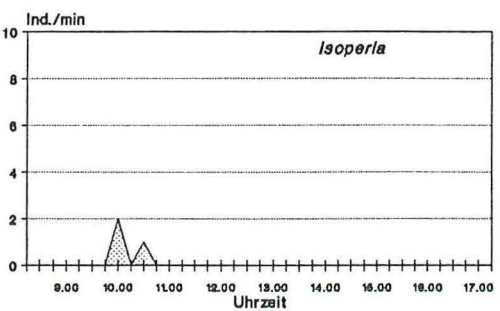
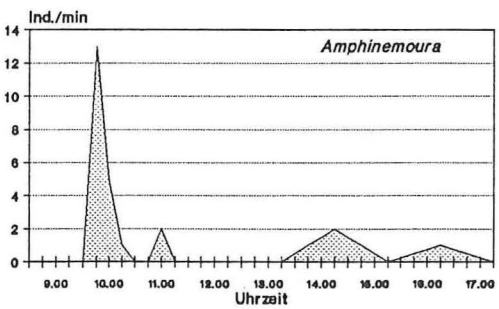
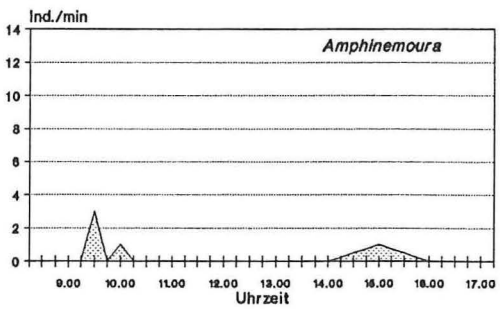
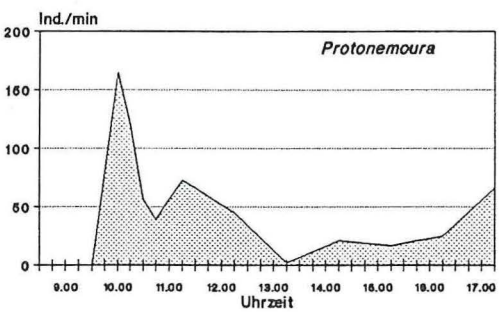
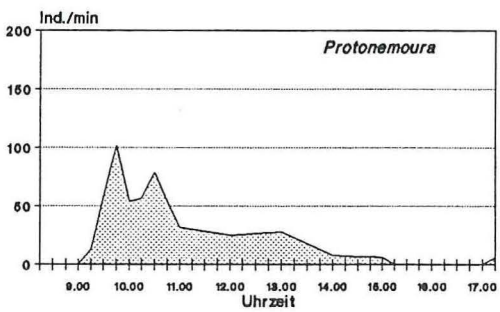
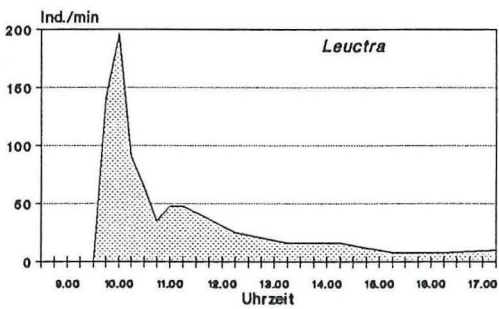
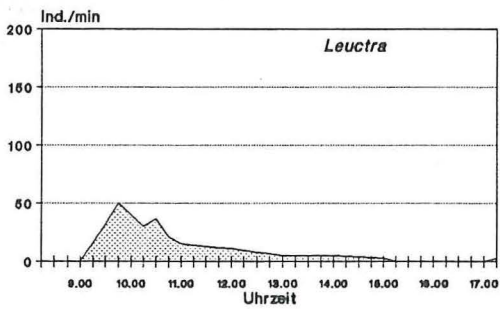
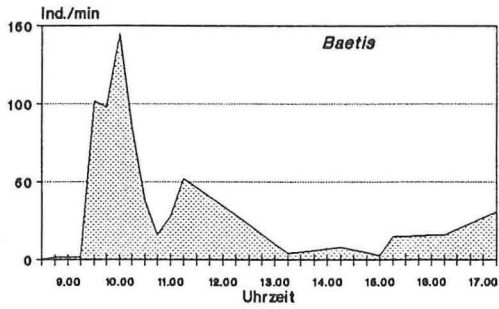
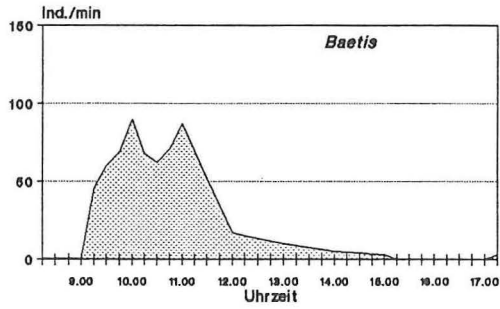
Die untersuchte Spülungsmassnahme hatte das Ziel, Schlammablagerungen aus dem Grundablasskanal der Stauhaltung zu entfernen. Nach Aussagen der EKW hätte hierzu eine Spülung mit einer Wassermenge von $15 \text{ m}^3/\text{s}$ während einer Stunde genügt. Der beobachtete Spülungsverlauf lässt keine präzise Aussage zu, ob eine Spülung von geringerer Erosionsleistung und gleicher Sedimentfracht zu negativen ökologischen Auswirkungen geführt hätte. Auf jeden Fall hatte der langgezogene Spülungsverlauf einen reinigenden Effekt auf das Bachbett und sollte auch bei weiteren Spülungsmassnahmen beibehalten werden.

Für eine allfällige Entleerung des Staubeckens und einer damit verbundenen Vervielfachung der Schwebstofffracht ohne Nachspülung müssen schon bald praktikable Alternativen gefunden werden, um eine ökologische Katastrophe, wie sie offensichtlich bei der letzten Massnahme 1984 stattgefunden hat, zu verhindern.

Driftverläufe am 7.6.1990 im Spöl Ausgewählte Taxa

Stelle SPÖ 1

Stelle SPÖ 2

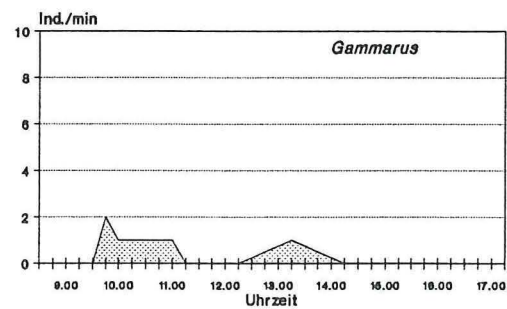
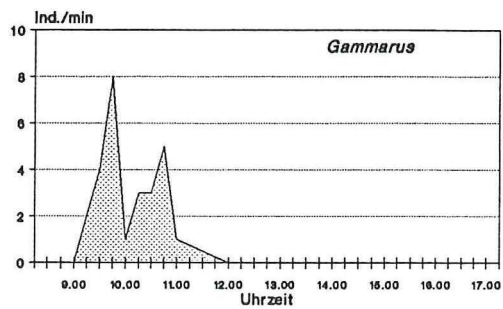
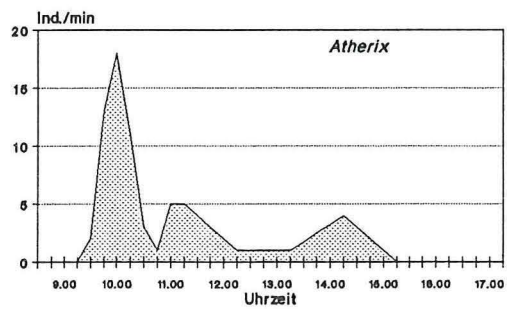
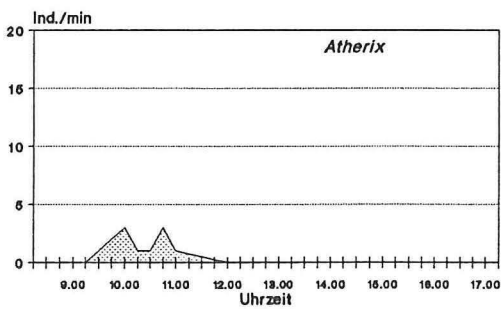
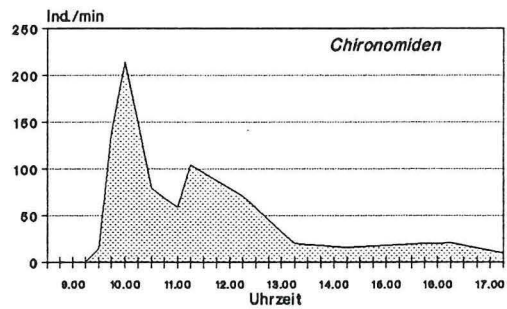
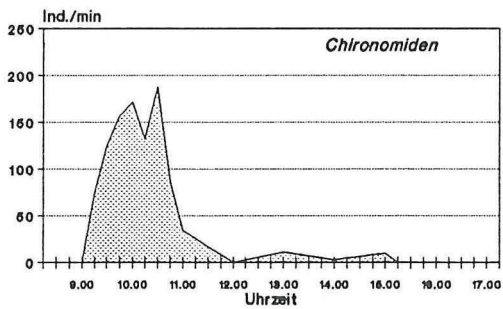
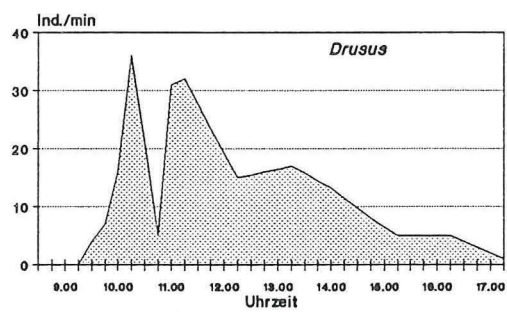
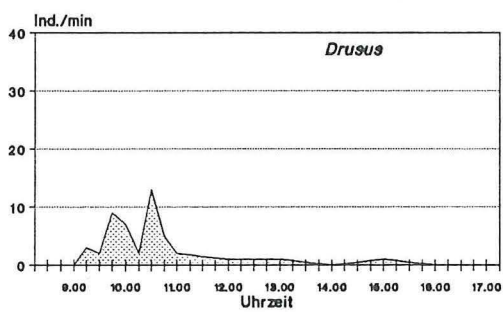
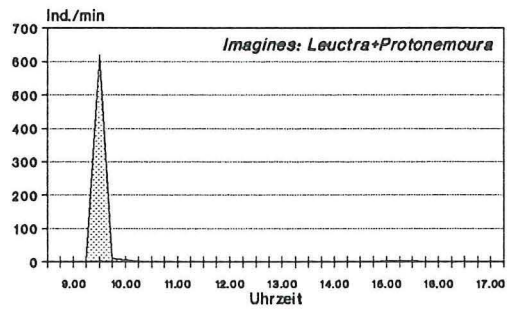
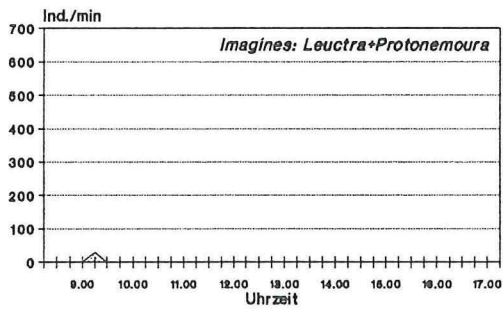


Driftverläufe am 7.6.1990 im Spöl

Ausgewählte Taxa

Stelle SPÖ 1

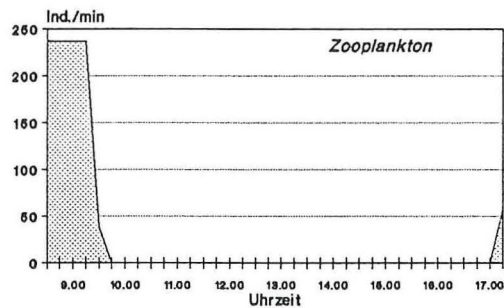
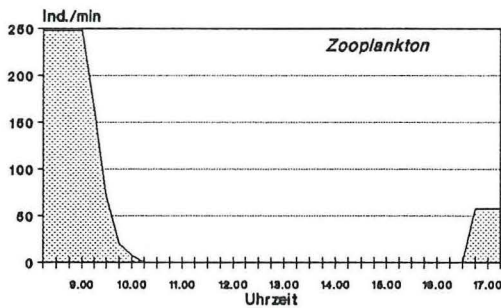
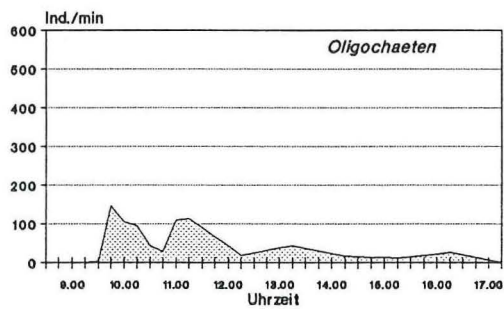
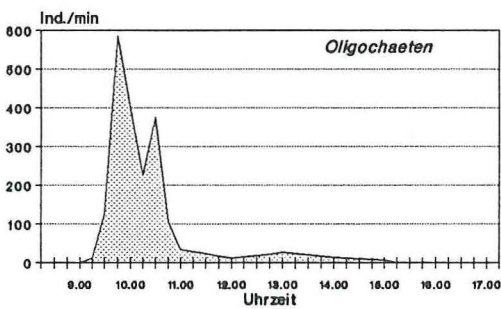
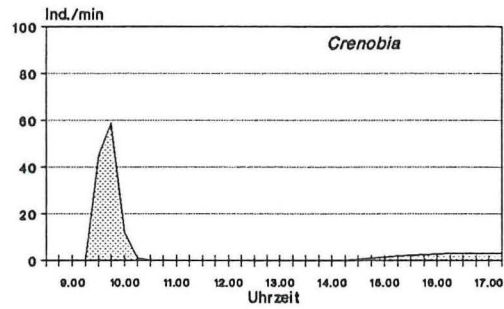
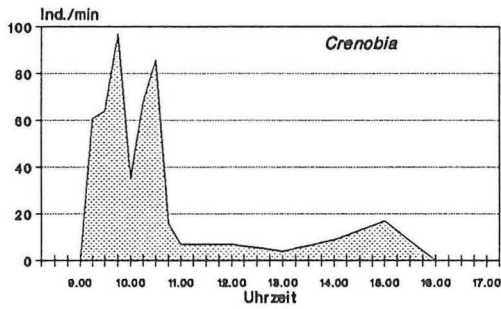
Stelle SPÖ 2



Driftverläufe am 7.6.1990 im Spöl Ausgewählte Taxa

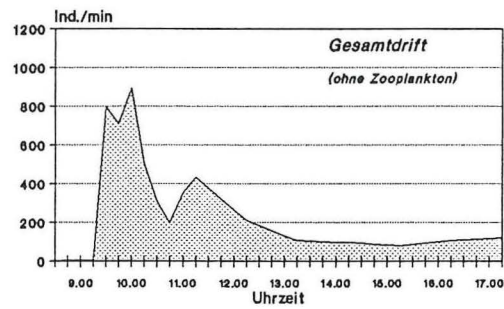
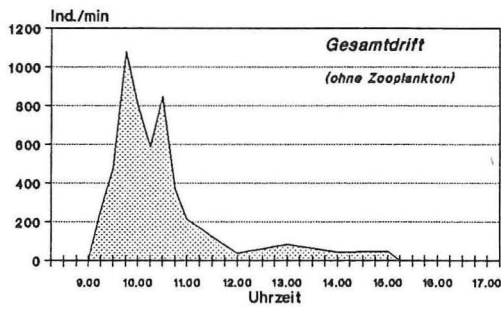
Stelle SPÖ 1

Stelle SPÖ 2



▨ Zooplankton

▨ Zooplankton





Die carnivore Planarienart *Crenobia alpina* konnte vielerorts am Wasserrand in grossen Mengen angetroffen werden. Sie profitiert von der grossen Zahl sich dort - wegen dem periodischen Wasserrückgang - konzentrierenden, resp. trockenfallenden Kleinlebewesen.



Filterierende *Drusus*-Larven an der Stelle SPÖ 1. Diese Köcherfliegen kleben sich mit einem Köchersekret fest und filtern mit ihren drei Beinpaaren Nahrungspartikel aus dem Wasser.



Lebende Bachforelle, der mit einem Hochdruck-Markiergerät (Panjet) ein Farbpunkt im Bereich der Schwanzflosse unter die Haut geschossen wird.



Drift-Probenahme während der Spülung an der Stelle SPÖ 1. Ein von beiden Ufern aus fixiertes, resp. gehaltenes Driftnetz mit definierter Öffnungsfläche wird eine bestimmte Zeit in der fließenden Welle exponiert (während Spülung ca. 1-2 Min.) und erfasst so die weggespülten und verdrifteten Kleinlebewesen.

ARBEITSBERICHTE ZUR NATIONALPARKFORSCHUNG

ZIELSETZUNG UND KOORDINATION DER WISSENSCHAFTLICHEN ERFORSCHUNG DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARKS. Zusammenfassung der Diskussionen im Rahmen der Klausurtagung der WNPk 1985; September 1985

DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN IM GEBIET DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARKS. August 1986

DIE MOOSVEGETATION DER BRANDFLÄCHE IL FUORN (SCHWEIZER NATIONALPARK). Nach einem Manuskript von F. OCHSNER; September 1986

VERZEICHNIS DER ORNITHOLOGISCHEN ARBEITEN IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK. Zusammengestellt von G. ACKERMANN und H. JENNI; März 1987

MATERIALIEN ZUR BISHERIGEN UND ZUKÜNFTIGEN NATIONALPARKFORSCHUNG. Stand Juni 1987

METHODIK UND FORSCHUNGSFRAGEN ZUR LANGZEITBEOBACHTUNG IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK. Ergebnisse der Klausurtagung der WNPk 1987; Oktober 1987

VORSTUDIE ZUM GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEM ARC / INFO. P. JÄGER; August 1988

METHODISCHES VORGEHEN ZUR FORSCHUNGSFRAGE : REAKTION ALPINER ÖKO-SYSTEME AUF HOHE HUFTIERDICHTEN. Zusammenfassung der Ergebnisse der Klausurtagung der Arbeitsgruppe "Huftierbelastung" 1988; zusammengestellt von K. BOLLMANN; Dezember 1988

WNPk, 1990: FORSCHUNGSKONZEPT NATIONALPARK 1989. Grundsätze und Leitlinien zur Nationalparkforschung.

ENPK und WNPk, 1990: LEITLINIEN ZUR GEWAHRLEISTUNG DER PARKZIELE 1989.

WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG SPÜLUNG GRUNDABLASS LIVIGNOSTAUSEE VOM 7. JUNI 1990:

(1) Massenumsatz (C. SCHLUECHTER, R. LANG, B. MUELLER); März 1991

(2) Physikalische und chemische Verhältnisse im Spöl während der Spülung und Aufwuchsuntersuchungen im Spöl und im Ova dal Fuorn (F. ELBER, Büro AquaPlus, Wollerau); März 1991

(3) Morphodynamik und Uferstabilität (P. JAEGER); März 1991

(4) Makroinvertebraten und Fische (P. REY, S. GERSTER, Institut für angewandte Hydrobiologie, Bern und Konstanz); im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft; März 1991

(5) Ufervegetation (K. KUSSTATSCHER); März 1991

GEWAESSERFRAGEN IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK. Ergebnisse der Klausurtagung der WNPk vom 5./6. Juli 1990; zusammengestellt von Th. SCHEURER; April 1991

Zu beziehen bei:

Sekretariat WNPk
c/o Institut für Ethologie und Wildforschung
Universität Zürich-Irchel
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich