

WISSENSCHAFTLICHE NATIONALPARKKOMMISSION



ARBEITSBERICHTE
ZUR NATIONALPARKFORSCHUNG

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

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., JAEGER, P., LANG, R., MUELLER, B., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (1): Massenumsatz und Morphodynamik.

REY, P., GERSTER, S., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (3): Makroinvertebraten und Fische.

KUSSTATSCHER, K., 1991: Wissenschaftliche Begleitung Spülung Grundablass Livignostausee vom 7. Juni 1990 (4): 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

Wissenschaftliche Begleitung

Spülung Grundablass Livigno-Stausee vom 7. Juni 1990

**Physikalische und chemische
Verhältnisse im Spöl
während der Spülung**

und

**Aufwuchsuntersuchungen im
Spöl und im Ova dal Fuorn**

Im Auftrag der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission (WNPk)

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------|---|
| Einleitung | 1 |
|-------------------|---|

Teil 1 Physikalische und chemische Verhältnisse im Spöl während der Spülung

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 2 |
| 2. Material und Methoden | 3 |
| 2.1 Probenahmestellen | 3 |
| 2.2 Physikalische und chemische Parameter | 4 |
| 2.3 Verlauf der Spülung | 5 |
| 3. Resultate und Diskussion | 6 |
| 3.1 Temperatur | 6 |
| 3.2 Leitfähigkeit | 7 |
| 3.3 Trockengewicht | 8 |
| 3.4 Aschefreies Trockengewicht | 9 |
| 3.5 pH-Wert | 10 |
| 3.6 Sauerstoffkonzentration und Sauerstoffsättigung | 11 |
| 3.7 Sulfid | 12 |
| 3.8 Nitrit | 13 |
| 3.9 Nitrat | 14 |
| 3.10 Gesamt-Phosphor | 14 |
| 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 16 |
| 4.1 Beurteilung der Spülung | 16 |
| 4.2 Effekte des Restwasserregimes | 16 |
| 4.3 Zustand des Livigno-Stausees | 17 |
| 4.4 Vorschläge für weitere Begleitungen | 18 |

Teil 2 Aufwuchsuntersuchungen im Spöl und im Ova dal Fuorn

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung | 19 |
| 2. Material und Methoden | 20 |
| 2.1 Probenahmestellen | 20 |
| 2.1.1 Methodik zur Charakterisierung der Probenahmestellen | 21 |
| 2.2 Probenahmedaten | 21 |
| 2.3 Qualitative und quantitative Erfassung des Aufwuchses der Gewässersohle | 22 |
| 2.4 Bestimmung der Gewässergüte mit Hilfe der Kieselalgen-Differentialartenanalyse | 23 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3. | Resultate und Diskussion | 25 |
| 3.1 | Untersuchungen im Spöl | 25 |
| 3.1.1 | Charakterisierung der Probenahmestellen | 25 |
| 3.1.2 | Einfluss der Spülung auf die Probenahmestellen | 25 |
| 3.1.2.1 | Sedimentiertes Feinmaterial | 25 |
| 3.1.2.2 | Eisensulfid-Flecken | 26 |
| 3.1.2.3 | Korngrößenverteilung | 26 |
| 3.1.2.4 | Pflanzlicher Bewuchs auf der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck) | 26 |
| 3.1.2.5 | Verteilung des Bewuchses auf den Korngrößenstufen | 27 |
| 3.1.3 | Algen im Spöl | 28 |
| 3.1.3.1 | Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften | 28 |
| 3.1.3.2 | Vergleich der Kieselalpengesellschaften an den einzelnen Probenahmestellen | 30 |
| 3.1.3.3 | Einfluss der Spülung auf die Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften | 30 |
| 3.1.3.4 | Andere Algen | 31 |
| 3.1.4 | Beurteilung der Gewässergüte im Spöl mit Hilfe der Kieselalgen | 32 |
| 3.2 | Untersuchungen im Ova dal Fuorn | 33 |
| 3.2.1 | Charakterisierung der Probenahmestellen | 33 |
| 3.2.2 | Algen im Ova dal Fuorn | 33 |
| 3.2.2.1 | Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften | 33 |
| 3.2.2.2 | Andere Algen | 34 |
| 3.2.3 | Beurteilung der Gewässergüte im Ova dal Fuorn mit Hilfe der Kieselalgen | 34 |
| 3.3 | Vergleich des Aufwuchses im Spöl und im Ova dal Fuorn | 34 |
| 3.3.1 | Makroskopischer Eindruck | 34 |
| 3.3.2 | Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften | 35 |
| 3.3.3 | Andere Algen | 36 |
| 3.3.4 | Gewässergüte | 36 |
| 4. | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 37 |
| 4.1 | Beurteilung der Spülung | 37 |
| 4.2 | Effekte des Restwasserregimes | 38 |
| 4.3 | Wasserqualität des Spöls und des Livigno-Stausees | 38 |
| 4.4 | Vorschläge für weitere Begleitungen | 39 |

| | |
|-----------------------------|----|
| Literaturverzeichnis | 40 |
|-----------------------------|----|

| | |
|---------------|----|
| Anhang | 42 |
|---------------|----|

| | |
|--|----|
| Anhang A: Methoden | 42 |
| Anhang B: Dokumentation der Probenahmestellen | 44 |
| Anhang C: Resultate | 55 |
| Anhang D: Fotodokumentation | 68 |

Einleitung

Bei dem unterhalb des Livigno-Stausees gelegenen Abschnitt des Spöls handelt es sich um eine Restwasserstrecke. Das Dotierwasser gelangt aus dem Livigno-Stausee über einen Grundablass in den Spöl. Aufgrund der Ablagerungen im Livigno-Stausee vor dem Einlauf-Kanal des Grundablasses muss der Grundablass von Zeit zu Zeit gespült werden.

Über die ökologischen Auswirkungen solcher Spülungen auf das untenliegende Fließgewässer ist wenig bekannt. Anlässlich der geplanten Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom Juni 1990 erfolgte durch die Wissenschaftliche Nationalparkkommission (WNPK) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) eine Begleitung der Spülung aus ökologischer Sicht. Es wurden Untersuchungen hinsichtlich der Flussmorphologie, der physikalischen und chemischen Verhältnisse des Wassers sowie der Biologie (Makroinvertebraten, Aufwuchs, Fischerei, Ufervegetation) durchgeführt. Der vorliegende Bericht behandelt in einem ersten Teil die physikalischen und chemischen Gegebenheiten während der Spülung und in einem zweiten Teil den Aufwuchs im Spöl vor und nach der Spülung sowie anlässlich einer Nachuntersuchung.

Teil 1 Physikalische und chemische Verhältnisse im Spöl während der Spülung

1. Einleitung

Spülungen von Stauseen führen oft zu schädlichen Auswirkungen im untenliegenden Fließgewässer. Je nach Ausmass der Spülung treten durch das Abschwemmen grosser Sedimentfrachten grössere oder kleinere Veränderungen hinsichtlich physikalischer und chemischer Bedingungen auf, welche die Fließgewässerbiozöten negativ beeinflussen können. So kann beispielsweise eine grosse Trübstoffkonzentration die Schädigung der Kiemen von Fischen zur Folge haben, und die Freisetzung von grösseren Mengen an reduzierten Substanzen wie Ammoniak, Nitrit oder Sulfid kann ein Fischsterben bewirken.

Bei der Begleitung der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees hinsichtlich der physikalischen und chemischen Bedingungen ging es darum, allfällige negative Veränderungen festzustellen, um den Einfluss auf die Biozöten im Spöl beurteilen zu können.

2. Material und Methoden

2.1 Probenahmestellen

Die Probenahmestellen für die Untersuchung der physikalischen und chemischen Parameter sind in Abbildung 1 eingezeichnet. Eine ausklappbare Version dieser Abbildung befindet sich am Schluss des Berichtes. An folgenden Stellen wurden die Untersuchungen durchgeführt:

- Phys-Chem 1: ca. 200 m unterhalb der Austrittsstelle des Spöls aus dem Livigno-Stausee, Koordinaten (811 000 / 167 600).
- Phys-Chem 2: Punt Periv, ca. 2 Fließkilometer unterhalb der Wasseraustrittsstelle, Koordinaten (810 000 / 168 825).
- Phys-Chem 3: Oberhalb der Mündung des Ova dal Fuorn, ca. 5.5 Fließkilometer von der Wasseraustrittsstelle entfernt, Koordinaten (808 675 / 171 225).

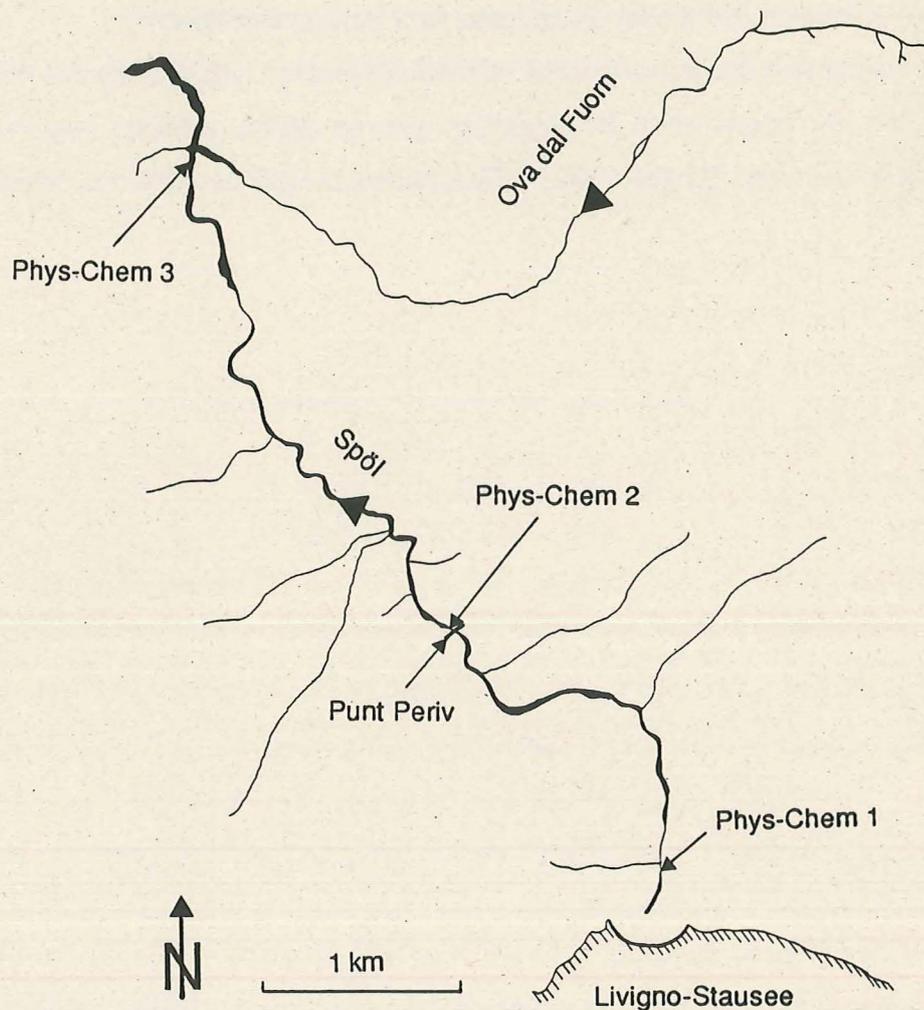


Abb. 1. Übersichtsplan mit den Probenahmestellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3 für die physikalischen und chemischen Untersuchungen. Punt Periv = Brücke über den Spöl.

2.2 Physikalische und chemische Parameter

Nachfolgend sind die untersuchten Parameter mit dem verwendeten Analyseverfahren aufgeführt (EDI = Eidgenössisches Departement des Innern, Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächenwasser):

- **Temperatur:** a) Stelle Phys-Chem 1: Oximeter Oxi 191 mit Sonde EOT 190 der Firma WTW, D-8120 Weilheim.
b) Stellen Phys-Chem 2 und 3: Stabthermometer.
- **Leitfähigkeit:** Conductometer LF 191 und Sonde LS 1/T-1.5 der Firma WTW, D-8120 Weilheim.
- **Trockengewicht:** Filtrieren von 1 l Wasser durch Glasfaserfilter GF 92 der Firma Schleicher und Schüll, CH-8714 Feldbach. Trocknen der Filter während 2 Stunden bei 105°C und anschliessendes Wägen.
- **Aschefreies Trockengewicht:** Nach der Bestimmung des Trockengewichtes werden dieselben Filter während einer Stunde bei 500 °C geglüht, anschliessend angefeuchtet und erneut getrocknet und gewogen. Die Differenz zwischen Trockengewicht und Filtergewicht nach dem Glühen ergibt das aschefreie Trockengewicht.
- **pH-Wert:** pH-Meter E488 mit Elektrode EA 152 der Firma Metrohm, Herisau. Die Werte wurden auf 0.05 Einheiten gerundet.
- **Sauerstoff (Konzentration und Sättigung):** Sauerstoffmessgerät Oximeter Oxi 191 mit Sonde EOT 190 der Firma WTW, D-8120 Weilheim.
- **Sulfid:** Geruchstest: Klassifizierung gemäss der Kriterien: kein Geruch nach Schwefelwasserstoff, schwacher Geruch, deutlicher Geruch.
- **Nitrit (NO_2^- -N):** Sulfanilamid-Reaktion, EDI 2. Teil, Kap. 36.
- **Nitrat (NO_3^- -N):** mit Reduktor und Sulfanilamid-Reaktion, EDI 2. Teil, Kap. 36.
- **Gesamt-Phosphor:** Druckaufschluss mit Kaliumperoxidsulfatlösung, anschliessend Bestimmung des Orthophosphats mit Molybdat-Schwefelsäurereagens und Ascorbinsäure (EDI, 2. Teil, Kap. 37 I A).

Die Sondenmessungen (Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und -sättigung) erfolgten an der Stelle Phys-Chem 1 vom Ufer aus im Fliessgewässer selbst. Bei den Stellen Phys-Chem 2 und 3 wurden Wasserproben (1 l) entnommen und die Werte etwa zwei bis drei Stunden nach der Wasserentnahme mit den Sonden ermittelt. Für die Bestimmung der übrigen Parameter wurden 1l Wasserproben entnommen, wobei jene für die Analyse der Stickstoff- und Phosphor-

Parameter mit 1 ml konzentrierter Schwefelsäure fixiert wurden. Diese Proben wurden ins Labor der limnologischen Station der Universität Zürich in Kilchberg transportiert, wo sie von der Laborantin, Frau Angela Mechsner, analysiert wurden. Bei der Analyse des Wassers hinsichtlich Ammonium und Orthophosphat ergaben sich, wahrscheinlich aufgrund der Fixierung des Wassers, Schwierigkeiten. Wir verzichteten deshalb auf eine Besprechung dieser Parameter. Da es bei der Erhebung darum ging einen ersten Überblick über die Problematik von Grundablassspülungen des Livigno-Stausees zu gewinnen, gelangten, um den Arbeitsaufwand zu senken, nicht alle entnommenen Proben zur Analyse.

Die Probenahmen erfolgten an der Stelle Phys-Chem 1 von 8.45 bis 18.30 Uhr, bei Phys-Chem 2 von 9.10 bis 18.00 Uhr und bei Phys-Chem 3 von 9.00 bis 15.25 Uhr. Zu Beginn der Spülung wurden in kürzeren Intervallen Proben entnommen.

2.3 Verlauf der Spülung

Die Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees wurde am 7. Juni 1990 mit Beginn 9.00 Uhr durchgeführt. Nach 12 Minuten konnte der Schwall an Stelle Phys-Chem 1 beobachtet werden, nach etwa 30 Minuten an der Stelle Phys-Chem 2 (Punt Periv) und nach ungefähr 60 Minuten an Stelle Phys-Chem 3 (vor dem Zufluss des Ova dal Fuorn). Der Abfluss während der Spülung beim Grundablass (Punt dal Gall) ist in Abbildung 2 aufgezeichnet. Bei der Stelle Phys-Chem 1 dürften in etwa dieselben Verhältnisse angetroffen worden sein. Aufgrund der Abflachung der Abflussspitze mit zunehmender Fließdistanz war die Abflussspitze bei den weiter unten liegenden Untersuchungsstellen geringer.

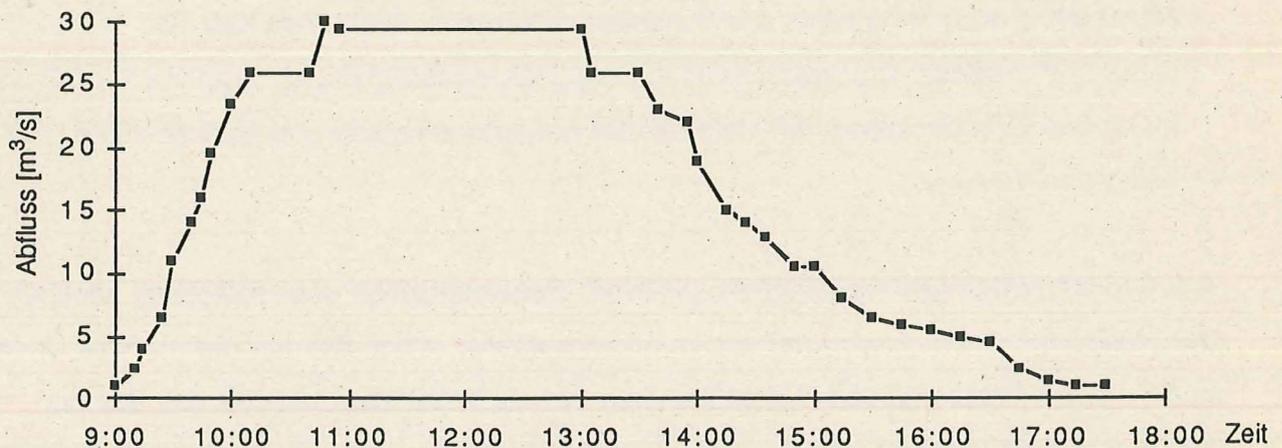


Abb. 2. Abflussdaten während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees am 7. Juni 1990 bei Punt dal Gall (Austrittsstelle aus dem Livigno-Stausee).

3. Resultate und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen der physikalischen und chemischen Parameter sind in den Abbildungen 3 bis 14 dargestellt sowie in den Tabellen C1-C3 in Anhang C aufgeführt.

3.1 Temperatur

Bei der Stelle Phys-Chem 1 blieb die Temperatur während der gesamten Spülung mehr oder weniger konstant (Abb. 3). Es handelte sich, wie erwähnt, um Tiefenwasser des Livigno-Stausees, welches aufgrund der kurzen Strecke zwischen Grundablass und Stelle Phys-Chem 1 (ca. 200 m) nur wenig von der Umgebungstemperatur beeinflusst werden konnte. Die Werte bewegten sich zwischen 6.0 und 6.3°C.

Bei der Stelle Phys-Chem 2 ermittelten wir vor der Spülung eine Temperatur von 7.2°C. Aufgrund der Spülung wurde die Temperatur bis auf 6.4°C erniedrigt. Die Umgebungstemperatur beeinflusste das Wasser im Spöl wegen der grösseren Abflussmenge und damit verbunden grösseren Fließgeschwindigkeit vom Ausfluss aus dem Livigno-Stausee bis zur Stelle Phys-Chem 2 ebenfalls nur wenig. Mit dem Abklingen der Menge des Spülwassers nahm die Wassertemperatur wieder zu und erreichte um 18.00 Uhr wieder den Ausgangswert vor der Spülung.

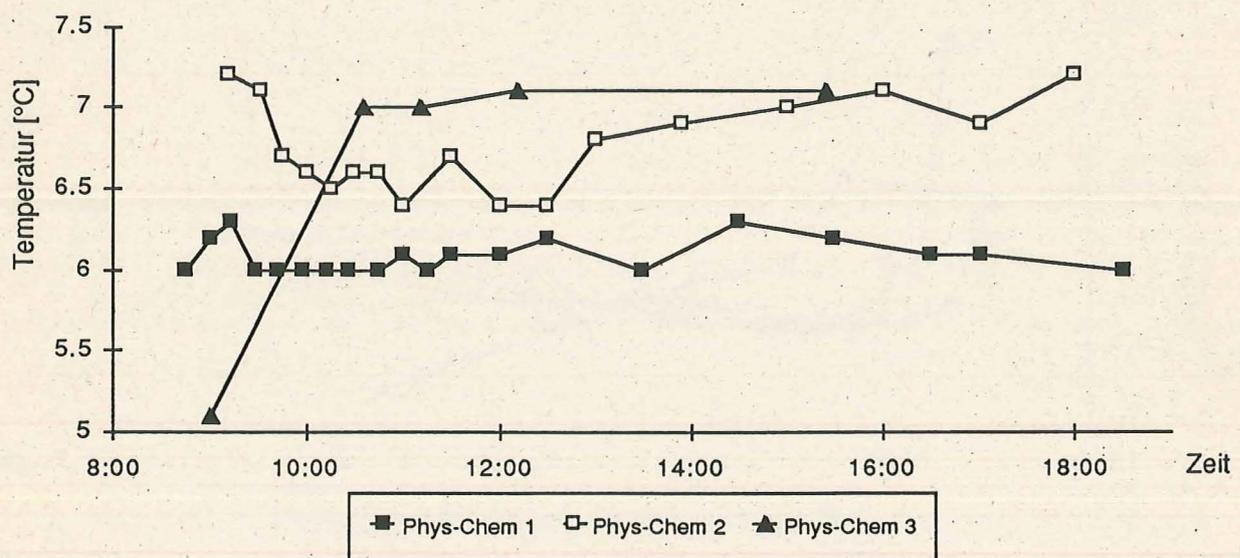


Abb. 3. Temperaturverhältnisse im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

Bei der Stelle Phys-Chem 3 nahm die Temperatur während der Spülung von 5.1°C vor der Spülung auf 7.0-7.1°C zu. Die niedrige Temperatur vor der Spülung lässt sich mit der nächtlichen Abkühlung des Wassers im flussaufwärtsgelegenen weniger stark fließenden Bereich des Spöls erklären. Das Spülwasser hatte sich bis zu dieser Probenahmestelle um etwa 1°C erwärmt (Ausfluss Livigno-Stausee: ca. 6°C).

3.2 Leitfähigkeit

Mit Werten zwischen 210 und 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kann das Wasser im Spöl als schwach mineralisiert bezeichnet werden (Abb. 4). Bei allen drei Untersuchungsstellen wurden vor der Spülung höhere Leitfähigkeiten gemessen als während der Spülung (Leitfähigkeit vor der Spülung/Minimum während der Spülung: Phys-Chem 1, 231/222; Phys-Chem 2, 257/223; Phys-Chem 3, 258/215). Beim Abflusswasser des Livigno-Stausees handelt es sich um Tiefenwasser, welches aufgrund des biologischen Abbaus im Vergleich mit oberflächennahem Wasser ionenreicher sein sollte. Die Erniedrigung der Leitfähigkeit während der Spülung ist daher mit dem Einfluss von ionenärmerem Wasser aus höher gelegenen Schichten des Stausees zu erklären (Verdünnung). Mit dem Rückgang der Abflussmenge nahm auch die Leitfähigkeit wieder zu. Die im Vergleich zur Stelle Phys-Chem 1 erhöhten Leitfähigkeitswerte an der Stelle Phys-Chem 2 vor der Spülung lassen sich allenfalls mit dem Einfluss von Zuflüssen erklären.

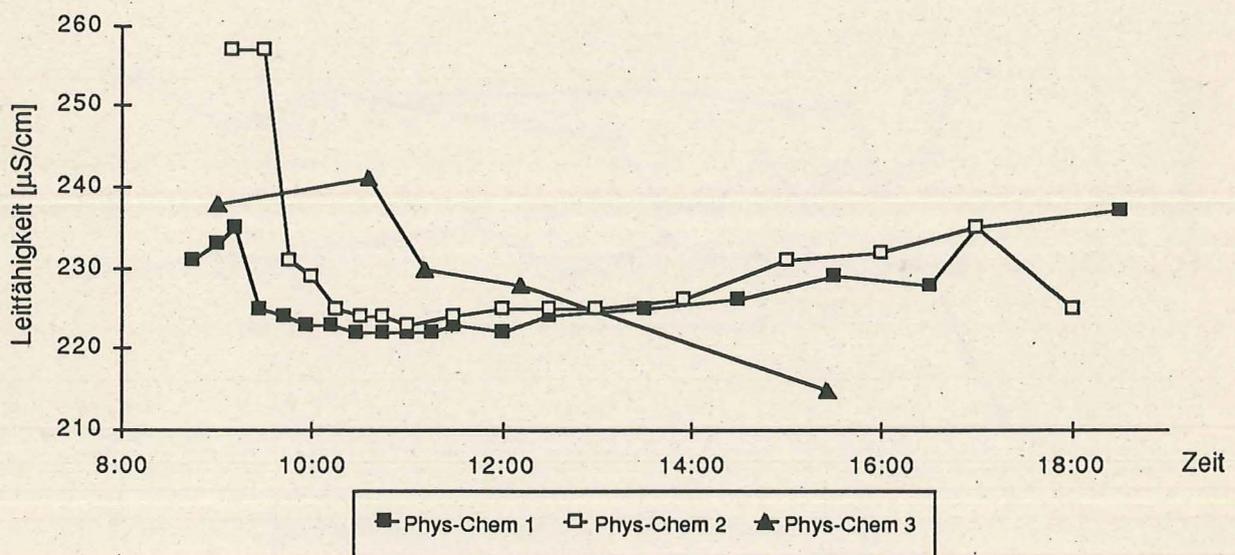


Abb. 4. Leitfähigkeitswerte im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

3.3 Trockengewicht

Die Werte des Trockengewichtes zeigten an allen drei Untersuchungsstellen während der Spülung massive Zunahmen: Phys-Chem 1, von 3.0 auf 1897 mg/l; Phys-Chem 2, von 2.4 auf 4526 mg/l; Phys-Chem 3: von 1.5 auf 5381 mg/l (Abb. 5). Im Vergleich zur Stelle Phys-Chem 1 wiesen die weiter unten gelegenen Stellen höhere Trockengewichtswerte auf. Dies lässt sich mit der Erosionskraft des Wassers erklären, welches auf seiner Fließstrecke abgelagertes Feinmaterial des Bachbettes selbst aber auch von Sand- und Schlamm-bänken sowie von Schuttkegeln abschwemmte. Bei den Stellen Phys-Chem 1 und 2 konnte nach einem steilen Anstieg des Trockengewichtes zu Beginn der Spülung und darauffolgender Abnahme eine zweite Zunahme beobachtet werden. Die anfängliche Zunahme erklärt sich mit der Erhöhung der Abflussmenge, während beim konstanten Abfluss von 26 m³/s während etwa 30 Min. eine Abnahme des Trockengewichtes festzustellen war. Die Steigerung der Abflussmenge auf 30 m³/s hatte die Erosion weiterer Sedimentflächen im Livigno-Stausee zur Folge, was die erneute Erhöhung des Trübstoffgehaltes im Spöl bewirkte. Mit dem Rückgang der Abflussmenge nahmen auch die Werte des Trockengewichtes ab.

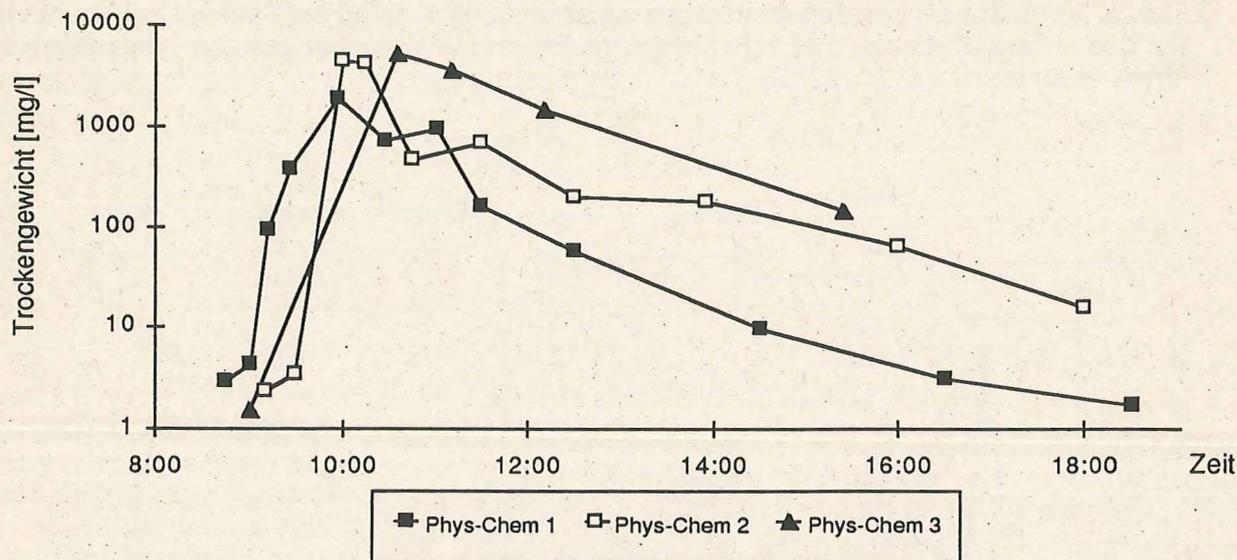


Abb. 5. Trockengewichtswerte im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3. Logarithmische Darstellung.

3.4 Aschefreies Trockengewicht

Das aschefreie Trockengewicht nahm entsprechend dem Trockengewicht während der Spülung zu: Phys-Chem 1, von 0.4 auf 128 mg/l; Phys-Chem 2; von 0.9 auf 170 mg/l; Phys-Chem 3, von 0.5 auf 140 mg/l (Abb. 6). Wiederum wurden bei den Stellen Phys-Chem 2 und 3 höhere

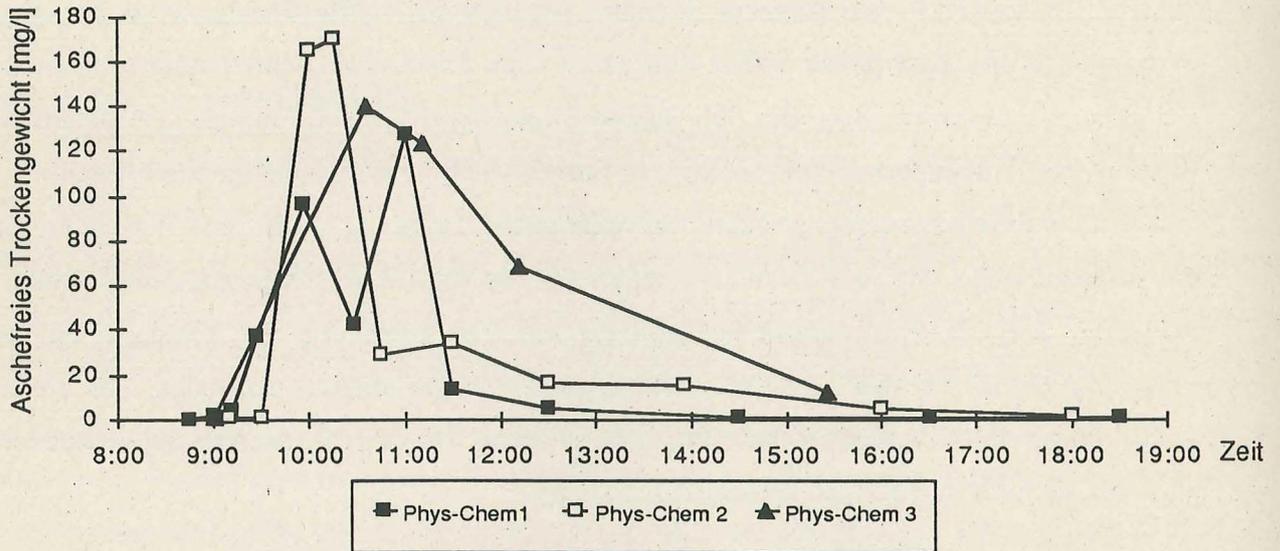


Abb. 6. Werte des aschefreien Trockengewichtes im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

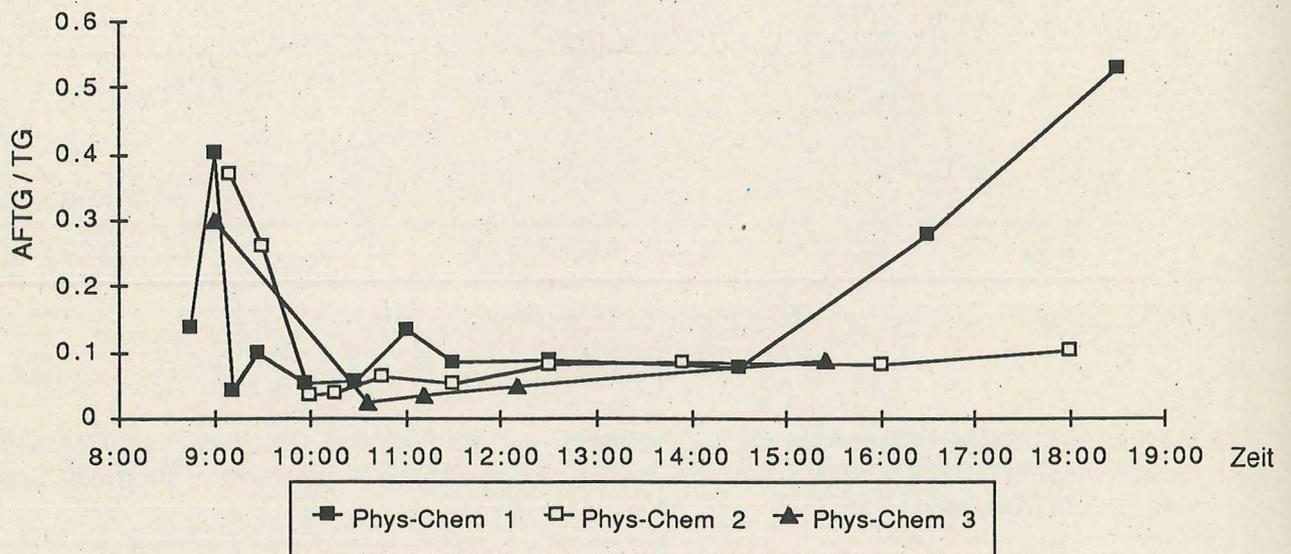


Abb. 7. Verhältnis von aschefreiem Trockengewicht (AFTG) zu Trockengewicht (TG) im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

Maxima ermittelt. Der Anteil des aschefreien Trockengewichtes am Trockengewicht betrug vor der Spülung an allen drei Stellen zwischen 14 und 40%. Während der Spülung nahm dieser Wert ab und erreichte an der Stelle Phys-Chem 3 das Minimum von 3% (Abb. 7).

3.5 pH-Wert

Während der Spülung sanken die pH-Werte an allen drei Untersuchungsstellen (Abb. 8; vorher/Minimum während der Spülung: Phys-Chem 1, 8.15/7.95; Phys-Chem 2, 8.3/8.0; Phys-Chem 3, 8.35/8.10). Dies hängt mit der Abschwemmung von organisch angereichertem Sediment zusammen. Im Sediment finden Abbauvorgänge statt, die zu einer pH-Erniedrigung führen (Entstehung von CO_2). Die im Vergleich generell etwas höheren pH-Werte an den Stellen Phys-Chem 2 und 3 können mit dem Ausgasen des Kohlendioxids im Verlaufe der Fließstrecke erklärt werden, oder sind aufgrund der späteren pH-Messung der Wasserproben der beiden Untersuchungsstellen zustande gekommen (Austreten von CO_2 aufgrund der Temperaturerhöhung in den Probenflaschen).

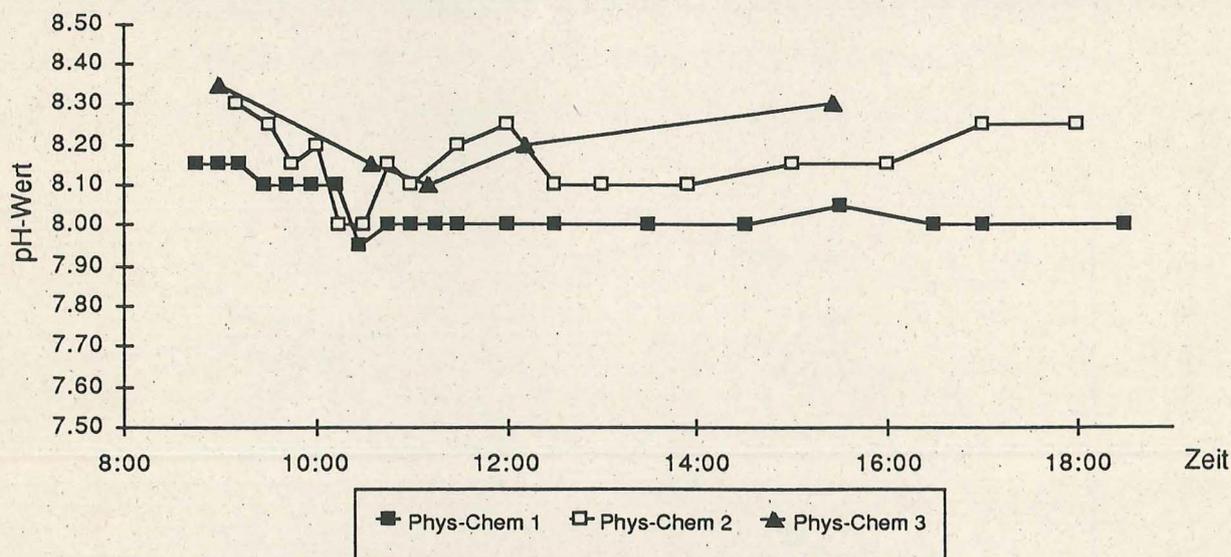


Abb. 8. pH-Werte im Spöhl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

3.6 Sauerstoffkonzentration und Sauerstoffsättigung

Der Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen und der Sauerstoffsättigungen während der Spülung ist ähnlich (Abb. 9 und 10). Der Sauerstoffgehalt bewegte sich bei der Stelle Phys-Chem 1 zwischen 8.1 und 8.8 mg/l, die Sauerstoffsättigung zwischen 78 und 87%. Bei der Stelle Phys-Chem 2 lagen die Sauerstoffgehalte generell etwas tiefer, die Sauerstoffsättigungen etwas höher als bei der Stelle Phys-Chem 1 (Sauerstoffhalt: 7.2 - 8.6 mg/l, Sauerstoffsättigung: 78 - 91%). Dies hängt wahrscheinlich mit der bei der Stelle Phys-Chem 2 etwas höheren Wassertemperatur zusammen. Die stärkeren Abnahmen beim Sauerstoffgehalt (zwischen 9.30 und 10 Uhr und 11 bis 15 Uhr) können mit der erosiven Wirkung des höheren Abflusses erklärt werden, welche im Bachbett abgelagerte, reduzierte Sedimente freilegte. Die Mobilisierung von reduzierten Ablagerungen dürfte wahrscheinlich auch der Grund für die Abnahme des Sauerstoffgehaltes bei der Stelle Phys-Chem 3 von 7.7 auf 6.8 mg/l zwischen 10 und 11.30 Uhr gewesen sein (Sauerstoffgehalt: 6.8 - 8.0 mg/l; Sauerstoffsättigung: 80 - 89%). In der Folge stieg die Sauerstoffkonzentration wieder an, was auf die höhere Turbulenz auf der sonst langsam fließenden Strecke vor der Stelle Phys-Chem 3 zurückzuführen sein dürfte.

Problematische Sauerstoffkonzentrationen, welche bei Forellen oder Forellenbrut infolge kurzzeitiger Wirkung zum Tod führen können, wurden nicht beobachtet (Sauerstoffkonzentration <5mg/l für Forellen bzw. <7 mg/l für Forellenbrut, Alabaster & Lloyd 1980).

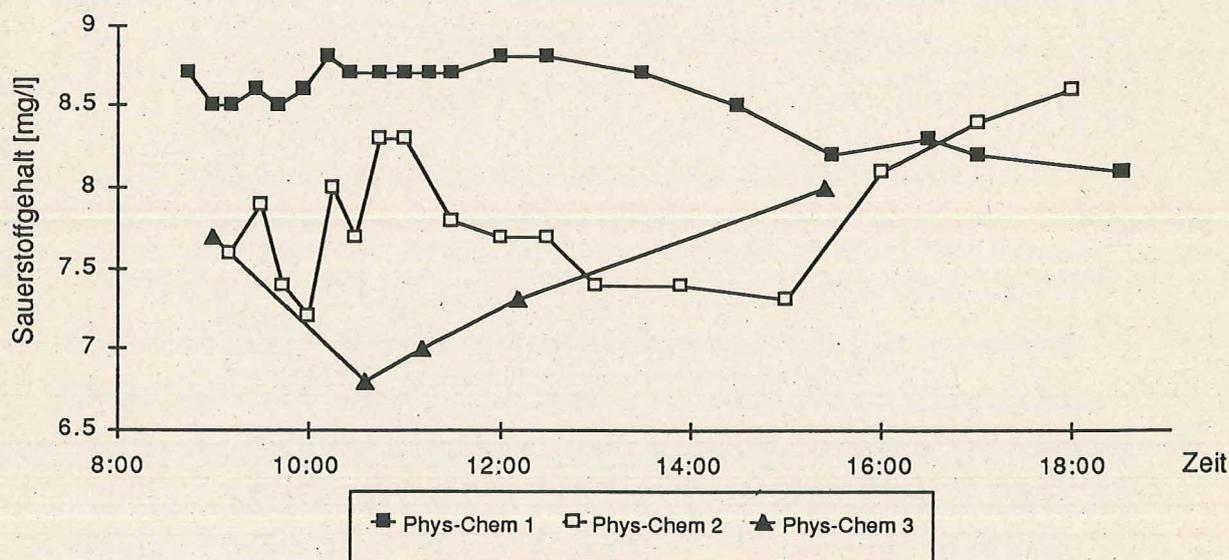


Abb. 9. Sauerstoffgehalt im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

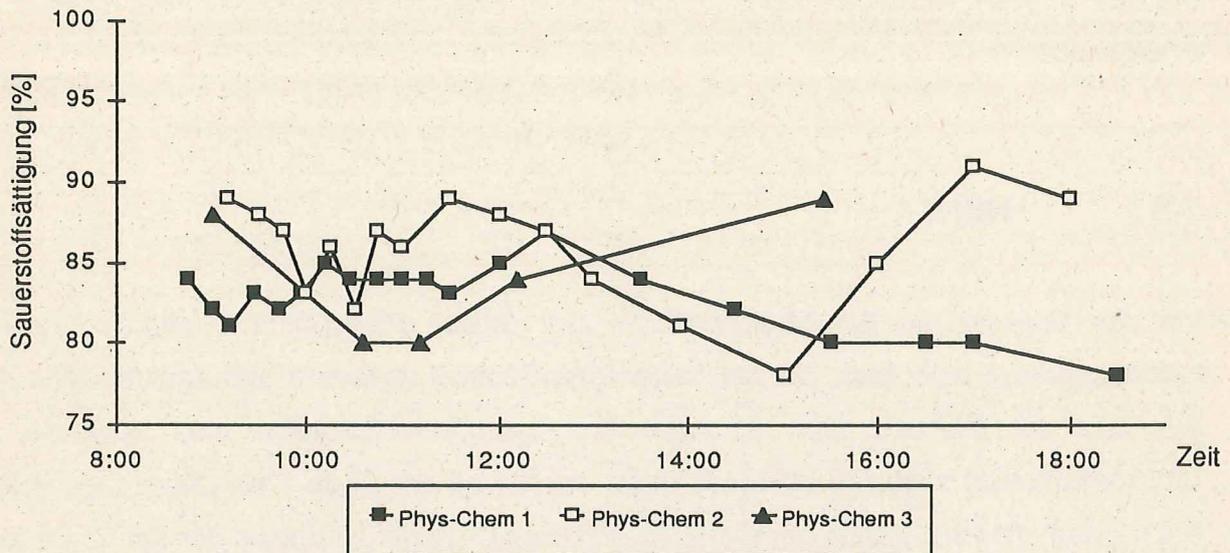


Abb. 10. Sauerstoffsättigung im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

3.7 Sulfid

Sulfid konnte lediglich bei der Stelle Phys-Chem 2 zwischen 10 und 11 Uhr festgestellt werden (Abb. 11). Da bei der Stelle Phys-Chem 1 zu keiner Zeit Schwefelwasserstoff wahrgenommen wurde, stammt der Schwefelwasserstoff bei der Stelle Phys-Chem 2 nicht aus dem Livigno-

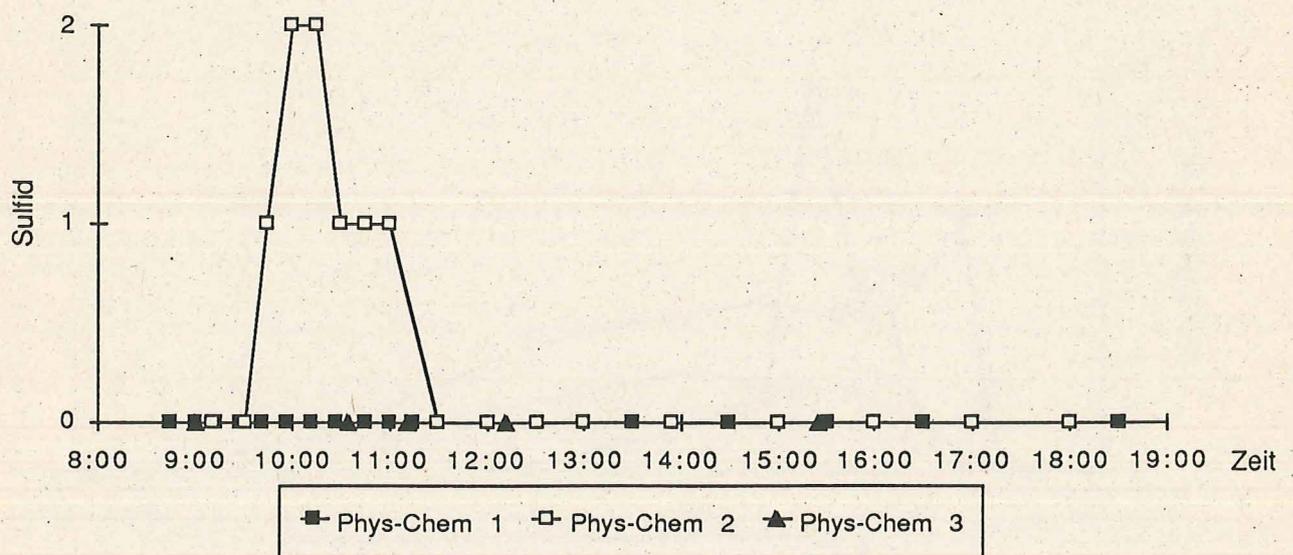


Abb. 11. Sulfidgehalt im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3. Geruchstest: 0 = kein Geruch nach Schwefelwasserstoff, 1 = schwacher Geruch, 2 = deutlicher Geruch.

Stausee, sondern wurde aus Ablagerungen auf der Fließstrecke zwischen Phys-Chem 1 und 2 freigesetzt.

3.8 Nitrit

Vor der Spülung lag der Nitritgehalt bei den Stellen Phys-Chem 1 und 3 unter der Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g/l}$, bei der Stelle Phys-Chem 2 wurden $3 \mu\text{g/l}$ ermittelt (Abb. 12). Während der Spülung fand an allen drei Untersuchungsstellen eine Zunahme der Nitritkonzentration statt. Die höchsten Werte wurden an der Stelle Phys-Chem 1 gemessen. Nach einem starken Anstieg der Nitritkonzentration auf $9 \mu\text{g/l}$ zu Beginn der Spülung erfolgte eine Abnahme auf $6 \mu\text{g/l}$. Der erneute Anstieg auf den Maximalwert von $13 \mu\text{g/l}$ (11.00 Uhr) lässt sich mit dem Abschwemmen von neuen Sedimentflächen im Livigno-Stausee aufgrund der Erhöhung des Abflusses erklären (Anstieg der Abflussmenge von 26 auf $30 \text{ m}^3/\text{s}$ nachdem zuvor während ca. 40 Minuten die Abflussmenge konstant bei $26 \text{ m}^3/\text{s}$ gehalten wurde). Dieser kurzzeitig eingenommene Maximalwert liegt aber deutlich unterhalb der für Fische zum Tod führenden Nitritkonzentrationen von $200\text{-}400 \mu\text{g/l}$ (Kurzzeitwirkung nach Alabaster & Lloyd 1980). Bei der Stelle Phys-Chem 2 traten im Vergleich mit der Stelle Phys-Chem 1, bei welcher die Ausgangswerte um etwa 13.00 Uhr wieder eingenommen wurden, während längerer Zeit erhöhte Nitritgehalte auf (Maximum: $7 \mu\text{g/l}$). Dies hängt wahrscheinlich mit dem Abschwemmen von im Fließgewässer abgelagerten organisch angereicherten Sedimenten zusammen.

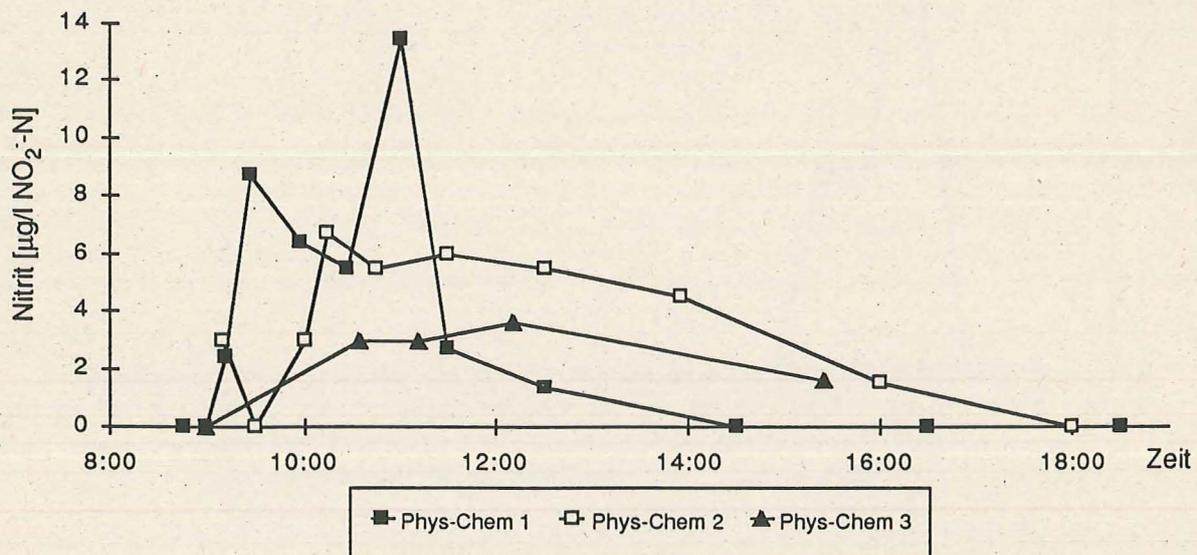


Abb. 12. Nitritgehalt im Spöl während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

3.9 Nitrat

Die Konzentrationskurven für Nitrat während des Spülvorganges verlaufen an den einzelnen Probenahmestellen ähnlich wie jene der Nitritkonzentrationen (Abb. 13). Der Konzentrationsverlauf kann gleich erklärt werden wie dort. Vor der Spülung stellten wir Werte zwischen 310 und 385 $\mu\text{g/l}$ fest. Der Maximalwert an der Stelle Phys-Chem 1 betrug rund 1400 $\mu\text{g/l}$. Die höchsten Werte bei den Stellen Phys-Chem 2 und 3 erreichten 970 bzw. 590 $\mu\text{g/l}$. Die Nitratwerte lagen am Ende der Untersuchung noch leicht über den Ausgangswerten.

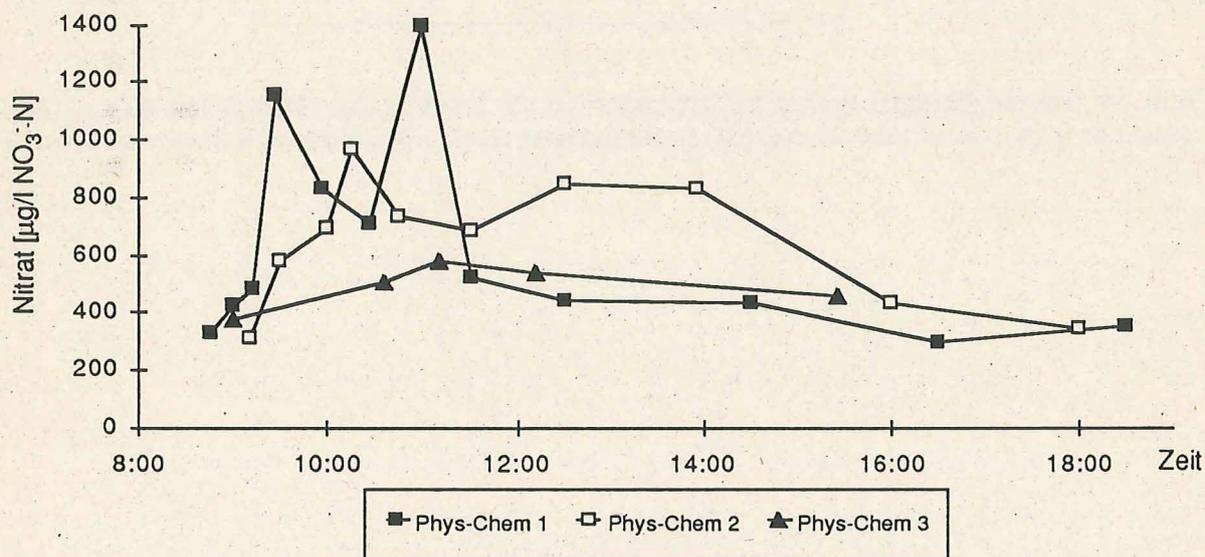


Abb. 13. Nitratgehalt im Spül während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

3.10 Gesamt-Phosphor

Die Gesamt-Phosphorkonzentrationen an den drei Probenahmestellen (Abb. 14) verhielten sich entsprechend der Verhältnisse beim Nitrit und beim Nitrat. Als Erklärung für den Verlauf können dieselben Ursachen angegeben werden. Die Werte vor der Spülung betragen bei der Stelle Phys-Chem 1 20 $\mu\text{g/l}$, bei der Stelle Phys-Chem 2 27 $\mu\text{g/l}$ und bei der Stelle Phys-Chem 3 37 $\mu\text{g/l}$. Nach der Spülung wurden Gesamt-Phosphorkonzentrationen ähnlicher Grösse ermittelt. Das Maximum wurde bei der Stelle Phys-Chem 1 mit 1.22 mg/l gemessen.

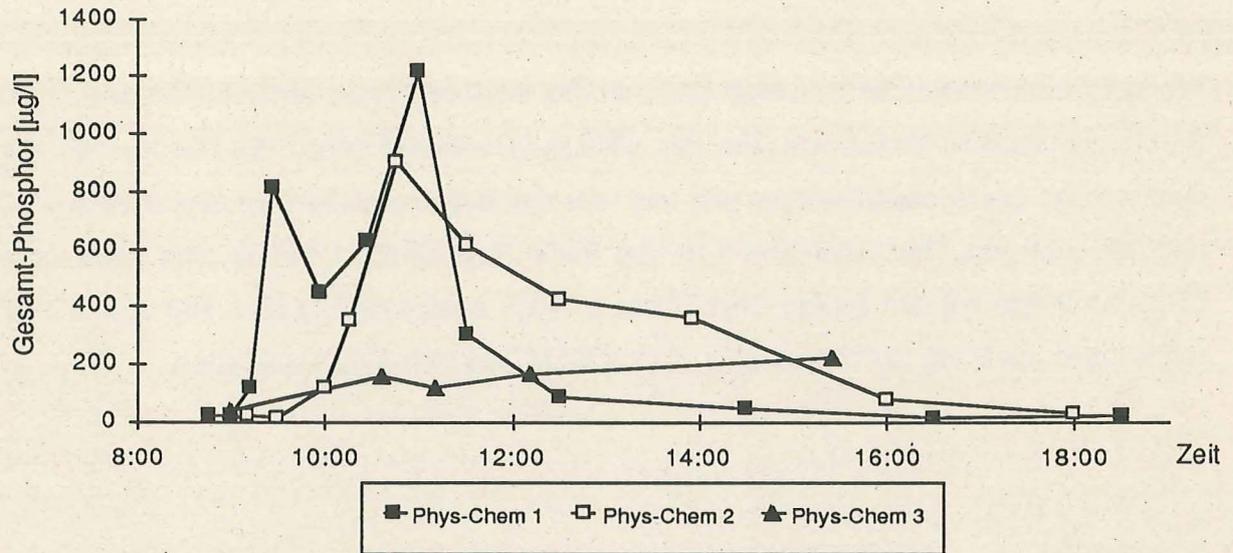


Abb. 14. Gesamt-Phosphorgehalt im Spöi während der Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees vom 7. Juni 1990 an den drei Untersuchungsstellen Phys-Chem 1 bis Phys-Chem 3.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

4.1 Beurteilung der Spülung

Die Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees hatte in der durchgeführten Form hinsichtlich der physikalischen und chemischen Verhältnisse im Spöl keine besorgniserregenden Veränderungen zur Folge. Für die Lebewelt im Bach dürfte dabei von entscheidender Bedeutung gewesen sein, dass der Sauerstoffgehalt kaum unter 7 mg/l gesunken war, und die reduzierten Verbindungen (Nitrit, Sulfid) keine grossen Konzentrationen erreichten. Hingegen wurden deutlich erhöhte Nährstoffkonzentrationen festgestellt.

Es wurde erwartet, dass die höchsten Konzentrationen an reduzierten Substanzen unmittelbar nach dem Austritt des Wassers aus dem Livigno-Stausee festgestellt werden können, da die sich im Sediment befindenden reduzierten Substanzen an dieser Stelle noch nicht oxidiert sind. Wie beschrieben waren dort (Stelle Phys-Chem 1) die Konzentrationszunahmen von Nitrit und Sulfid bescheiden. Was erstaunte waren die teilweise höheren, aber ebenfalls nicht zu Besorgnis Anlass gebenden Konzentrationen von Nitrit (und Sulfid?) bei den weiter unten gelegenen Stellen, welche auf die Freisetzung von im Bachbett akkumulierten reduzierten Verbindungen zurückzuführen sind. Die untersuchten Parameter kehrten nach erfolgter Spülung wieder mehr oder weniger auf die Ausgangswerte vor der Spülung zurück. Es fanden deshalb lediglich kurzfristige Änderungen der physikalischen und chemischen Bedingungen im Spöl statt.

Vom Standpunkt der physikalischen und chemischen Veränderungen im Fliessgewässer aus betrachtet, sind jährliche Spülungen solchen mit grösseren Intervallen zwischen den Spülungen vorzuziehen. Bei letzteren findet eine stärkere Akkumulation von Feinmaterial und toxischen Stoffen sowohl im Livigno-Stausee als auch im Spöl statt, und die gesamte Fracht wird auf einmal freigesetzt.

4.2 Effekte des Restwasserregimes

Die maximale Restwasserdotierung beträt im Spöl zur Zeit 2.4 m³/s. Damit sind die Fliessgeschwindigkeit und die Erosionsleistung des Spöls gering. Feinstoffe sedimentieren im Bachbett und führen zur Bildung von Schlamm- und Sandbänken. Schuttfächer von Murgängen werden nicht mehr abgetragen: Es kommt zur Ausbildung von Rückstaubecken, welche als Sedimentationsfallen wirken. Aufgrund der Akkumulation von organischem Material in solchen Bereichen können anoxische Zonen entstehen, aus denen z.B. bei Spülungen, allenfalls auch bei Hoch-

wasser, reduzierte Verbindungen freigesetzt werden, welche die erwähnten negativen Auswirkungen auf die Biozönosen im Spöl hervorrufen können (z.B. Fischsterben). Werden die wenigen Messungen des Trockengewichtes vor der Spülung als repräsentativ für die Verhältnisse bei einem Abfluss von 1 m³/s betrachtet, zeigt sich, dass aus dem Livigno-Stausee konstant mindestens 3 bis 4 mg/l Trockensubstanz ausgeschwemmt werden. Der Vergleich der Stellen Phys-Chem 1 und 2 zeigt, dass zwischen diesen beiden Stellen der Gehalt der Trockensubstanz auf 2 bis 3 mg/l gesunken ist. Zwischen den Stellen Phys-Chem 2 und 3 nimmt der Gehalt nochmals um etwa 1 mg/l ab. Daraus ist ersichtlich, dass ständig Material aus dem Livigno-Stausee transportiert und im Spöl abgelagert wird (anorganische Partikel sowie Planktonorganismen).

Stauseen mit einer Tiefenwasserableitung wie der Livigno-Stausee wirken als Wärmefallen, da das kalte Tiefenwasser den See verlässt. Sie halten jedoch im Gegensatz zu Seen mit oberflächlichem Abfluss keine Nährstoffe zurück. Dies kann Konsequenzen für das untenliegende Fließgewässer haben.

Die Wassertemperatur, welche in Gebirgsbächen während des Winters normalerweise im Bereich des Nullpunkts liegt, beträgt, mindestens in einem bestimmten Abschnitt nach der Ausleitung, 4°C und mehr. Dies kann sich beispielsweise auf die Larvenentwicklung wasserlebender Insekten auswirken. Die Larven entwickeln sich schneller, was dazu führen kann, dass bestimmte Insekten zu früh schlüpfen, wegen der Kälte und dem Schnee nur kurz überleben und sich nicht vermehren können (Pechlaner 1989).

Der Austrag von Nährstoffen und partikulären organischen Stoffen aus dem Stausee führt im untenliegenden Fließgewässer zu Eutrophierung und, infolge der Sedimentation zur Akkumulation von organischem Material. Da die normalerweise auftretenden Hochwasser fehlen oder mit massiv reduzierten Abflussspitzen stattfinden, wird das Bachbett nicht mehr von allenfalls organisch angereichertem Feinmaterial gereinigt. Weiter wird der Algenbewuchs im Gewässer aufgrund des fehlenden Geschiebetriebes, welcher die Entfernung der Algen zur Folge hätte, nicht mehr reduziert.

4.3 Zustand des Livigno-Stausees

Beim Livigno-Stausee deuten verschiedene Anhaltspunkte auf ein oligo- bis mesotrophes Gewässer hin (mittlerer Gesamt-Phosphorgehalt zu Beginn der Spülung, während der Spülung

mehr oder weniger konstante pH- und Leitfähigkeitswerte sowie Sauerstoffverhältnisse und geringer Anstieg der Konzentrationen von reduzierten Verbindungen). Aktuelle Angaben zur Nährstoffsituation des Sees liegen jedoch nicht vor. Eine gewisse Phosphor-Belastung, die den See langfristig eutrophieren könnte, liegt aber wahrscheinlich aufgrund der Einleitung der ungenügend gereinigten Abwässer der Gemeinde Livigno in den Stausee vor (mündl. Mitteilung von Parkwächtern und Zollbeamten). Da mit der Tiefenwasserableitung ein grosser Teil der Nährstoffe jedoch ausgetragen wird, dürfte die Eutrophierung im Livigno-Stausee relativ langsam fortschreiten. Hingegen sind aufgrund der Nährstoffbelastung Eutrophierungstendenzen im Spöl zu erwarten.

Daraus ergibt sich, dass Kenntnisse über die Nährstoffbelastung und den Seezustand gewonnen werden müssen. Es sollte sowohl der Eintrag der Nährstofffrachten in als auch der Export aus dem Livigno-Stausee bekannt sein (Nährstoffbilanz). Langfristig sollte ein minimales Untersuchungsprogramm betrieben werden, um die Entwicklung des Sees zu verfolgen.

4.4 Vorschläge für weitere Begleitungen

Aufgrund der nötigen Fixierung der Wasserproben scheiterte die Analyse von Orthophosphat und Ammonium. Von Vorteil wäre es für die Zeit der Begleituntersuchungen ein kleines Labor einzurichten, in dem wenigstens die sich schnell verändernden Substanzen analysiert werden könnten. Weiter sollten die mit Sonden messbaren Parameter im Gewässer selbst ermittelt werden und nicht, wie 1990, teilweise erst längere Zeit nach der Probenahme. Dies würde jedoch den Einsatz von mehreren Messgeräten bedingen.

Teil 2 Aufwuchsuntersuchungen im Spöl und im Ova dal Fuorn

1. Einleitung

Die Aufwuchsuntersuchungen wurden im Spöl und im Ova dal Fuorn durchgeführt. Bei den Aufnahmen im Spöl, welche anlässlich der Begleituntersuchungen der Spülung vom 7. Juni 1990 erfolgten, ging es darum, den Einfluss der Spülung auf die Algen im Spöl zu beurteilen. Weiter interessierte, ob die Algen im Spöl aufgrund des Einflusses des Livigno-Stausees oder des Restwasserregimes im Vergleich mit einem anthropogen nicht veränderten Fließgewässer, Ova dal Fuorn, charakteristische Unterschiede zeigen.

2. Material und Methoden

2.1 Probenahmestellen

Die Probenahmestellen für die Untersuchung des Aufwuchses sind in Abbildung 15 eingezeichnet. Es handelt sich um die Stellen:

- Algen 1: ca. 150 m unterhalb der Austrittsstelle des Spöls aus dem Livigno-Stausee, Koordinaten (811 000 / 167 625).
Algen 2: ca. 900 m unterhalb der Wasseraustrittsstelle, Koordinaten (811 000 / 168 300).
Algen 3: ca. 1800 m unterhalb der Wasseraustrittsstelle, Koordinaten (810 275 / 168 450).
Algen 4: ca. 2300 m unterhalb der Wasseraustrittsstelle, Koordinaten (810 050 / 168 775).
Algen Fuorn: ca. 250 m unterhalb der Strassenbrücke über den Ova dal Fuorn bei Il Fuorn, Koordinaten (811 800 / 171 850).

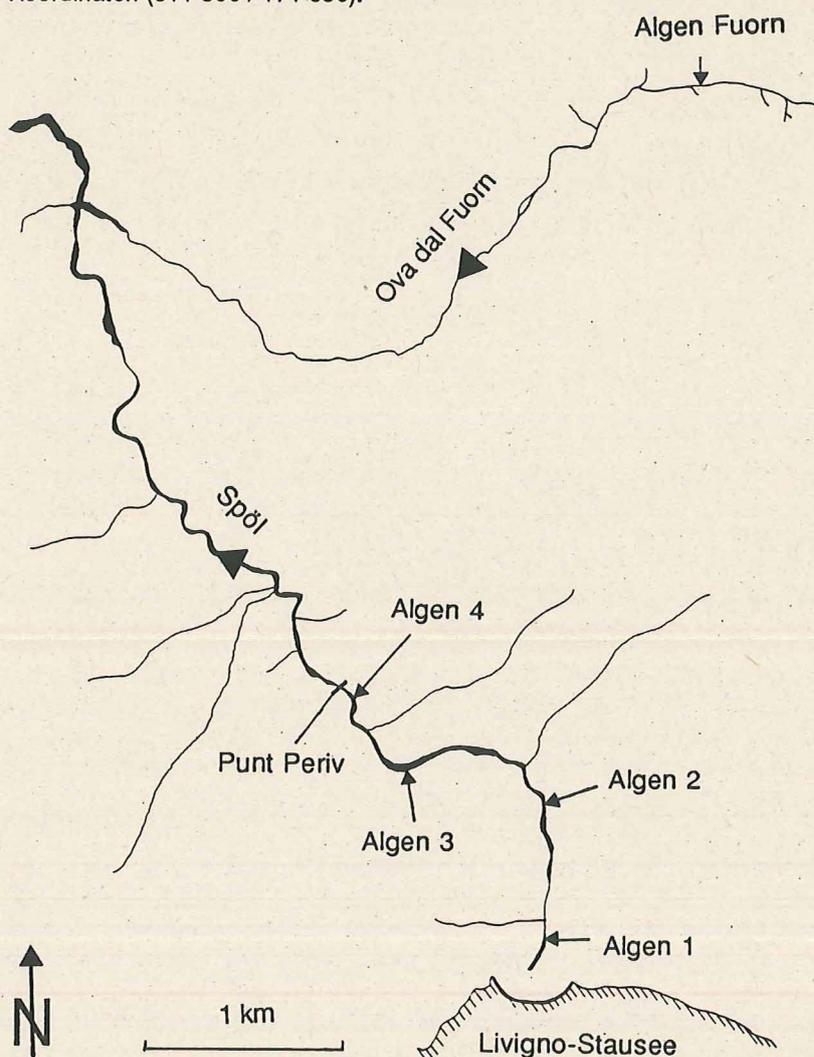


Abb. 15. Übersichtsplan mit den Probenahmestellen für die Aufwuchsuntersuchungen Algen 1 bis 4 im Spöls und Algen Fuorn im Ova dal Fuorn.

2.1.1 Methodik zur Charakterisierung der Probenahmestellen

Folgende Parameter zur Charakterisierung der Probenahmestellen wurden betrachtet:

- Trübung des Wassers (klar, geringe Trübung, starke Trübung)
- Geruch (neutral, Abwasser, Jauche, andere)
- Schaumbildung (keine, wenig, viel)
- Ablagerungen (keine, Schlamm, Abfälle, andere)
- Detritus (unbedeutend, mittel, viel)
- Sedimentation (keine Überdeckung mit Feinmaterial, geringe, mittlere, starke oder vollständige)
- Heterotropher Bewuchs wie Pilze, Bakterien oder Protozoen (kein, wenig, mittel, viel)
- Eisensulfidflecken (Fundhäufigkeit: 0, <10, 10-30, > 30%)
- Beschattung (senkrecht): Schätzung in %
- Fließgeschwindigkeit an der Wasseroberfläche: Messung mit Schwimmkörper
- Korngrößenverteilung des Untergrundes: Schätzung gemäss sechsstufiger Skala nach Perret (1977):
 - Stufe 1: Anstehender Fels und grösseres Gerölle
 - Stufe 2: Kopfgrosses Gerölle (>100 mm Durchmesser)
 - Stufe 3: Grobkies (faust- bis nussgross; 100-20 mm)
 - Stufe 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross; 20-2 mm)
 - Stufe 5: Sand (hirsekorngross; 2-1 mm)
 - Stufe 6: Feinsand und Silt (<1 mm).

2.2 Probenahmedaten

Im Spöl wurden drei Probenahmen durchgeführt:

- vor der Spülung: 6. Juni 1990
- nach der Spülung: 8. Juni 1990
- Nachuntersuchung: 25. Juli 1990

Im Ova dal Fuorn wurden zwei Probenahmen durchgeführt:

- 1. Probenahme 6. Juni 1990
- Nachuntersuchung 25. Juli 1990

2.3 Qualitative und quantitative Erfassung des Aufwuchses der Gewässersohle

Makroskopische Beurteilung des Aufwuchses:

- Bewuchsdichte-Schätzung von Algen und Moosen gemäss der sechsstufigen Bildskala von Thomas & Schanz (1976) (vgl. Anhang A, Abb. A1).
- Schätzung des Deckungsgrades des Bachgrundes (1 = 1-10%, 2 = 11-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%).

Schätzung des Aufwuchses auf den einzelnen Korngrössenstufen:

- Für jede Korngrössenstufe wurde die Bewuchsdichte nach Thomas & Schanz (1976) geschätzt und die Bewuchsfläche in Prozent der Gesamtfläche der entsprechenden Korngrössen angegeben (= Deckungsgrad, Skala siehe oben).
- Zusätzlich wurde der Aufwuchs gemäss folgender Skala charakterisiert:
 - Krustenalgen
 - Aufwuchs häutig
 - Algenfäden bis 2 cm Länge (pelzig)
 - Fäden bis 5 cm Länge (pelzig)
 - Fäden bis 10 cm Länge
 - Fäden > 10 cm Länge.

Entnahme der Aufwuchsproben:

An jeder Probenahmestelle wurden von drei über den Gewässerquerschnitt verteilten Steinen eine gleich grosse Aufwuchsfläche abgekratzt (abgeändert nach Douglas 1958, je 9.8 cm²), in einem Gefäss gemischt und mit Formalin fixiert. Mit dieser Mischprobe wurde die Säure-Präparation der Kieselalgen durchgeführt. Das Vorgehen ist in Hürlimann & Schanz (1988) dargestellt. Die präparierten Algen wurden nach der Einbettung in Kunstharz unter dem Mikroskop bestimmt und 500 Schalen gezählt.

Zusätzlich wurden an jeder Probenahmestelle Proben zur Bestimmung makroskopisch auffälliger Algen entnommen und mit Formalin fixiert.

2.4 Bestimmung der Gewässergüte mit Hilfe der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse

Die Gewässergüte wurde auf der Stufe der Produktion mit Hilfe der Kieselalgen (Prinzip der Differentialarten-Analyse) beurteilt. Kieselalgen-Gemeinschaften weisen pflanzensoziologisch regelmäßige Reaktionen mit hoher Sensibilität hinsichtlich positiver und negativer Veränderungen der Wasserqualität auf und eignen sich deshalb hervorragend als Bioindikatoren für den Grad einer organischen Gewässerverschmutzung (Lange-Bertalot 1978, 1979a und b). Untersuchungen zeigten, dass alle Arten auch unter oligosaprobien Bedingungen relativ individuenreich vorkommen können. Hingegen wurden einzelne Arten bei zunehmender Verschmutzung deutlich in ihrer Häufigkeit reduziert. Toleranzgrenzen existieren somit in erster Linie zur schlechteren Wasserqualität hin.

Fasst man alle Kieselalgen mit ähnlichen Toleranzen gegenüber organischer Belastung in Differentialartengruppen zusammen und addiert die prozentualen Häufigkeiten der einzelnen Arten innerhalb einer Gruppe, so ist ihre Gruppensumme als Indikator der Wasserqualität auswertbar (Lange-Bertalot & Bonik 1976, Lange-Bertalot 1978, 1979a und 1979b, Krammer & Lange-Bertalot 1986). Aspektwechsel, d.h. jahreszeitliche Änderungen in den Gesellschaftsanteilen der verschiedenen Arten, die bei gleichbleibender Wasserqualität auftreten, bewegen sich stets innerhalb einer Differentialartengruppe. Die Gewässergütestufen mit den prozentualen Anteilen der verschiedenen Differentialartengruppen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die in der Tabelle angegebenen Kriterien zur Bestimmung der Gewässergüte sollten jedoch nicht dazu verleiten, die Artenzusammensetzung der Kieselalgen-Gesellschaft arithmetisch einem starren Schema entsprechend auszuwerten, sondern es sollte mit der Beurteilung auch eine biologische Interpretation verbunden sein (Krammer & Lange-Bertalot 1986), welche sich unserer Meinung nach auf zusätzliche autökologische Artangaben abstützen sollte. Daher werden im Kapitel 3.1.3.1 die wichtigsten Kieselalgen-Taxa näher besprochen.

Heute werden vier Kieselalgen-Differentialartengruppen unterschieden (Munk 1985, Hofmann 1987, Schiefele 1987):

- Gruppe 1: Übersensible Arten, deren Wachstum bereits bei mässiger Belastung gehemmt ist.
- Gruppe 2: Sensible Arten, welche bis zur kritischen Belastung vorkommen können.
- Gruppe 3: Weniger tolerante Arten, die noch in stark belasteten Gewässern auftreten.
- Gruppe 4: Tolerante Arten, welche noch in sehr stark und übermässig belasteten Gewässern vorkommen.

Die Zuordnung der in dieser Arbeit bestimmten Kieselalgentaxa zu den vier Differentialartengruppen geht aus der Tabelle C4 in Anhang C hervor.

Tab. 1. Gewässergütestufen mit den prozentualen Anteilen der Differentialartengruppen. $\ddot{u}s$ = übersensible Arten; s = sensible Arten; wt = weniger tolerante Arten; t = tolerante Arten. * = nach Hofmann (1987); ** = nach Schiefele (1987); übrige Angaben nach Krammer & Lange-Bertalot (1986).

| Gewässergütestufe | | prozentualer Anteil der Differentialartengruppen |
|-------------------|---|--|
| I | oligosaprob unbelastet bis gering belastet | $\ddot{u}s \geq 90\%$ * $s+wt+t \leq 10\%$ * |
| I - II | oligo- β -mesosaprob gering belastet | $\ddot{u}s \geq 10\%$ ** $50\% > s < 90\%$ ** $wt+t < 40\%$ (?) ** |
| II | β -mesosaprob mässig belastet | $\ddot{u}s \leq 10\%$ $50\% \leq s < 90\%$ $wt+t < 50\%$ |
| II-III | β - α -mesosaprob kritisch belastet | $10\% < s < 50\%$ $50\% \leq wt+t < 90\%$ |
| III | α -mesosaprob stark verschmutzt | $s \leq 10\%$ $wt \geq 50\%$ $t < 50\%$ |
| III-IV | α -meso-polysaprob sehr stark verschmutzt | $10\% < s+wt < 50\%$ $t \geq 50\%$ |
| IV | polysaprob übermässig verschmutzt | $s+wt \leq 10\%$ $t \geq 90\%$ |

3. Resultate und Diskussion

3.1 Untersuchungen im Spöl

3.1.1 Charakterisierung der Probenahmestellen

Die fünf Probenahmestellen sind in Anhang B charakterisiert. Die Dokumentation enthält in tabellarischer oder graphischer Form für jede Probenahmestelle folgende Angaben, welche anlässlich von Aufnahmen vor und nach der Spülung sowie während einer Nachuntersuchung erhoben wurden:

- Koordinaten der Probenahmestelle
- Übersichtsfoto
- Wassergüte gemäss der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse
- Äusserer Aspekt wie Trübung, Geruch, Schaumbildung, Ablagerungen von Unrat, Detritus, Sedimentation, Auftreten von Bakterien, Pilzen und Protozoen, Vorhandensein von Eisensulfid-Flecken, Beschattung, Fließgeschwindigkeit
- Korngrößenverteilung
- Pflanzlicher Bewuchs (allgemeiner Eindruck)
- Verteilung des Bewuchses auf die Korngrößen (Deckungsgrad der Algen und Moose, Wuchsform des Algenbewuchses).

3.1.2 Einfluss der Spülung auf die Probenahmestellen im Spöl

Das Kapitel beinhaltet den Vergleich der Feldbeobachtungen anlässlich der Probenahmen im Spöl vor und nach der Spülung und setzt sie zu jenen in Bezug, welche während der Nachuntersuchung gemacht wurden. Es werden nur Parameter besprochen, welche aufgrund der Spülung eine Änderung erfuhren.

3.1.2.1 Sedimentiertes Feinmaterial

Sedimentiertes Feinmaterial wurde in leicht sichtbaren Mengen lediglich an den Stellen Algen 1 und 4 festgestellt. An der Stelle Algen 1 war vor der Spülung im rechten Bereich eine grosse Menge Sand und Schlick abgelagert. Nach der Spülung war dieser Bereich verschwunden, er wurde während der Spülung abgetragen. Ebenfalls war Schlick, welcher vor der Spülung in den Moosbüscheln festgehalten wurde, ausgespült worden. Anlässlich der Nachuntersuchung

konnte im rechten Bereich wieder eine Anlagerung von Feinmaterial beobachtet werden.

An der Stelle Algen 4 war im unmittelbaren Uferbereich vor der Spülung abgelagertes Feinmaterial festzustellen, welches aufgrund der Spülung abgeschwemmt wurde. Die Nachuntersuchung zeigte, dass sich in der Zwischenzeit bereits wieder Feinmaterial abgelagert hatte.

3.1.2.2 Eisensulfid-Flecken

Vor der Spülung konnten an keiner Probenahmestelle Eisensulfid-Flecken beobachtet werden. Nach der Spülung wiesen an den Stellen Algen 1 und Algen 2 einzelne Steine Eisensulfid-Flecken auf. Infolge der Erosionskraft des Wassers wurden die Steine während der Spülung aus dem z.T. anscheinend anoxischen Bachgrund gerissen.

3.1.2.3 Korngrößenverteilung

An der Probenahmestelle Algen 1 wurde infolge der Spülung eine Verminderung des Silt-Anteils festgestellt. Anlässlich der Nachuntersuchung hatten sich hier bereits wieder makroskopisch feststellbare Mengen an Feinmaterial angelagert.

3.1.2.4 Pflanzlicher Bewuchs auf der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Algen: Der Algenaufwuchs war bereits vor der Spülung spärlich und bestand fast ausschliesslich aus Krustenalgen (Bewuchsdichtestufe 2). Der Deckungsgrad des Algenbewuchses betrug vor der Spülung an den Stellen Algen 1 und 3 zwischen 11 und 75%, an den beiden anderen Stellen bis höchstens 10%.

Unmittelbar nach der Spülung konnten makroskopisch lediglich an den Stellen Algen 1 und 3 Veränderungen festgestellt werden. Der Deckungsgrad des Algenbewuchses war hier aufgrund des Abriebes durch feinkörniges suspendiertes Material reduziert worden (vor der Spülung 11-75%, nachher 1-10%). Geschiebetrieb trat, wenn überhaupt, nur sehr schwach auf. Nach der Spülung wurden vereinzelt durch die Strömung bewegte Steine festgestellt. Bei diesen Steinen war der Moosbewuchs gegen den Bachgrund hin gerichtet. Algen, welche sich auf Schlack entwickelt hatten (z.B. bei der Stelle Algen 1 rechts) waren zusammen mit dem Feinmaterial abgetragen worden.

Anlässlich der Nachuntersuchung konnte an allen Stellen eine Zunahme bezüglich der Bewuchsdichte und/oder des Deckungsgrades des Algenbewuchses festgestellt werden. An den Stellen Algen 1 und 4 traten Ansätze von fädigen Algen auf.

Moos: An der Stelle Algen 1 war vor der Spülung in der Mitte und auf der linken Seite ein üppiger Moosbewuchs festzustellen (Bewuchsdichtestufe 5, Gewässersohle zum grössten Teil

mit Moos bedeckt; Deckungsgrad 76-100%). Nach der Spülung war das Moos auf der linken Seite vollständig entfernt. In der Mitte wurde es dagegen nur wenig reduziert. An den Stellen Algen 2 und 3 wurde der zwar weniger gut entwickelte Moosbestand (Bewuchsdichtestufe 2, Deckungsgrad 1-10%) infolge der Spülung ebenfalls vollständig weggerissen. An der Stelle Algen 4 wurde vor der Spülung die Bewuchsdichtestufe 3 und ein Deckungsgrad von 10-25% ermittelt. Als Folge der Spülung war der Moosbewuchs auf die Bewuchsdichte 2 und einen Deckungsgrad von 1-10% vermindert worden. Anlässlich der Nachuntersuchung zeigte sich, dass sich der Moosbewuchs in der Zwischenzeit mit Ausnahme der Stelle Algen 1 nicht oder nur ganz schwach erholt hatte.

3.1.2.5 Verteilung des Bewuchses auf den Korngrössenstufen

Algen: Vor der Spülung traten die Algen zur Hauptsache auf den Korngrössenstufen 1 bis 3 (grösseres Gerölle bis Grobkies) in Erscheinung. Es handelte sich, wie erwähnt um Krustenalgen und ganz vereinzelt um Ansätze von Fadenalgen. Die Algen wiesen auf den bewachsenen Korngrössen einen Deckungsgrad von 11 bis 75% auf.

Nach dem Hochwasser war der Deckungsgrad auf allen vorher bewachsenen Korngrössen reduziert. Auf Grobkies war die Abnahme des Deckungsgrades jedoch am grössten: Die Krustenalgen waren zum Teil vollständig abgerieben worden.

Während der Nachuntersuchung stellten wir an allen Probenahmestellen einen grösseren oder gleichen Deckungsgrad der Korngrössen fest. An den Stellen Algen 3 und 4 war nun die nächst kleinere Korngrösse (Feinkies) ebenfalls von Krustenalgen bewachsen. An den Stellen Algen 1, 2 und 4 beobachteten wir auf den Korngrössenstufen 1 bis 3 auch bis 2 cm lange Fäden.

Moos: Moos hatte sich vor der Spülung wie die Algen hauptsächlich auf den grösseren Gesteinsfraktionen entwickelt (Korngrössenstufen 1 bis 3).

Nach der Spülung war der Moosbewuchs auf allen vorher bewachsenen Korngrössenstufen reduziert, wobei wiederum die kleineren Fraktionen von der Reduktion stärker betroffen waren als die grossen. Anhand des Moosbewuchses, der bei den durch die starke Strömung bewegten Steinen zum Teil gegen den Bachgrund schaute, kann geschlossen werden, dass durch die Spülung vor allem bis faustgrosse Gesteinsfraktionen (Schlick bis Grobkies) bewegt wurden.

Anlässlich der Nachuntersuchung konnte lediglich auf den Korngrössenstufen 1 und 2 (grösseres und kopfgrosses Gerölle) Moosbewuchs festgestellt werden. Die kleineren Gesteinsfraktionen waren noch nicht wiederbewachsen worden.

3.1.3 Algen im Spöl

3.1.3.1 Zusammensetzung der Kieselalgenengesellschaften

In Tabelle C4 in Anhang C sind die Kieselalgenarten und deren prozentuale Häufigkeiten für alle untersuchten Stellen aufgeführt und entsprechend den vier Differentialartengruppen geordnet. Pro Probe traten innerhalb einer Zählung zwischen 10 und 33 Arten auf. Insgesamt wurden im Spöl 52 Arten und Variationen bestimmt. Als wichtigste Kieselalgenarten (Hauptarten, Auftreten mit relativer Häufigkeit von mehr als 10%) sind *Achnanthes biasolettiana*, *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*, *Achnanthes minutissima* var. *inconspicua*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema angustum* und *Gomphonema olivaceum* zu nennen.

Im folgenden werden die oben erwähnten Hauptarten besprochen, und mit Hilfe von Literaturangaben wird auf deren ökologische Ansprüche hingewiesen.

***Achnanthes biasolettiana* (Brébisson) Grunow in Cleve & Grunow 1880**

Achnanthes biasolettiana ist eine in Europa sehr weit verbreitete, fast immer mit *Achnanthes minutissima* gemeinsam vorkommende Art. Individuenreiche Populationen treten mit ökologischem Schwerpunkt in kalkhaltigen Gewässern mit mittlerem bis höherem Elektrolytgehalt auf (= 100 bis > 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Zusätzliche autökologische Angaben über *A. biasolettiana* sind uns nicht bekannt. Da Formen, welche der Art *Achnanthes biasolettiana* entsprechen von Lange-Bertalot (1980) als *Achnanthes minutissima* var. *jackii* bezeichnet wurden, verwenden wir bis auf weiteres zur Charakterisierung von *A. biasolettiana* die ökologischen Angaben der Variation *Achnanthes minutissima* var. *jackii* (Rabenhorst) Lange-Bertalot & Ruppel 1980, welche von Lange Bertalot erst in neuerer Zeit zu *Achnanthes biasolettiana* gezählt wird. Nach Lange-Bertalot & Ruppel (1980) kommt *Achnanthes minutissima* var. *jackii* individuenreich nur in oligotrophen Gewässern vor, toleriert bereits mesosaprobe Verhältnisse nicht mehr und wird daher als übersensibles Taxon bezeichnet. Hustedt (1930), Schoemann (1973) und Lowe (1974) bezeichnen *Achnanthes minutissima* var. *jackii* als Form, welche in oligotrophen Gebirgsgewässern mit hohen Sauerstoffkonzentrationen vorkommt.

Im Spöl trat *Achnanthes biasolettiana* an allen vier Probenahmestellen sowohl vor und nach der Spülung als auch anlässlich der Nachuntersuchung mit relativen Häufigkeiten zwischen 17 und 59% in Erscheinung. An den Stellen Algen 1, 2 und 3 war sie vor und nach der Spülung, an der Stelle Algen 4 bei jeder Probenahme jeweils mit den höchsten Anteilen in der Probe vertreten.

***Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima* Kützing 1833**

Bei *Achnanthes minutissima* handelt es sich um eine häufige und weit verbreitete Kieselalge, welche nach Kawecka (1987) gegenüber Temperatur und Strömung unabhängig ist und zu den sensiblen Arten gezählt wird (Krammer & Lange-Bertalot 1986, Hofmann 1987). Die Art toleriert bis mesosaprobe Verhältnisse (Sladeczek 1973, Lowe 1974). Sie kommt in schwach alkalischen Gewässern (pH 7.5 - 7.8) mit guten Sauerstoffverhältnissen vor (Cholnoky 1968). Nach Bahls et al. (1984) hat sie eine weite ökologische Spanne ohne saisonale Abhängigkeiten und soll Bäche mit klarem Wasser bevorzugen. *A. minutissima* erträgt sowohl geringe als auch starke Strömung und kommt in Wasser unterschiedlicher Leitfähigkeit vor. Sie gilt als Pionierart.

A. minutissima wies im Spöl an allen Probenahmestellen und bei allen Probenahmen relative Häufigkeiten zwischen 12 und 43% auf und trat an den Stellen Algen 1 bis 3 anlässlich der Nachuntersuchung mit dem höchsten prozentualen Anteil in der Probe in Erscheinung.

***Achnanthes minutissima* var. *inconspicua* Oestrup 1910**

Bei *Achnanthes minutissima* var. *inconspicua* ist es nach Lange-Bertalot & Krammer (1989) niemals ganz auszuschliessen, dass es sich um Stadien aus dem Entwicklungszyklus von *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* handelt. Da ökologische Angaben über *A. minutissima* var. *inconspicua* fehlen, und eine eindeutige Unterscheidung zwischen *A. minutissima* var. *inconspicua* und *A. minutissima* var. *minutissima* vielfach schwierig ist, behandeln wir die Form entsprechend *A. minutissima* var. *minutissima*.

Achnanthes minutissima var. *inconspicua* war im Spöl an allen Stellen vertreten, beteiligte sich aber lediglich an den Stellen Algen 1, 3 und 4 mit mehr als 10% Anteil an der Kieselalgen-gesellschaft beteiligt. Das Maximum wurde mit 19% an der Stelle Algen 1 vor der Spülung erreicht.

***Cocconeis placentula* Ehrenberg 1938**

Cocconeis placentula ist eine weit verbreitete Aufwuchsart (Hustedt 1930). Hofmann (1987) und Krammer & Lange-Bertalot (1986) beschreiben sie als sensible Art, welche jedoch bei genügend grosser Sauerstoffsättigung auch stärkere Belastungen toleriert. Deshalb ordnet Sladeczek (1973) die Art den xeno- bis α -mesosaprobe Stufen zu. Das pH-Optimum liegt bei 8 (Cholnoky 1968). Nach Bahls et al. (1984) bevorzugt *C. placentula* klares Wasser, kommt hauptsächlich während der wärmeren Jahreszeit vor und gilt wie *A. minutissima* als Erstbesiedler. Sie besiedelt Grünalgenfäden (z.B. *Cladophora* sp.) und erreicht dort grosse Dichten.

Cocconeis placentula wurde an allen Probenahmestellen gefunden. Mit mehr als 10% relativer Häufigkeit trat sie nur bei den Stellen Algen 1 (vor der Spülung) und Algen 4 (nach der Spülung) in Erscheinung.

***Gomphonema angustum* Agardh 1831**

Nach Sladeczek (1973) und Krammer & Lange-Bertalot (1986) ist die Art nur in oligotrophen Gewässern häufig und soll kaum abhängig von pH-Wert und Elektrolytgehalt sein. Die letztgenannten Autoren geben an, dass durch die allgemein erhöhte Abwasserbelastung und Eutrophierung, die Verbreitung dieser Art in mitteleuropäischen Gewässern stark rückläufig ist. Hofmann (1987) bezeichnet sie als übersensible Art. Erni (1987) fand *G. angustum* regelmässig in Bergbächen des Kantons Graubünden, jedoch nur einmal mit mehr als 10% relativer Häufigkeit.

G. angustum trat im Spöl an jeder Probenahmestelle während allen Probenahmen in Erscheinung. Als Hauptart (>10% Gesellschaftsanteil) konnte sie jedoch lediglich an den Stellen Algen 3 und 4 bezeichnet werden (Maximum Stelle Algen 3, Nachuntersuchung: 18%). An jeder Probenahmestelle wurden die höchsten prozentualen Anteile bei der Nachuntersuchung ermittelt.

***Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson 1838**

Gomphonema olivaceum erscheint nach Lowe (1974) und Krammer & Lange-Bertalot (1986) sowohl unter oligotrophen Verhältnissen als auch in stark eutrophierten Flüssen, gelangt jedoch kaum über den kritischen Belastungsgrad (β - α -mesosaprob) hinaus. Lowe (1974) und Hofmann (1989) bezeichnen die Art als eutrophe Verhältnisse anzeigend. *G. olivaceum* meidet nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) elektrolytarmer Biotope und hat nach Cholnoky (1968) ein pH-Optimum von über 8.0.

G. olivaceum wies wie *G. angustum* die grössten prozentualen Gesellschaftsanteile im Spöl an den Stellen Algen 3 und 4 auf (Algen 3, Nachuntersuchung: 19%; Algen 4, vor Spülung: 21%). An den andern Probenahmestellen kam die Art mit maximal 9% vor.

3.1.3.2 Vergleich der Kieselalpengesellschaften an den einzelnen Probenahmestellen

Es wurde die Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften zweier im Fliessverlauf aufeinanderfolgender Stellen miteinander verglichen. Hierzu berechneten wir als Ähnlichkeitsmass die Dominanzidentität dieser beiden Kieselalpengesellschaften (Engelberg 1987). Die Dominanzidentität reicht von 0 bis 100%, wobei 0% bedeutet, dass zwei Gesellschaften völlig unterschiedlich und 100%, dass zwei Gesellschaften identisch sind. Eine Dominanzidentität von über 60% deutet bereits auf eine hohe strukturelle Ähnlichkeit zwischen zwei Kieselalpengesellschaften hin. Dies bedeutet nicht nur, dass beide Gesellschaften ein sehr ähnliches Artenspektrum aufweisen, sondern auch, dass die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten in beiden Gesellschaften ähnlich sind.

Es zeigte sich, dass sowohl vor und nach der Spülung als auch anlässlich der Nachuntersuchung zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Stellen keine interbretierbaren Unterschiede hinsichtlich der Kieselalgenzusammensetzung bestanden (Dominanzidentität immer > 60%, Tab. 2).

3.1.3.3 Einfluss der Spülung auf die Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften

Der Einfluss der Spülung auf die Zusammensetzung der Kieselalgen im Spöl wurde aufgrund der Berechnung der Dominanzidentität der Kieselalpengesellschaften beurteilt. Dazu wurden die Kieselalpengesellschaften, welche vor der Spülung auftraten mit jenen, welche nach der Spülung vorhanden waren verglichen. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, waren aufgrund der Spülung keine grossen Veränderungen der Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften festzustellen (Dominanzidentität immer > 60%). Auch die Kieselalpengesellschaften, welche anlässlich der Nachuntersuchung beobachtet wurden, zeigten im Vergleich mit den beiden vor-

angegangenen Untersuchungen keine stärkeren Veränderungen. Es scheint sich bei den untersuchten Kieselalgen um stabile Gesellschaften gehandelt zu haben.

Tab. 2. Vergleich der Kieselalgengesellschaften der einzelnen Probenahmestellen mittels der Dominanzidentität. Tabellenwerte in %. Werte > 60% = hohe strukturelle Ähnlichkeit der beiden Gesellschaften. v=vor der Spülung, 6.6.1990, n=nach der Spülung, 8.6.1990, Na=Nachuntersuchung, 25.7.1990. Datum der Spülung: 7.6.1990.

| | | Algen 1 | | | Algen 2 | | | Algen 3 | | | Algen 4 | | |
|---------|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
| | | v | n | Na |
| Algen 1 | v | | 73 | 62 | 74 | | | | | | | | |
| | n | | | 75 | | 74 | | | | | | | |
| | Na | | | | | | 82 | | | | | | |
| Algen 2 | v | | | | 74 | 66 | 79 | | | | | | |
| | n | | | | | 59 | | 61 | | | | | |
| | Na | | | | | | | | 73 | | | | |
| Algen 3 | v | | | | | | | 90 | 77 | 88 | | | |
| | n | | | | | | | | 73 | | 61 | | |
| | Na | | | | | | | | | | | 78 | |
| Algen 4 | v | | | | | | | | | | 56 | 64 | |
| | n | | | | | | | | | | | 89 | |
| | Na | | | | | | | | | | | | |

3.1.3.4 Andere Algen

Die Untersuchungsergebnisse der Bestimmung der separat entnommenen Algenproben sind in Tab. C5 in Anhang C zusammengestellt.

Bei den schwarzen Algenkrusten (Probe 2, Tab. C5), welche auf den Steinen im Spöl auf der gesamten untersuchten Fließstrecke zu beobachten waren, handelte es sich um Blaualgen der Gattungen *Chamaesiphon* (cf. *fuscus*) und *Pleurocapsa* sowie um die Grünalge *Gongrosira* sp.

Die grünen Algenfäden, welche insbesondere anlässlich der Nachuntersuchung gefunden wurden, waren zur Hauptsache *Ulothrix zonata*, eine Grünalge, welche in mehr oder weniger nährstoffreichen Gewässern wächst (van den Hoek 1978). Weiter wurden *Cladophora glomerata* (Grünalge; tritt bevorzugt an nährstoffreichen oder mit Abwasser belasteten Stellen auf) und Faden-Jochalgen (*Spirogyra* und *Zygnema*, ebenfalls zu den Grünalgen gehörend) festgestellt, letztere vorwiegend in Bereichen mit stehendem Wasser. Der dichte Algenbewuchs unmittelbar unterhalb der Staumauer (Anhang D, Tafel 7 Foto 5 und 6; Probe 11, Tab. C5) weist auf eine gute Nährstoffversorgung aus dem Livigno-Stausee hin.

Bei den bräunlichen Fäden auf den Steinen handelte es sich um *Hydrurus foetidus*, eine

Goldalge, welche für Gebirgsbäche typisch ist und nur bei Temperaturen unter 15°C auftritt (Anhang C, Tab. C5, Proben 5, 13 und 17).

Der bräunliche Überzug auf Schlickflächen (Anhang C, Tab. C5, Proben 1, 4 und 14) setzte sich hauptsächlich aus Kieselalgen zusammen. Dominante Art war in den Proben 1 und 4 *Nitzschia cf sublinearis* Husted 1930. Die Art tritt in individuenreichen Populationen besonders im Alpen- und Voralpengebiet in mässig elektrolytreichen Fließgewässern auf. Sie ist typisch für den oligo- bis β -mesosaprobien Belastungsgrad (Krammer & Lange-Bertalot 1988). In Probe 15 war *Diatoma ehrenbergii* Kütz. am häufigsten. Es handelt sich um eine alkalibionte Art (Lowe 1974), welche nach Lange-Bertalot (1978) sehr sensibel auf ein Sauerstoffdefizit reagiert. Lowe (1974) stuft *Diatoma ehrenbergii* als für eutrophe Gewässer charakteristische Art ein.

3.1.4 Beurteilung der Gewässergüte im Spöl mit Hilfe der Kieselalgen

Die Resultate der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse sind in Abbildung 16 zusammengestellt. An allen vier Probenahmestellen ergab sich sowohl vor und nach der Spülung als auch anlässlich der Nachuntersuchung die Gewässergütestufe I-II (oligo- β -mesosaprob, gering be-

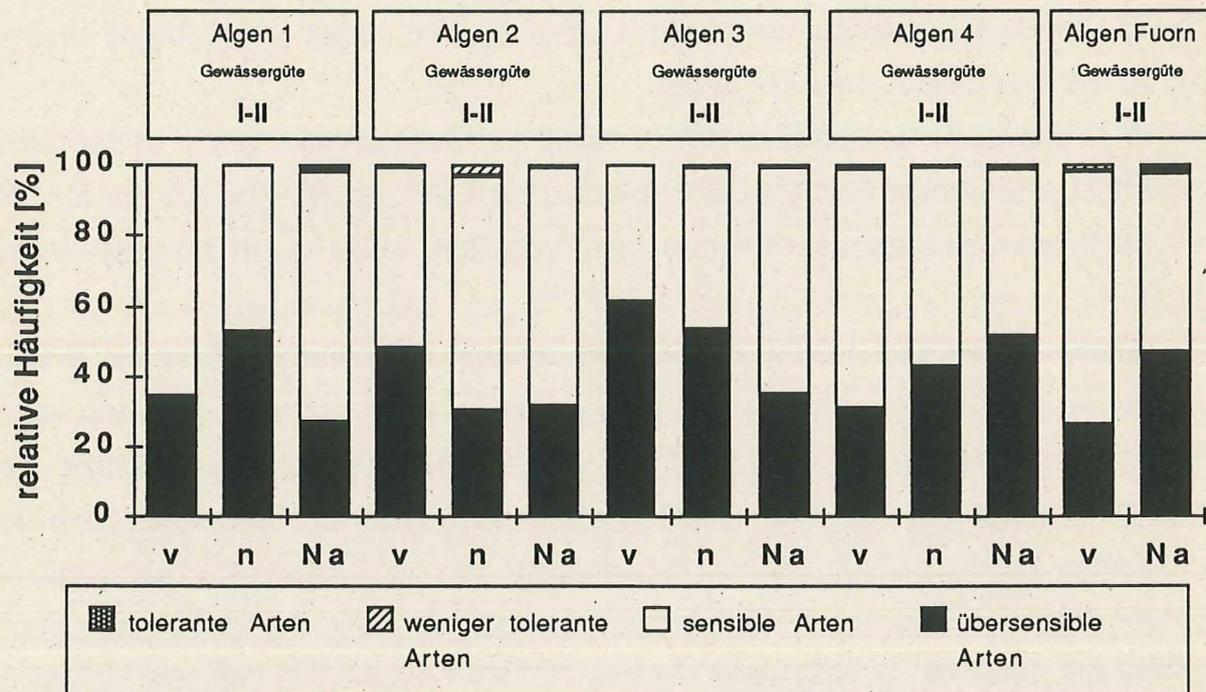


Abb. 16. Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse an den vier Probenahmestellen im Spöl (Algen 1 bis Algen 4) und im Ova dal Fuorn (Algen Fuorn). v=vor der Spülung, 6.6.1990, n=nach der Spülung, 8.6.1990, Na=Nachuntersuchung, 25.7.1990. Datum der Spülung: 7.6.1990. Gewässergüte I-II=oligo- β -mesosaprob, gering belastet.

lastet). Die Summe der übersensiblen Arten bewegte sich zwischen 27 und 60%, jene der sensiblen Arten zwischen 39 und 72%. Die weniger toleranten und die toleranten Arten erreichten maximal 3 bzw. 1% relative Häufigkeit.

3.2 Untersuchungen im Ova dal Fuorn

3.2.1 Charakterisierung der Probenahmestelle

Die Probenahmestelle im Ova dal Fuorn ist in Anhang B charakterisiert. Die Dokumentation enthält dieselben Angaben wie die Probenahmestellen im Spöl.

Hinsichtlich des äusseren Aspektes traten keine negativen Auffälligkeiten in Erscheinung. Die Korngrössen waren hauptsächlich von den beiden Stufen 1 und 2 (grösseres und kopfgrosses Gerölle) bestimmt. Schlick war keiner vorhanden. Anlässlich der Probenahme vom 6. Juni 1990 konnte von Auge kein Bewuchs festgestellt werden. Bei der Nachuntersuchung beobachteten wir jedoch nebst Krustenalgen Ansätze von fädigen Algen. Die Algen bedeckten 11 bis 25% des Gewässergrundes. Von den Korngrössen waren die Stufen 1 bis 3 (grösseres Gerölle bis Grobkies) bis höchstens 75% bewachsen, wobei lediglich das grössere Gerölle Ansätze von fädigen Algen aufwies.

3.2.2 Algen im Ova dal Fuorn

3.2.2.1 Zusammensetzung der Kieselalpengesellschaften

In Tabelle C4 in Anhang C sind die Kieselalgenarten und deren prozentuale Häufigkeiten entsprechend den vier Differentialartengruppen geordnet. Anlässlich der Probenahme vom 6.6.1990 wurden 31 Arten in der Probe festgestellt, bei der Nachuntersuchung vom 25.7.1990 21. Insgesamt wurden 35 Arten und Variationen festgestellt. Als wichtigste Kieselalgenarten (Hauptarten mit mehr als 10% Anteil an der Kieselalpengesellschaft) traten *Achnanthes biasolettiana*, *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* und *Gomphonema angustum* hervor. Die ökologischen Ansprüche dieser Arten sind in Kapitel 3.1.3.1 erwähnt.

Die Kieselalpengesellschaften der beiden Probenahmen zeigten eine recht hohe strukturelle Ähnlichkeit (Dominanzidentität: 63%).

3.2.2.2 Andere Algen

Bei den auffälligen Algen im Ova dal Fuorn handelte es sich wie im Spöl um *Hydrurus foetidus* und *Ulothrix zonata* (Tab. C6 in Anhang C). Da im Ova dal Fuorn lediglich eine Stelle beprobt wurde und bei der ersten Probenahme keine makroskopisch auffälligen Algen beobachtet wurden, ist die Artenliste im Vergleich mit jener im Spöl entsprechend klein.

3.2.3 Beurteilung der Gewässergüte im Ova dal Fuorn mit Hilfe der Kieselalgen

Die Resultate der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse sind in Abbildung 16 und in Tabelle C4 in Anhang C zusammengestellt. Bei beiden Probenahmen wurde die Gewässergütestufe I-II indiziert (oligo- β -mesosaprob, gering belastet). Die Summe der übersensiblen Arten bewegte sich zwischen 26 und 47% (6.6.1990 bzw. 25.7.1990, Nachuntersuchung), jene der sensiblen Arten erreichte 72 bzw 60%. Die weniger toleranten und die toleranten Arten erreichten zusammen maximal 2.5%.

3.3 Vergleich des Aufwuchses im Spöl und im Ova dal Fuorn

3.3.1 Makroskopischer Eindruck

Im Juni war im Ova dal Fuorn makroskopisch kein Bewuchs feststellbar. Im Spöl traten hauptsächlich Krustenalgen und vereinzelt Ansätze von Fadenalgen auf (siehe Anhang B, Dokumentation der Probenahmestellen).

Anlässlich der Nachuntersuchung (25. Juli 1990) zeigte sich auch auf den Steinen im Ova dal Fuorn ein Bewuchs. Im Spöl hatte die Bewuchsdichte zugenommen. Bezüglich des Deckungsgrades wiesen die Probenahmestellen im Spöl höhere Werte auf (Deckungsgrad: 3-4) als jene im Ova dal Fuorn (Deckungsgrad: 2). Auch der Deckungsgrad auf den einzelnen Korngrößenstufen war im Spöl höher als im Ova dal Fuorn.

Auffallend war, dass im Ova dal Fuorn kein Moos beobachtet wurde. Dies könnte allenfalls mit der infolge von Hochwasser immer wieder gestörten Bachsohle im Ova dal Fuorn zusammenhängen, was das Aufkommen von langsamer wachsenden pflanzlichen Organismen erschwert oder verhindert.

3.3.2 Zusammensetzung der Kieselalngengesellschaften

Der Vergleich der Kieselalngengesellschaften im Spöl und im Ova dal Fuorn wurde aufgrund der Berechnung der Dominanzidentität vorgenommen. Der Vergleich der Proben im Spöl, welche vor und unmittelbar nach der Spülung (6.6.1990, bzw. 8.6.1990) entommen wurden, mit der Probe im Ova dal Fuorn vom 6.6.1990, ergab eine eher geringe Ähnlichkeit der Kieselalngengesellschaften (Tab. 3). Die Dominanzidentität betrug für die Vergleiche der Stelle Algen Fuorn mit den Stellen Algen 1 bis 3 zwischen 41 und 54% und für den Vergleich mit der Stelle Algen 4 78 (vor der Spülung) bzw. 47% (nach der Spülung). Anlässlich der Nachuntersuchung vom 25.7.1990 zeigte sich, dass die Ähnlichkeit der Kieselalngengesellschaften im Spöl und im Ova dal Fuorn grösser geworden war (Vergleich der Kieselalngengesellschaften der Stellen Algen 1 bis 4 im Spöl vom 25.7.1990 mit jener der Stelle Algen Fuorn im Ova dal Fuorn vom 25.7.1990). Ob diese Angleichung der Kieselalngengesellschaften in den beiden Gewässern in Zusammenhang mit der Spülung steht - Rücksetzung der Algensukzession im Spöl auf ein vorangegangenes Stadium - oder, ob sie dem natürlichen Entwicklungsverlauf entspricht, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht beurteilt werden.

Ein Unterschied zwischen den beiden Kieselalngengesellschaften im Spöl und im Ova dal Fuorn betraf die typisch planktischen Kieselalgen *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* und *Tabellaria flocculosa*. Im Spöl wurden diese Arten nach der Spülung mit geringen relativen Häufigkeiten festgestellt (maximal 3% Anteil an der Kieselalngengesellschaft). Sie wurden aus dem Livigno-Stausee ausgeschwemmt. Wahrscheinlich handelte es sich dabei um tote Individuen, da über den Grundablass nur sedimentierte Organismen den Stausee verlassen können. Im Ova dal Fuorn fehlten diese Arten.

Tab. 3. Vergleich der Kieselalngengesellschaften im Ova dal Fuorn (Stelle Algen Fuorn) und im Spöl (Stellen Algen 1 bis Algen 4) mittels der Dominanzidentität. Tabellenangaben in %. Werte > 60% = hohe strukturelle Ähnlichkeit der beiden Gesellschaften. v=vor der Spülung, 6.6.1990, n=nach der Spülung, 8.6.1990, Na=Nachuntersuchung, 25.7.1990. Datum der Spülung: 7.6.1990.

| Algen Fuorn | Algen 1 | | | Algen 2 | | | Algen 3 | | | Algen 4 | | |
|-------------|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
| | v | n | Na |
| 6.6.1990 | 41 | 44 | | 48 | 54 | | 46 | 44 | | 78 | 47 | |
| 25.7.1990 | | | 63 | | | 68 | | | 66 | | | 80 |

3.3.3 Andere Algen

Auffallendster Unterschied zwischen den beiden untersuchten Bächen war das Fehlen der schwarzen Krustenalgen im Ova dal Fuorn. Weiter traten die fädigen Grünalgen, insbesondere *Ulothrix zonata*, im Spöl deutlicher in Erscheinung. Gründe für diese Unterschiede sind wahrscheinlich das Ausbleiben von Geschiebetrieb auslösenden Hochwasser sowie der vermutlich etwas höhere Nährstoffgehalt im Spöl.

3.3.4 Gewässergüte

Die Gewässergüte betrug sowol im Spöl als auch im Ova dal Fuorn während allen Probenahmen I-II (oligo- β -mesosaprob, gering belastet).

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In den Bächen Spöl und Ova dal Fuorn wurden Aufwuchsuntersuchungen durchgeführt, welche zum Ziel hatten, den Einfluss einer Spülung des Grundablasses des Livigno-Stausees auf den Aufwuchs im Spöl zu untersuchen. Im weiteren sollte der Zustand des aufgrund des Restwasserregimes beeinflussten Spöls mit dem anthropogen nicht beeinträchtigten Ova dal Fuorn verglichen werden.

4.1 Beurteilung der Spülung

Es zeigte sich, dass der hauptsächlich aus Krustenalgen bestehende Algenaufwuchs im Spöl aufgrund der Spülung vom 7. Juni 1990 in geringem Masse vermindert wurde. Anlässlich der Nachuntersuchung vom 25. Juli 1990 konnten beim Algenaufwuchs sowohl bezüglich der Dichte als auch hinsichtlich des Deckungsgrades eine Zunahme festgestellt werden. Die Spülung zeigte anscheinend keine nachhaltige Beeinträchtigung des Algenaufwuchses.

Wenn keine periodischen Störungen wie Hochwasser oder massive Chemismuschwankungen infolge Abwasser auftreten, kann sich die Algenbiozönose stabilisieren und zwar unabhängig vom Nährstoffgehalt des Wassers. Eine aus Krustenalgen und Ansätzen von fädigen Algen bestehende Algenbiozönose scheint gemäss Fischbacher (1984) stabil zu sein und Wucherungen von Fadenalgen zu verhindern. Hochwasser können somit in einem gewissen Rahmen auch fördernd auf die Bewuchsdichte in einem Fließgewässer wirken, indem Krustenalgen entfernt werden und so Platz für schnellwüchsige Fadenalgen geschaffen wird (Fischbacher 1984). Die grössere Bewuchsdichte im Spöl anlässlich der Nachuntersuchung könnte neben der vorangegangenen, langen Schönwetterperiode auch das Ergebnis des oben erwähnten Effektes sein (Entfernung von Krustenalgen). Als weiterer Faktor kommt der Frass der Invertebraten in Betracht, welcher aufgrund des Abschwemmens grosser Mengen an Invertebraten während der Spülung reduziert wurde (siehe Bericht P. Rey, Institut für angewandte Hydrobiologie, Konstanz).

Anders verhielt es sich beim Moos. Der Moosbewuchs wurde infolge der Spülung ebenfalls reduziert, hatte sich jedoch bis zur Nachuntersuchung noch nicht oder nur schwach erholt und zeigte im Vergleich mit den Verhältnissen vor der Spülung immer noch geringere Bewuchsdichten und Deckungsgrade.

4.2 Effekte des Restwasserregimes

Effekte des Restwasserregimes im Spöl können aufgrund des Vergleichs mit den Verhältnissen im Ova dal Fuorn, einem Nebenfluss des Spöls, welcher anthropogen nicht oder wenig beeinträchtigt ist, beurteilt werden. Hinsichtlich des Aufwuchses kann festgestellt werden, dass in den untersuchten Bereichen im Gegensatz zum Spöl im Ova dal Fuorn deutliche Ausbildungen von Krustenalgen und Moosbewuchs weitgehend fehlten. Wahrscheinlich liegt der Grund hierfür ebenso wie für das häufigere Auftreten von grünen Algenfäden im Spöl beim Abflussregime der beiden Gewässer. Im Spöl finden aufgrund der Restwasserregelung nie Geschiebebetrieb auslösende Hochwasser statt, während im Ova dal Fuorn die natürlichen Hochwasser ihre Wirkung zeigen. Zusätzlich dürfte das Algenwachstum im Spöl aufgrund des im Vergleich zum Ova dal Fuorn wahrscheinlich etwas grösseren Nährstoffgehaltes höher sein.

Gemäss Lowe (1979) hat neben den mehr oder weniger konstanten Abflussverhältnissen die Temperatur, welche in Fliessgewässern nach Stauseen mit Tiefenwasserausleitung im Vergleich mit den natürlichen Gegebenheiten im Winter warm und im Sommer kalt ist, eine wichtige Bedeutung für den Aufwuchs. Im allgemeinen ist der Algenbewuchs stärker als in nicht beeinträchtigten Fliessgewässern, und kaltstenotherme Arten wie *Hydrurus foetidus* und *Ulothrix zonata* setzen sich durch. Generell werden durch diese Verhältnisse fädige Grünalgen bevorteilt.

Die Kieselalgenengesellschaften im Spöl und im Ova dal Fuorn wiesen zum Zeitpunkt der Spülung eine geringere Ähnlichkeit auf als anlässlich der Nachuntersuchung. Ob diese Angleichung der Kieselalgenengesellschaften in den beiden Gewässern in Zusammenhang mit der Spülung steht oder, ob sie dem natürlichen Entwicklungsverlauf entspricht, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht beurteilt werden. Im Ova dal Fuorn fehlten im Gegensatz zum Spöl typisch planktische Formen. Die Planktonorganismen wurden insbesondere während der Spülung aus dem Livigno-Stausee ausgeschwemmt.

4.3 Wasserqualität des Spöls und des Livigno-Stausees

Aufgrund der Gewässergütebestimmung mit Hilfe der Kieselalgen kann der Spöl als oligo- β -mesosaprobies Gewässer bezeichnet werden (Gewässergüte I-II, gering belastet). Die Gewässergüte unterscheidet sich damit nicht von jener im Ova dal Fuorn. Das Wasser aus dem Livigno-Stausee scheint demnach die Gewässergüte im Spöl nicht oder nur wenig zu beeinträchtigen.

4.4 Vorschläge für weitere Begleitungen

Um längerfristige Auswirkungen von Spülungen auf die Aufwuchsbiozönose des Spöls beurteilen zu können, sind Untersuchungen notwendig, welche Auskunft über die Entwicklung des Aufwuchses in Jahren ohne Spülung geben. Die Entwicklung nach einer Spülung kann dann mit einem "störungsfreien" Jahr verglichen werden (Welchen Einfluss hat z.B. der Abrieb von Krustenalgen oder die Reduktion der Invertebraten auf die weitere Entwicklung?).

Eine längere Untersuchungsperiode wäre weiter wünschenswert, um den Zustand des durch den Stausee und das Restwasserregime beeinflussten Spöls mit einem mehr oder weniger natürlichen Gewässer beurteilen zu können (Welchen Einfluss hat die Temperatur, das Abflussregime oder die Trübung auf die Algenbiozönose?).

Literaturverzeichnis

- ALABASTER, J.S. & LLOYD, R. (1980): Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths London, Boston.
- BAHLS, L. L., WEBER, E.E. & JARVIE, J. O. (1984): Ecology and distribution of major diatom ecotypes in the Southern Fort Union Coal Region of Montana. Geological Survey Professional Paper 1289, United States Government Printing Office, Washington, 150 S.
- CHOLNOKY, B.J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. J. Cramer, Lehre, 699 S.
- DOUGLAS, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. J. Ecol. 46: 295-322.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNERN (1983): Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächenwasser.
- ERNI, G. (1987): Systematische und ökologische Untersuchungen über die Algenflora in Bergbächen des Kantons Graubünden (CH). Diplomarbeit Univ. Zürich, 90 S.
- ENGELBERG, K. (1987): Die Diatomeen-Zönose in einem Mittelgebirgsbach und die Abgrenzung jahreszeitlicher Aspekte mit Hilfe der Dominanz-Identität. - Arch. Hydrobiol., 110 (2), 217-236.
- FISCHBACHER, U. (1984): Beziehungen zwischen Wucherungen von Algen und wachstumsfördernden anorganischen Stoffen in Bächen und Flüssen. Diss. Univ. Zürich, 95 S.
- HOFMANN, G. (1987): Diatomeengesellschaft saurer Gewässer des Odenwalds und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 264 S.
- HOFMANN, G. (1989): Untersuchung litoraler Zönosen von Aufwuchsdiatomeen. Endbericht des Forschungsprojektes "Erhebung trophie-indikativer Biozönosen mit besonderer Berücksichtigung kleinräumiger Auflagerung im Litoralbereich", 49 S., unveröffentlicht.
- HUSTEDT, F. (1930): Die Süßwasserflora Mitteleuropas, Heft 10: Bacillariophyta (Diatomeae). G. Fischer Verlag, Jena, 466 S.
- HÜRLIMANN, J. & SCHANZ, F. (1988): Periphyton diatom communities and trophic states of three shallow lakes in the Pfynwald region of canton Valais, Switzerland. Arch. Hydrobiol. Suppl. 78 (3): 351-371.
- KAWECKA, B. (1987): Communities of sessile algae in some small streams of Central Finland. Comparison of the algae of the high mountains of Europe and those of its northern regions. Acta Hydrobiol. 29 (4), 403-415.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988): Bacillariophyceae. 2. Teil Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirelliaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 S.
- LANGE-BERTALOT, H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: Ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 51: 393-427.
- LANGE-BERTALOT, H. (1979a): Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia, Beih. 64: 285-304.
- LANGE-BERTALOT, H. (1979b): Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 56: 184-219.
- LANGE-BERTALOT, H. & KRAMMER, K. (1989): Achnanthes. Eine Monographie der Gattung. Bibliotheca Diatomologica, Band 18, J. Cramer, Berlin, 393 S.
- LANGE-BERTALOT, H. & BONIK, K. (1976): Massenentwicklung bisher seltener und unbekannter Diatomeen als Indikator starker Abwasserbelastung in Flüssen. Arch. Hydrobiol./ Suppl. 49: 303-332.

- LANGE-BERTALOT, H. & RUPPEL, M. (1980): Zur Revision taxonomisch problematischer, ökologisch jedoch wichtiger Sippen der Gattung *Achnanthes* BORY. Arch. Hydrobiol./Suppl. 60, 1-31.
- LOWE, R.L. (1974): Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. Bowling Green State University, PB 239 490. 333 S.
- LOWE, R.L. (1979): Phytobenthic ecology and regulated streams. In: Ward, J.W. & Stanford J.A. (eds.) The ecology of regulated streams, 25-3.
- MUNK, M. (1985): Der mögliche Einfluss geologischer und hydrologischer Bedingungen auf die Variabilität von Diatomeenassoziationen in der Wisper und ihren Zuflüssen. Staatsexamensarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 141 S.
- PECHLANER, R. (1989): Ökologische Auswirkungen von Wasserleitungen auf Gebirgsbäche. Informationsbericht 1/89 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München, 1: 163-187.
- PERRET, P. (1977): Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt Mapos). Eidg. Amt für Umweltschutz und EAWAG, 276 S.
- SCHIEFELE, S. (1987): Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landshut. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Systematische Botanik an der Ludwig-Maximilians-Universität München, 207 S.
- SCHOEMAN, F.R. (1973): A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to the water quality. V&R Printers, Pretoria. 355 S.
- SLADECEK, V. (1973): System of Water Quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol./ Beih., 7 (1-4), 1-218.
- THOMAS, E.A. & SCHANZ F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. Vjsschr. Natf. Ges. Zürich, 121: 309-317.
- VAN DEN HOEK, C. (1978): Algen, Einführung in die Phykologie. Thiemen Verlag Stuttgart, 481 S.

Anhang

Anhang A: Methoden

Fliessrichtung →

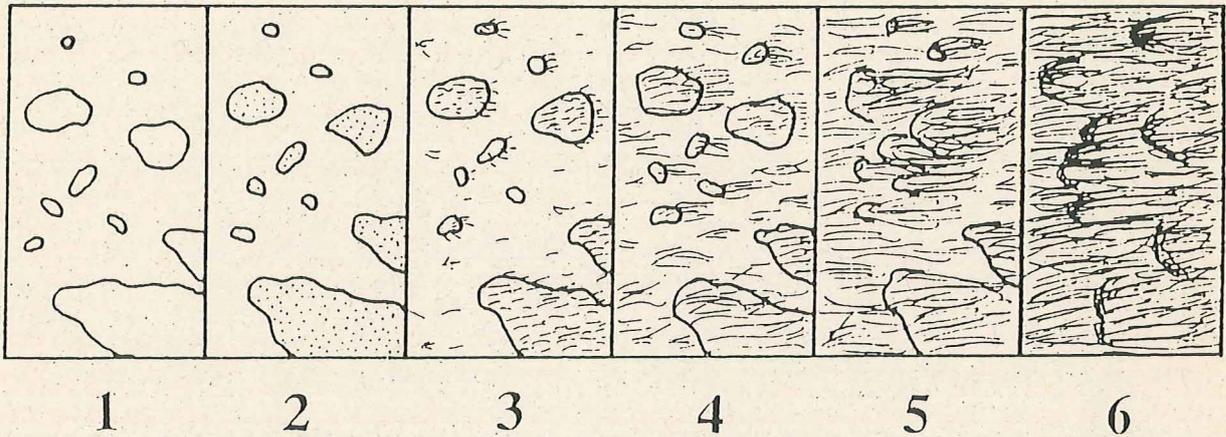


Abb. A1. Skala für die visuelle Beurteilung der Primärproduktion in Fliessgewässern (nach Thomas & Schanz 1976). Stufe 1: Kein Bewuchs; 2: Krustenalgen; 3: Ansätze von fädigen Algen; 4: Gut ausgebildete Zotten; 5: Gewässerseele zum grössten Teil mit Algen bedeckt; 6: Ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

Anhang B: Dokumentation der Probenahmestellen

Stelle Algen 1

Spöl: Koordinaten (811 000 / 167 625)
ca. 150 m unterhalb des Grundablasses des Livigno-Stausees



Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse:

Wassergüte I-II

Blick flussabwärts

vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Äusserer Aspekt

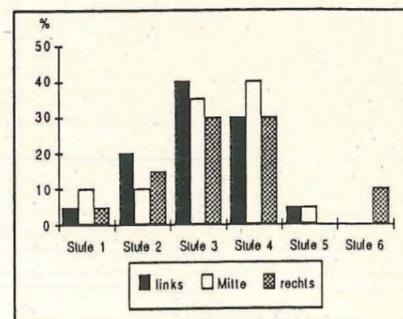
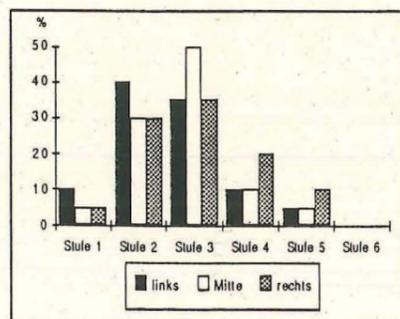
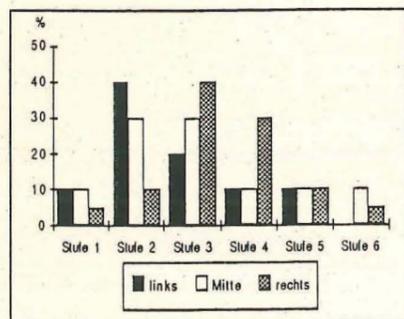
| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | gering |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | Plastiksäcke |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | rechts stark |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.8 m/s Mitte 0.4 m/s rechts 0.5 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | rechts mittel |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | <10% |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1 m/s Mitte 1 m/s rechts 0.5 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | rechts mittel |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.5 m/s Mitte 1 m/s rechts 0.5 m/s |

Korngrößenverteilung

Stufe 1: anstehender Fels und grösseres Gerölle, 2: Kopfgrösses Gerölle, 3: Grobkies (faust- bis nussgross), 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross), 5: Sand, 6: Feinsand und Schluff.



vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Pflanzlicher Bewuchs der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Dichte: 1=kein Bewuchs, 2=Krustenalgen, 3=Ansätze von Fäden und Zotten, 4=gut ausgebildete Fäden und Zotten, 5=Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 6=ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 5 | 5 | 1 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | 1 | 4 | 1 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 3 | 3 |
| Moose | 4 | 4 | 1 |

Deckungsgrad: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 4 | 3 | 2 |
| Moose | 5 | 5 | 2 |

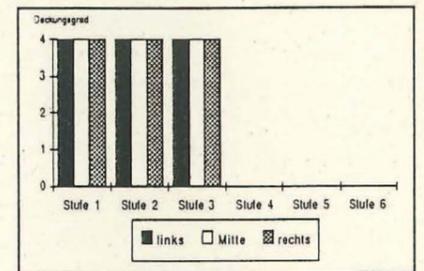
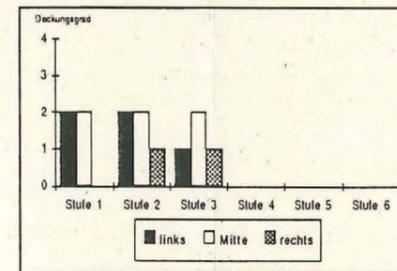
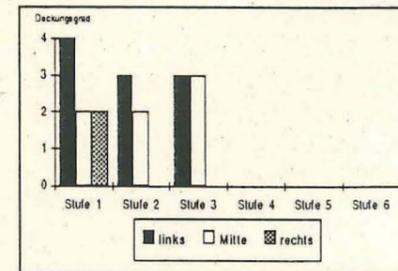
| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | | 3 | |
| Moose | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 3 | 3 | 3 |
| Moose | 4 | 4 | |

Verteilung des Bewuchses auf den einzelnen Korngrößenstufen

(Stufen siehe unter Korngrößenverteilung)

Deckungsgrad der Algen: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



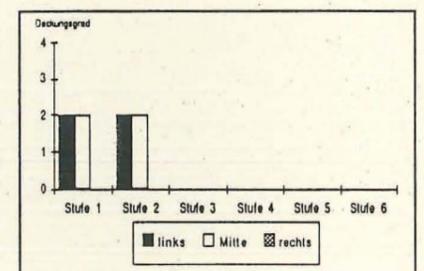
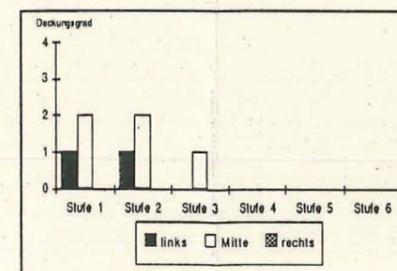
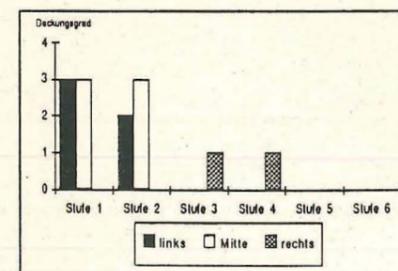
Wuchsform der Algen: K=Kruste, H=Haut, 1=Fäden bis 2cm (pelzig), 2=Fäden bis 5cm (pelzig), 3=Fäden bis 10cm, 4=Fäden >10cm.

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K/1 | K | K |
| Stufe 2 | K/1 | K | K |
| Stufe 3 | K/1 | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K/1 | K | |
| Stufe 2 | K/1 | K | K |
| Stufe 3 | K/1 | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | 1 | K |
| Stufe 2 | K | 1 | K |
| Stufe 3 | K | 1 | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

Deckungsgrad der Moose: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



Stelle Algen 2

Spöl: Koordinaten (811 000 / 168 300)
ca. 900 m unterhalb des Grundablasses des Livigno-Stausees



Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse:

Wassergüte I-II

Blick flussaufwärts

vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Äusserer Aspekt

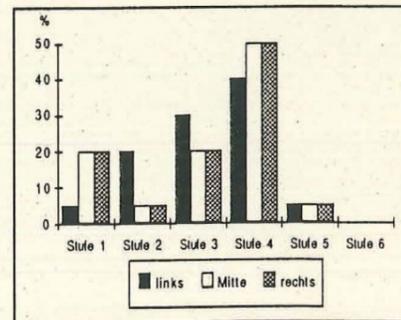
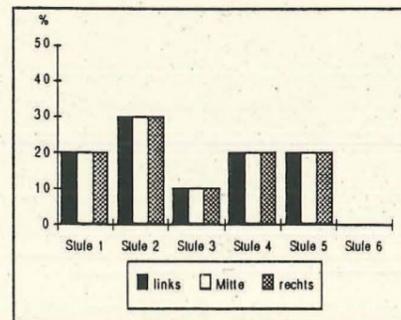
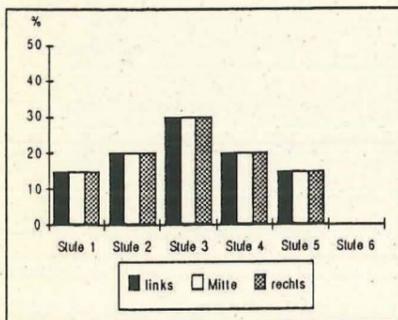
| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | mittel |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.7 m/s Mitte 0.7 m/s rechts 0.7 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | wenig |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | <10% |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.3 m/s Mitte 1 m/s rechts 1 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.2 m/s Mitte 1.5 m/s rechts 1.5 m/s |

Korngrößenverteilung

Stufe 1: anstehender Fels und grösseres Gerölle, 2: Kopfgrasses Gerölle, 3: Grobkies (faust- bis nussgross), 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross), 5: Sand, 6: Feinsand und Silt.



vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Pflanzlicher Bewuchs der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Dichte: 1=kein Bewuchs, 2=Krustenalgen, 3=Ansätze von Fäden und Zotten, 4=gut ausgebildete Fäden und Zotten, 5=Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 6=ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 2 | 2 | 2 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

Deckungsgrad: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

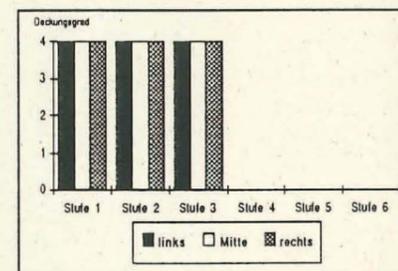
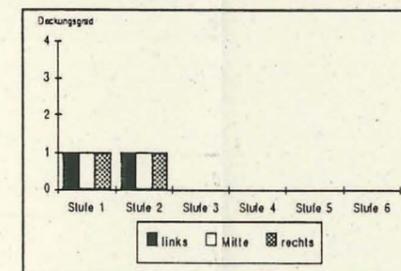
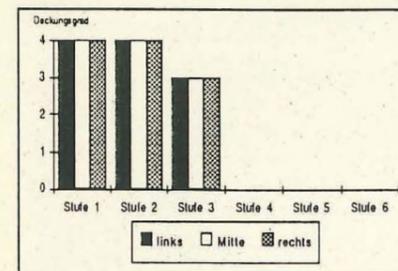
| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 3 | 3 | 3 |
| Moose | | | |

Verteilung des Bewuchses auf den einzelnen Korngrößenstufen

(Stufen siehe unter Korngrößenverteilung)

Deckungsgrad der Algen: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



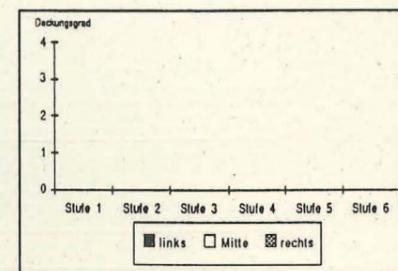
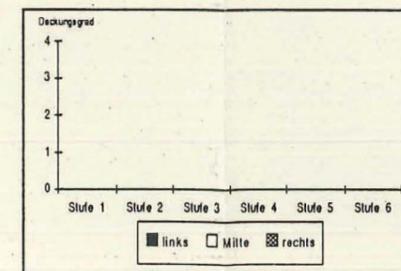
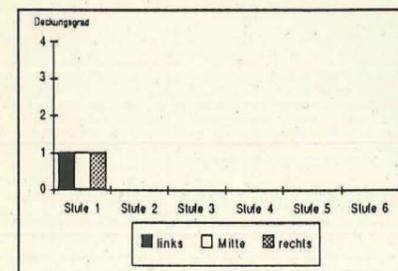
Wuchsform der Algen: K=Kruste, H=Haut, 1=Fäden bis 2cm (pelzig), 2=Fäden bis 5cm (pelzig), 3=Fäden bis 10cm, 4=Fäden >10cm.

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | | | |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | K/1 | K/1 |
| Stufe 2 | K | 1 | K |
| Stufe 3 | K | 1 | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

Deckungsgrad der Moose: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



Stelle Algen 3

Spöl: Koordinaten (810 275 / 168 450)
ca. 1800 m unterhalb des Grundablasses des Livigno-Stausees



Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse:

Wassergüte I-II

Blick flussabwärts

vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Äusserer Aspekt

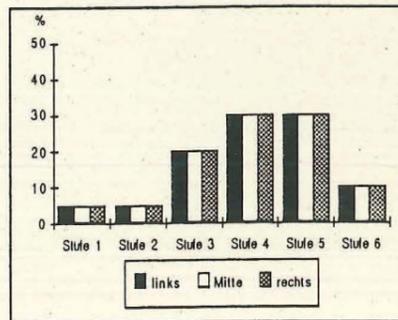
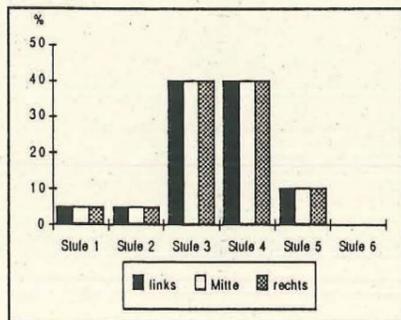
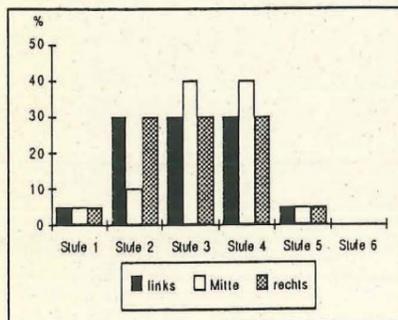
| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | trüb |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.8 m/s Mitte 0.5 m/s rechts 1 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.5 m/s Mitte 0.5 m/s rechts 0.5 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | Ufer gering |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1 m/s Mitte 1 m/s rechts 1 m/s |

Korngrößenverteilung

Stufe 1: anstehender Fels und grösseres Gerölle, 2: Kopfgrösses Gerölle, 3: Grobkies (faust- bis nussgross), 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross), 5: Sand, 6: Feinsand und Silt.



vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Pflanzlicher Bewuchs der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Dichte: 1=kein Bewuchs, 2=Krustenalgen, 3=Ansätze von Fäden und Zotten, 4=gut ausgebildete Fäden und Zotten, 5=Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 6=ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 1 | 1 | 2 |

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

Deckungsgrad: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 3 | 3 | 3 |
| Moose | | | 1 |

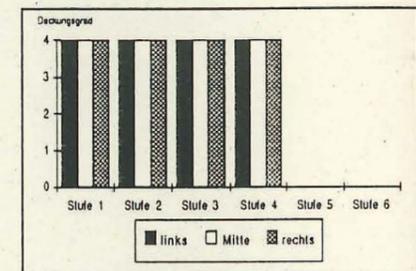
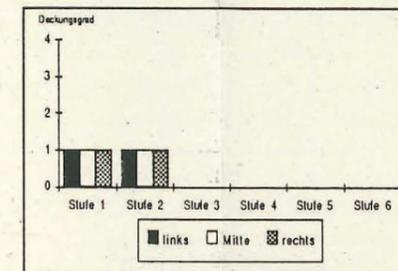
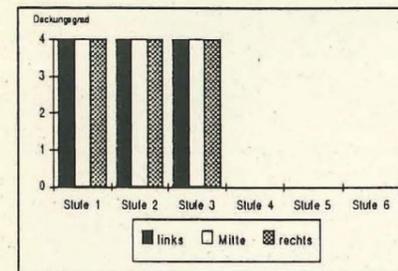
| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | | | |

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Algen | 4 | 4 | 4 |
| Moose | | | |

Verteilung des Bewuchses auf den einzelnen Korngrößenstufen

(Stufen siehe unter Korngrößenverteilung)

Deckungsgrad der Algen: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



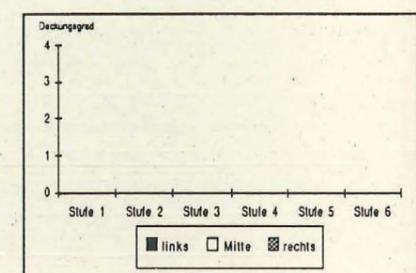
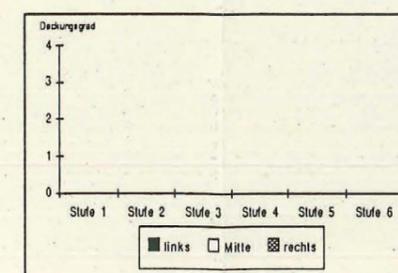
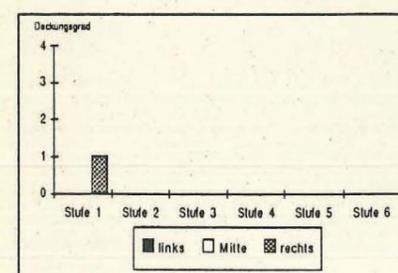
Wuchsform der Algen: K=Kruste, H=Haut, 1=Fäden bis 2cm (pelzig), 2=Fäden bis 5cm (pelzig), 3=Fäden bis 10cm, 4=Fäden >10cm.

| | | | |
|---------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | | | |
|---------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | | | |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | | | |
|---------|-------|-------|--------|
| | links | Mitte | rechts |
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | K | K | K |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

Deckungsgrad der Moose: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



Stelle Algen 4

Spöl: Koordinaten (810 050 / 168 775)
ca. 2300 m unterhalb des Grundablasses des
Livigno-Stausees



Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse:

Wassergüte I-II

Blick flussabwärts, im Hintergrund Punt Periv

vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Äusserer Aspekt

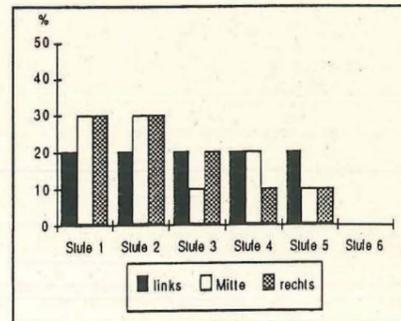
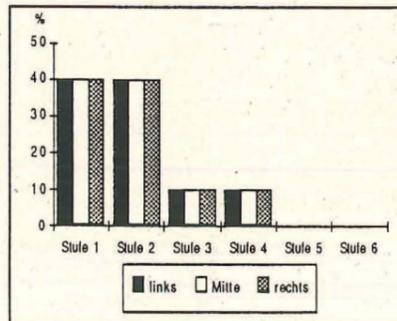
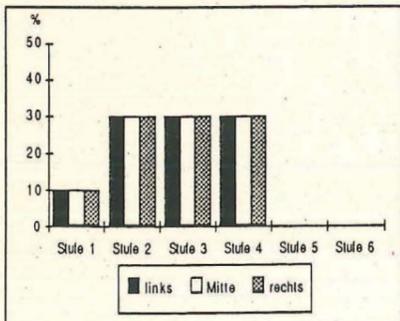
| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | gering |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | Ufer mittel |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 10% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.2 m/s Mitte 1.2 m/s rechts 1.2 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | Baumstämme |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 10% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 0.5 m/s Mitte 1 m/s rechts 0.5 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | unbedeutend |
| Sedimentation | Ufer gering |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 10% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.2 m/s Mitte 1.2 m/s rechts 1.2 m/s |

Korngrößenverteilung

Stufe 1: anstehender Fels und grösseres Gerölle, 2: Kopfgrosses Gerölle, 3: Grobkies (faust- bis nussgross), 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross), 5: Sand, 6: Feinsand und Schluff.



vor der Spülung: 6.6.1990

nach der Spülung: 8.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Pflanzlicher Bewuchs der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Dichte: 1=kein Bewuchs, 2=Krustenalgen, 3=Ansätze von Fäden und Zotten, 4=gut ausgebildete Fäden und Zotten, 5=Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 6=ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 3 | 3 | 3 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | 2 | 2 | 2 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 3 | 2 |
| Moose | 1 | 2 | 1 |

Deckungsgrad: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | 2 | 2 | 2 |

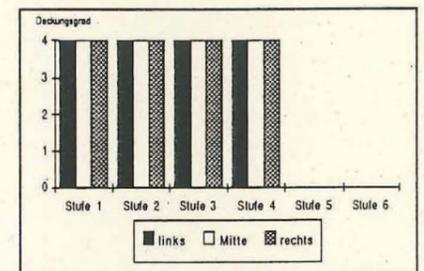
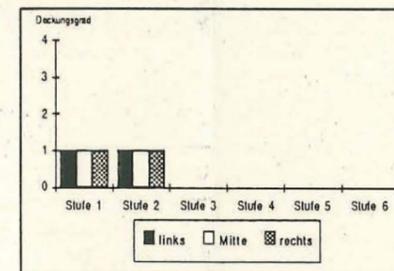
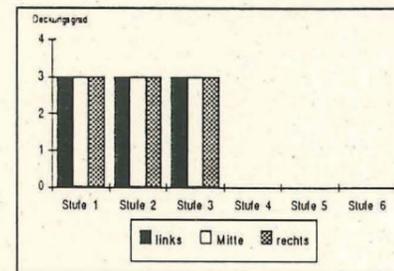
| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 4 | 4 | 4 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

Verteilung des Bewuchses auf den einzelnen Korngrößenstufen

(Stufen siehe unter Korngrößenverteilung)

Deckungsgrad der Algen: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



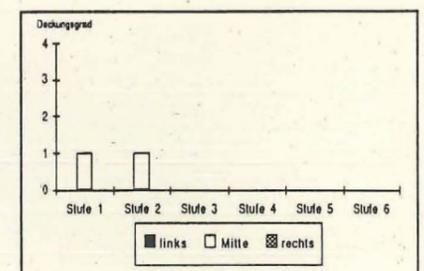
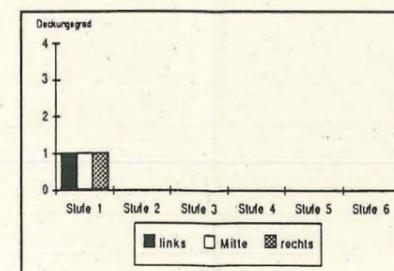
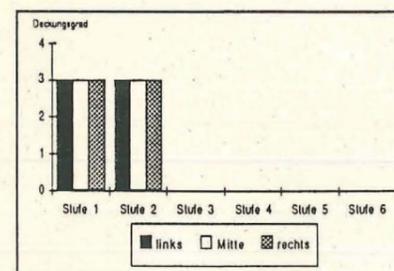
Wuchsform der Algen: K=Kruste, H=Haut, 1=Fäden bis 2cm (pelzig), 2=Fäden bis 5cm (pelzig), 3=Fäden bis 10cm, 4=Fäden >10cm.

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K/1 | K/1 | K/1 |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | K | K |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K | K/1 | K |
| Stufe 2 | K | K/1 | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | K | K | K |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

Deckungsgrad der Moose: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



Stelle Algen Fuorn

Ova dal Fuorn: Koordinaten (811 800 / 171 850)
ca. 250 m unterhalb der Strassenbrücke über den Oval dal Fuorn bei Il Fuorn



Ergebnis der Kieselalgen-Differentialarten-Analyse:

Wassergüte I-II

Blick flussaufwärts, im Hintergrund das Hotel Il Fuorn

6.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

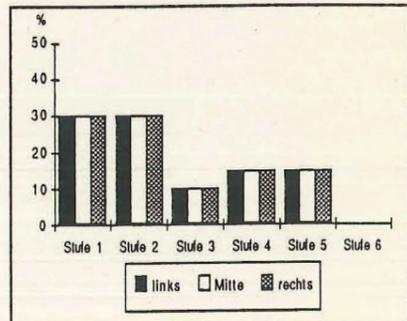
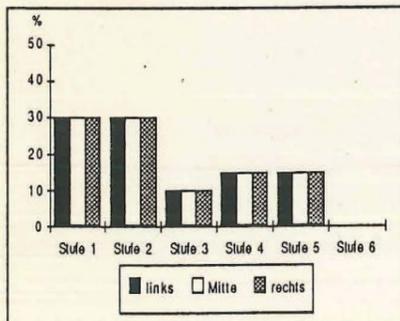
Äusserer Aspekt

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | gering |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | kein |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.5 m/s Mitte 1.5 m/s rechts 1.5 m/s |

| | |
|--------------------------------|--|
| Trübung des Wassers | klar |
| Geruch des Wassers | neutral |
| Schaum | kein |
| Ablagerungen | keine |
| Detritus | kein |
| Sedimentation | keine |
| Pilze / Bakterien / Protozoen | keine |
| Eisensulfid-Flecken | keine |
| Beschattung (senkrecht) | 0% |
| Schätzung Fließgeschwindigkeit | links 1.5 m/s Mitte 1.5 m/s rechts 1.5 m/s |

Korngrößenverteilung

Stufe 1: anstehender Fels und grösseres Gerölle, 2: Kopfgrosses Gerölle, 3: Grobkies (faust- bis nussgross), 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross), 5: Sand, 6: Feinsand und Schluff.



6.6.1990

Nachuntersuchung: 25.7.1990

Pflanzlicher Bewuchs der Gewässersohle (allgemeiner Eindruck)

Dichte: 1=kein Bewuchs, 2=Krustenalgen, 3=Ansätze von Fäden und Zotten, 4=gut ausgebildete Fäden und Zotten, 5=Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 6=ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 1 | 1 | 1 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 3 | 3 | 3 |
| Moose | 1 | 1 | 1 |

Deckungsgrad: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

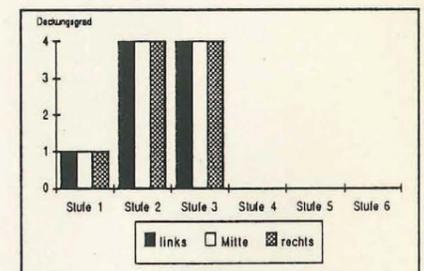
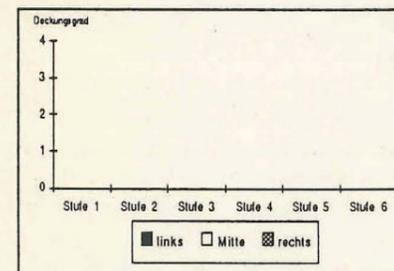
| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | | | |
| Moose | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|-------|-------|-------|--------|
| Algen | 2 | 2 | 2 |
| Moose | | | |

Verteilung des Bewuchses auf den einzelnen Korngrößenstufen

(Stufen siehe unter Korngrößenverteilung)

Deckungsgrad der Algen: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.

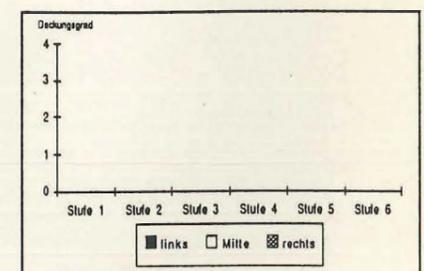
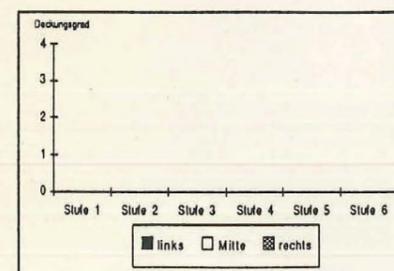


Wuchsform der Algen: K=Kruste, H=Haut, 1=Fäden bis 2cm (pelzig), 2=Fäden bis 5cm (pelzig), 3=Fäden bis 10cm, 4=Fäden >10cm.

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | | | |
| Stufe 2 | | | |
| Stufe 3 | | | |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

| | links | Mitte | rechts |
|---------|-------|-------|--------|
| Stufe 1 | K/2 | K/2 | K/2 |
| Stufe 2 | K | K | K |
| Stufe 3 | K | K | K |
| Stufe 4 | | | |
| Stufe 5 | | | |
| Stufe 6 | | | |

Deckungsgrad der Moose: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%.



Anhang C: Resultate

Tab. C1. Daten der physikalischen und chemischen Untersuchungen während der Spülung an der Stelle Phys-Chem 1.

| |
|--|
| Probenahmeort: ca. 200 m unterhalb der Wasseraustrittsstelle aus dem Livigno-Stausee |
| Datum: 7.6.90 |
| Wetter: leicht bewölkt Leere Felder = keine Analyse durchgeführt. |

| Zeit | Temp. (°C) | Leitf. (µS/cm) | pH-Wert | O2 (mg/l) | O2 (%) | Sulfid (-/+ /++) | TG (mg/l) | AFTG (mg/l) | NO2-N (µg/l) | NO3-N (µg/l) | Ges-P (µg/l) |
|-------|------------|----------------|---------|-----------|--------|------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 8:45 | 6.0 | 231 | 8.15 | 8.7 | 84 | - | 3 | 0.41 | <1 | 332 | 20 |
| 9:00 | 6.2 | 233 | 8.15 | 8.5 | 82 | - | 4.28 | 1.72 | <1 | 424 | 25 |
| 9:10 | | | | | | | | | | | |
| 9:12 | 6.3 | 235 | 8.15 | 8.5 | 81 | - | 92.1 | 3.84 | 2 | 485 | 124 |
| 9:27 | 6.0 | 225 | 8.10 | 8.6 | 83 | - | 372 | 37.1 | 9 | 1154 | 814 |
| 9:30 | | | | | | | | | | | |
| 9:42 | 6.0 | 224 | 8.10 | 8.5 | 82 | - | | | | | |
| 9:45 | | | | | | | | | | | |
| 9:57 | 6.0 | 223 | 8.10 | 8.6 | 83 | - | 1897 | 96.6 | 6 | 831 | 448 |
| 10:00 | | | | | | | | | | | |
| 10:12 | 6.0 | 223 | 8.10 | 8.8 | 85 | - | | | | | |
| 10:15 | | | | | | | | | | | |
| 10:27 | 6.0 | 222 | 7.95 | 8.7 | 84 | - | 727 | 42.0 | 6 | 713 | 629 |
| 10:30 | | | | | | | | | | | |
| 10:35 | | | | | | | | | | | |
| 10:45 | 6.0 | 222 | 8.00 | 8.7 | 84 | - | | | | | |
| 11:00 | 6.1 | 222 | 8.00 | 8.7 | 84 | - | 957 | 128 | 13 | 1398 | 1221 |
| 11:11 | | | | | | | | | | | |
| 11:15 | 6.0 | 222 | 8.00 | 8.7 | 84 | - | | | | | |
| 11:30 | 6.1 | 223 | 8.00 | 8.7 | 83 | - | 161 | 13.3 | 3 | 521 | 302 |
| 12:00 | 6.1 | 222 | 8.00 | 8.8 | 85 | - | | | | | |
| 12:11 | | | | | | | | | | | |
| 12:30 | 6.2 | 224 | 8.00 | 8.8 | 87 | - | 57.2 | 5.03 | 1 | 447 | 91 |
| 13:00 | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | 6.0 | 225 | 8.00 | 8.7 | 84 | - | | | | | |
| 13:55 | | | | | | | | | | | |
| 14:30 | 6.3 | 226 | 8.00 | 8.5 | 82 | - | 9.78 | 0.76 | <1 | 432 | 46 |
| 15:00 | | | | | | | | | | | |
| 15:25 | | | | | | | | | | | |
| 15:30 | 6.2 | 229 | 8.05 | 8.2 | 80 | - | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | |
| 16:30 | 6.1 | 228 | 8.00 | 8.3 | 80 | - | 3.15 | 0.88 | <1 | 300 | 19 |
| 17:00 | 6.1 | 235 | 8.00 | 8.2 | 80 | - | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | |
| 18:30 | 6.0 | 237 | 8.00 | 8.1 | 78 | - | 1.72 | 0.91 | <1 | 354 | 26 |

Tab. C4. Fortsetzung

| Artenliste | Probenahmestelle Probenahmedatum | Spöl | | | | | | | | | | | | II Fuorn | |
|--|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------|---------|
| | | Algen 1 6.6.90 | Algen 1 7.6.90 | Algen 1 25.7.90 | Algen 2 6.6.90 | Algen 2 7.6.90 | Algen 2 25.7.90 | Algen 3 6.6.90 | Algen 3 31569.0 | Algen 3 25.7.90 | Algen 4 6.6.90 | Algen 4 7.6.90 | Algen 4 25.7.90 | 6.6.90 | 25.7.90 |
| Navicula capitata var. capitata Ehrenberg 1838 | | | | 0.3 | | | | | | | | | | | |
| Navicula cryptotenella Lange-Bertalot 1985 | | | | 1.9 | 0.9 | 1.4 | 0.5 | | 0.6 | 0.6 | 1.8 | 0.2 | | 0.9 | 2.5 |
| Navicula gallica var. perpusilla (Grunow) Lange-Bertalot | | 0.2 | | | | | | | | | | | | | |
| Navicula tripunctata (O.F. Müller) Bory | | | | 0.3 | 0.2 | | | | | | 0.4 | | | 0.5 | 1.8 |
| Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow | | | | | 0.6 | | | | | | | | | 0.4 | |
| Nitzschia fonticola Grunow | | 0.2 | | 0.3 | 0.4 | 1.8 | | 0.9 | 0.7 | | 0.2 | | | 0.7 | |
| Nitzschia modesta Husted | | | | | | | | | 0.2 | | | | | | |
| Stephanodiscus cf. neoastreia Håkansson & Hickel 1986 | | 0.2 | 1.9 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | | | 0.2 | | | | | |
| Stephanodiscus sp. | | | | | 0.2 | 1.8 | | | | 0.2 | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | |
| Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing | | | 0.2 | 0.2 | | 0.2 | 0.4 | | | 0.6 | | | | | |
| Summe der sensiblen Arten | | 65.7 | 47.5 | 71.8 | 51.4 | 67.3 | 68.4 | 39.2 | 31615.3 | 64.6 | 67.6 | 57.0 | 47.5 | 72.3 | 50.9 |
| weniger tolerante Arten | | | | | | | | | | | | | | | |
| Achnanthes delicatula (Kützing) Grunow | | | 0.2 | | 0.2 | | | | | | 0.2 | | | | |
| Achnanthes lanceolata (Brébisson) Grunow | | | | | 0.2 | 0.4 | | | | 0.4 | | | | | |
| Achnanthes lanceolata var. dubia Grunow | | | | | | 2.5 | | 0.6 | | | | 0.5 | | 0.4 | |
| Fragilaria capucina var. vaucheriae (Kützing) Lange-Bertalot | | | | 0.3 | 0.4 | 0.2 | | | | 0.2 | 1.4 | | 0.4 | 1.1 | 0.6 |
| Fragilaria ulna var. ulna (Nitzsch) Lange-Bertalot | | | | 0.3 | | | | | | | | | 0.2 | | |
| Nitzschia supralitoreia Lange-Bertalot | | | | 0.2 | | | | | | | | 0.2 | | 0.5 | 0.6 |
| Summe der weniger toleranten Arten | | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 0.7 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 1.6 | 0.7 | 0.6 | 2.0 | 1.2 |
| tolerante Arten | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing 1849 | | | | 0.8 | | | 0.2 | | | | | | 0.6 | | |
| Nitzschia palea (Kützing) W. Smith | | | | | | | 0.2 | | | | | | | | 1.2 |
| Summe der toleranten Arten | | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.2 |

Tab. C5. Algenproben aus dem Spöl. Probenahme vor der Spülung
(6. Juni 1990) und anlässlich der Nachuntersuchung vom 25. Juli 1990.
Häufigkeitsangaben: x=vereinzelt, xx=wenige, xxx=viele, xxxx=dominant.

Probenahmedatum

6. Juni 1990

| Probe 1 | |
|--|-----------------------|
| Probenahmeort: Stelle Algen 1 | |
| Charakterisierung: Brauner Überzug auf Schlick (Tafel 5, Foto 1) | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Blualgen | |
| Pseudoanabaena catanata | xx |
| Phormidium uncinatum | x |
| Kieselalgen | |
| Achnanthes sp. | x |
| Amphora sp. | x |
| Asterionella formosa | x |
| Cymatopleura sp. | x |
| Cymbella minuta | x |
| Denticula tenuis | x |
| Diatoma ehrenbergii | x |
| Diatoma hiemale | x |
| Fragilaria capucina var. capucina | x |
| Gomphonema truncatum | x |
| Melosira sp. | x |
| Navicula sp. | x |
| Nitzschia cf. sublinearis | xxxx |
| Nitzschia sp. | x |
| Tabellaria flocculosa | xx |

| Probe 2 | |
|---|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen 1 | |
| Charakterisierung: Schwarze Algenkrusten auf Steinen auf der gesamten Fließstrecke im Spöl zu finden (Tafel 5, Foto 2) | |
| Bestimmte Arten | |
| Blualgen | |
| Chamaesiphon cf. fuscus | |
| Pleurocapsa sp. | |
| Grünalgen | |
| Gongrosira sp. | |

Tab. C5. Fortsetzung

| Probe 3 | |
|---|-----------------------|
| <p>Probenahmeort: ca. 500 m unterhalb der Stelle Algen 1, Flacher Bereich mit grossen Ablagerungen an Feinmaterial (Tafel 6, Foto 3). Charakterisierung: Grüne Fäden in Vertiefungen auf dem Schlick (Tafel 6, Foto 4)</p> | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Grünalgen | |
| Spirogyra sp. (B: 16µm, L: 30 µm) | X |
| Spirogyra sp. (B: 30 µm, L: 50 µm) | X |
| Zygnema sp. (B: 12 µm, L: 25 µm) | XXXX |

| Probe 4 | |
|--|-----------------------|
| <p>Probenahmeort: ca. 500 m unterhalb der Stelle Algen 1, Flacher Bereich mit grossen Ablagerungen an Feinmaterial Charakterisierung: Brauner Überzug auf Schlick (Tafel 6, Foto 4)</p> | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Blaualgen | |
| Merismopedia glauca | XX |
| Merismopedia tenuissima | X |
| Oscillatoria sp. | X |
| Oscillatoria tenuis | X |
| Phormidium uncinatum | X |
| Pseudoanabaena catanata | XX |
| Kieselalgen | |
| Achnanthes sp. | X |
| Amphora cf ovalis | X |
| Amphora sp. | X |
| Cymatopleura solea | X |
| Cymbella minuta | X |
| Denticula tenuis | X |
| Diatoma ehrenbergii | X |
| Diatoma hiemale | X |
| Fragilaria capucina var. capucina | X |
| Gomphonema truncatum | X |
| Gyrosigma sp. | X |
| Melosira sp. | X |
| Navicula sp. | X |
| Nitzschia cf sublinearis | XXXX |
| Nitzschia sp. | X |
| Surirella sp. | X |
| Tabellaria flocculosa | X |

Tab. C5. Fortsetzung

| Probe 5 | |
|---|----------------------------------|
| Probenahmeort: Stelle Algen 3 Charakterisierung: Gelblich braune Ansätze von Fäden auf grösseren Steinen | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Goldalgen | |
| Hydrurus foetidus | xxxx |
| Kieselalgen | |
| Diatoma vulgare | x |
| Fragilaria capucina | x |
| Gomphonema sp. | x |
| Cymbella sp. | x |
| Ceratoneis arcus | x |
| Achnanthes minutissima | x |
| Grünalgen | |
| Ulothrix zonata | x |
| Microspora sp. | x |

| Probe 6 | |
|---|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen 3 Charakterisierung: Grüne Fäden auf Steinen | |
| Bestimmte Arten | |
| Grünalgen | |
| Ulothrix zonata | |

| Probe 7 | |
|--|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen 4 Charakterisierung: Bräunliche Schläuche auf grossen Steinen und an Moos | |
| Bestimmte Arten | |
| Goldalgen | |
| Hydrurus foetidus | |

Tab. C5. Fortsetzung

| Probe 8 |
|--|
| Probenahmeort: Unterhalb Stelle Algen 4, kleiner Zufluss von rechts Charakterisierung: Braune Pocken auf Fels |
| Bestimmte Arten Blualgen Rivularia haematites |

| Probe 9 |
|--|
| Probenahmeort: Unterhalb Stelle Algen 4, kleiner Zufluss von rechts Charakterisierung: Rote Algen in Vertiefung |
| Bestimmte Arten Grünalgen Chlorococcum sp. |

Probenahmedatum

25. Juli 1990

| Probe 10 |
|---|
| Probenahmeort: Rechte Seite beim Austritt aus dem Livigno-Stausee Charakterisierung: Grüne Zotten im Bereich mit stehendem Wasser (Tafel 7, Foto 5 und 6) |
| Bestimmte Arten Grünalgen Ulothrix zonata |

Tab. C5. Fortsetzung

| Probe 11 | |
|---|--|
| Probenahmeort: Rechte Seite beim Austritt aus dem Livigno-Stausee Charakterisierung: Grüne Fäden ab Fels (Tafel 7, Foto 6) | |
| Bestimmte Arten Grünalgen Ulothrix zonata | |

| Probe 12 | |
|--|---|
| Probenahmeort: Stelle Algen 1 Charakterisierung: Grüne Fäden ab Steinen | |
| Bestimmte Arten Kieselalgen Diatoma ehrenbergii Grünalgen Ulothrix zonata Cladophora glomerata Spirogyra sp. (B: 30 µm, L: 50 µm) | geschätzte Häufigkeit x xxxx xxxx xxxx |

| Probe 13 | |
|---|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen 1 Charakterisierung: Bräunliche Fäden ab Steinen | |
| Bestimmte Arten Goldalgen Hydrurus foetidus | |

Tab. C5. Fortsetzung

| Probe 14 | |
|---|----------------------------------|
| Probenahmeort: Stelle Algen 1 Charakterisierung: Bräunlicher Überzug auf Schlick | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Kieselalgen | |
| Achnanthes sp. | X |
| Asterionella formosa | X |
| Ceratoneis arcus | X |
| Cymbella affinis | X |
| Cymbella minuta | X |
| Diatoma ehrenbergii | XXX |
| Diatoma vulgare | X |
| Fragilaria capucina | X |
| Fragilaria crotonensis | XX |
| Fragilaria ulna var. acus | X |
| Stephanodiscus cf. neoastrea | X |
| Tabellaria flocculosa | X |

| Probe 15 | |
|--|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen 4 Charakterisierung: Grüne Fadenalgen linkes Ufer | |
| Bestimmte Arten | |
| Grünalgen | |
| Ulothrix zonata | |

Tab. C6. Algenproben aus dem Ova dal Fuorn. Probenahme am 25. Juli 1990.
 Häufigkeitsangaben: x=vereinzelt, xx=wenige, xxx=viele, xxxx=dominant.

Probenahmedatum

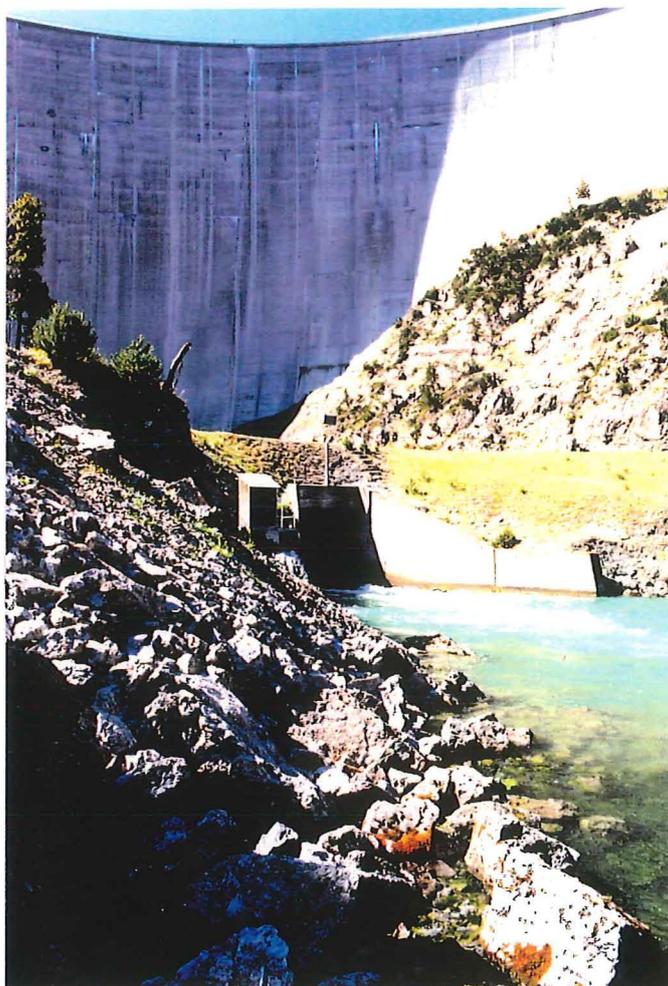
25. Juli 1990

| Probe 1 |
|---|
| Probenahmeort: Stelle Algen Fuorn Charakterisierung: Bräunliche Fäden ab Steinen |
| Bestimmte Arten Goldalgen Hydrurus foetidus |

| Probe 2 |
|--|
| Probenahmeort: Stelle Algen Fuorn Charakterisierung: Bräunliche Halbkügelchen auf Steinen |
| Bestimmte Arten Blaualgen cf Lyngbya lutescens |

| Probe 3 | |
|---|--------------------------|
| Probenahmeort: Stelle Algen Fuorn Charakterisierung: Ansätze von Algen, Abkratzprobe | |
| Bestimmte Arten | geschätzte Häufigkeit |
| Kieselalgen | |
| Diatoma ehrenbergii | x |
| Fragilaria capucina | x |
| Gomphonema sp. | x |
| Fragilaria crotonensis | x |
| Diatoma mesodon | x |
| Grünalgen | |
| Ulothrix zonata | xxxx |

Anhang D: Fotodokumentation



Austrittsstelle des Spöls aus dem Livigno-Stausee



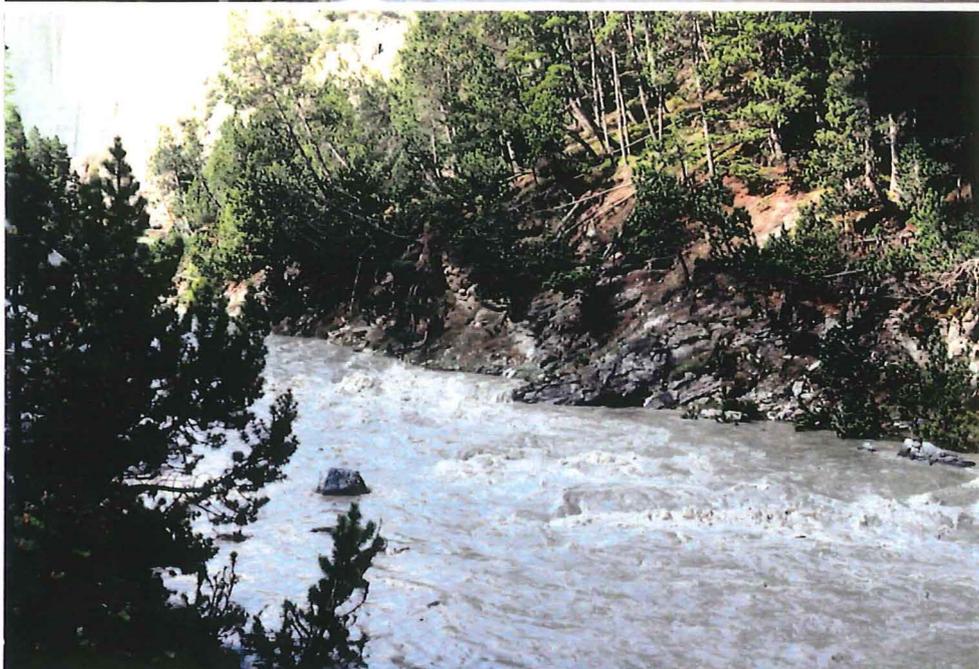
Austrittsstelle des Spöls aus dem Livigno-Stausee während der Spülung

Abflussverhältnisse während der Spülung ca. 200 m unterhalb der Austrittsstelle des Spöls aus dem Livigno-Stausee. Beginn der Spülung: 9.00 Uhr

Tafel 2



Zeit: 9.20 Uhr



Zeit: 9.33 Uhr

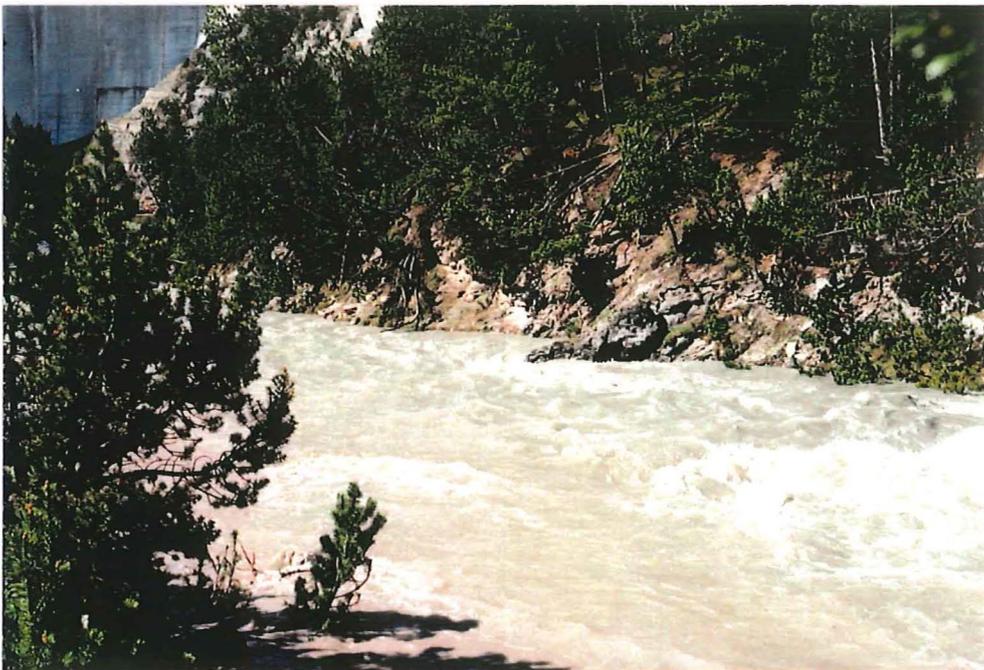


Zeit: 9.46 Uhr

Tafel 3



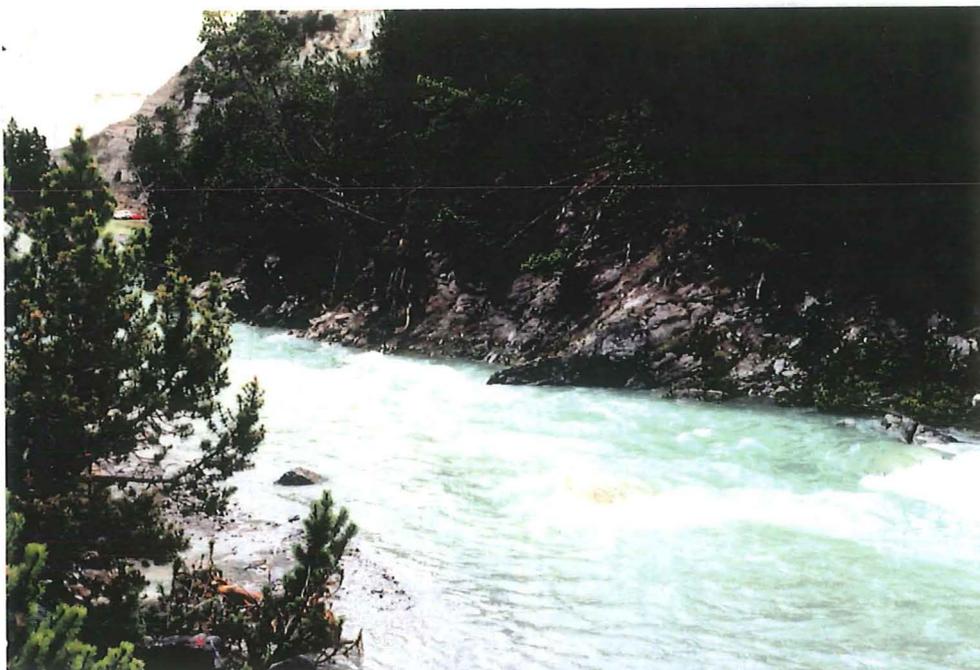
Zeit: 10.03 Uhr



Zeit: 10.50 Uhr



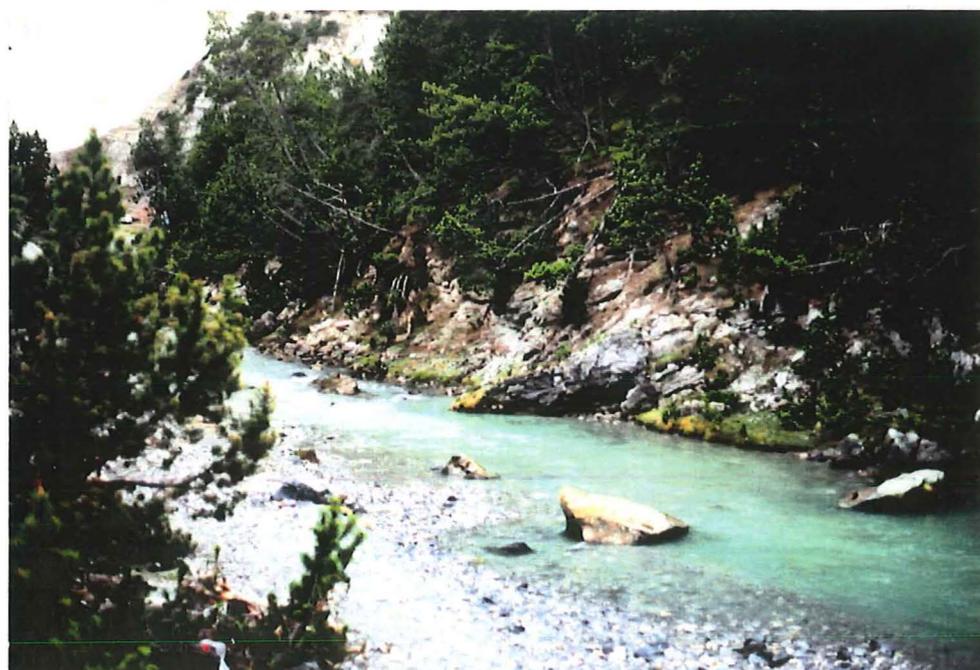
Zeit: 13.45 Uhr



Zeit: 14.30 Uhr



Zeit: 16.30 Uhr



Zeit: 17.30 Uhr



Foto 1: Brauner Überzug auf Schlick mit Spuren der Köcherfliegenlarve *Drusus* sp. Stelle Algen 1. 6. Juni 1990. Probe 1, Tab. C5.



Foto 2: Schwarze Algenkrusten auf Steinen der gesamten untersuchten Fließstrecke. 6. Juni 1990. Probe 2, Tab. C5.



Foto 7: Grüne Algenfäden (*Ulothrix zonata*) bis 10 cm lang auf Felsbrocken an der Stelle Algen 2. 25. Juli 1990.



Foto 8: Grüne Algenfäden (*Ulothrix zonata*) im Uferbereich der Stelle Algen 3. 25. Juli 1990.

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 und Morphodynamik (C. SCHLUECHTER, P. JAEGER, 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) 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

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

GEWAESSERFRAGEN IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK Ergebnisse der Klausurtagung der WNPk vom 5./6. Juli 1990; zusammenfassend

Zu beziehen bei:

Sekretariat W
c/o Institut für
Universität Z
Winterthurers

1 Ulem
2 Ell
3 Maypl. + ufpr
4
5 ufpr