

Task-Force Spöl

Schlussbericht Umweltunfall Spöl – Anhänge



Inhalt

Anhang A: Originalberichte zur Schadenserhebung 2013	1
A.1 Erhebungen des Fischbestandes 2013, Teilbericht AJF	1
A.2 Gesamtbericht zur fischereilichen Schadenserhebung 2013	4
A.3 Hydromorphologischer Zustandsbericht 2013	11
Anhang B: Originalberichte Regenerationsspülung 2013 und Nachzustand 2014	26
B.1 Bericht über die Regenerations-Spülung vom 09. Juli 2013	26
B.2 Response of macroinvertebrates in the Spöl near Punt Periv to flow events in 2013 .	35
B.3 Benthosentwicklung im Spöl von Ostern 2013 bis April 2014	41
B.4 Zustandsbericht Fische 2014.....	48
B.5 Zustandsbericht Hydromorphologie Juli 2014	58
Anhang C: Pegel Punt dal Gal 2013 & 2014	69
Anhang D: «Öko-Unfall am Stausee Punt dal Gall»	71

Anhang A: Originalberichte zur Schadenserhebung 2013

A.1 Erhebungen des Fischbestandes 2013, Teilbericht AJF

Autoren: Nicola Gaudenz, Marcel Michel, AJF

Ergebnisse der Erhebungen des Fischbestandes durch das AJF

Am 29.04.2013 wurden zwei Abschnitte vom Amt für Jagd und Fischerei GR abgefischt. Da das Amt für Jagd und Fischerei auch im oberen Spöl eine Teststrecke festgelegt hatte, hatte man von diesem Abschnitt von 200 Metern verlässliche Daten, auf die man zurückgreifen konnte. Das letzte Mal wurde dort im Jahre 2010 abgefischt. Bei der Abfischung vom 20.05.2010 wurden auf den 200 Metern 305 Bachforellen gefangen. Andere Fischarten wurden keine gefangen.



Teststrecke:

Um neue Kenntnisse über den Fischbestand nach dem tragischen Vorfall zu erheben, wurde die Teststrecke vom Amt für Jagd und Fischerei am 29.04.2013 wieder abgefischt. Wegen des relativ flachen Verlaufs des Teststreckenabschnittes haben wir an den Rändern des Baches dicke Sedimentablagerungen vorgefunden. So lässt sich auch das Ergebnis der Teststrecke erklären, denn hier konnten wir nur sehr wenige Fische fangen.

Abgefischt wurde mit zwei Anoden. Zehn Personen haben bei der Abfischung teilgenommen. Auf der 200 m langen Strecke konnte lediglich ein Seesaibling von 7.5 cm gefangen werden - drei kleine Fische von etwa 6-12 cm wurden gesichtet, konnten jedoch nicht gefangen werden.



Abfischmanschaft des AJF, zusammen mit Mitarbeiter des SNP und der EKW



Oberhalb Stauwurzel Ovaspin:

Damit man abschätzen konnte, wie hoch der Verlust an Bachforellen im ganzen Abschnitt zwischen Punt dal Gall und dem See von Ova Spin ist, wählte man auch eine Abfischstrecke im untersten Bereich des Spöls. Die **untere Abfischstrecke** befindet sich gleich oberhalb der Stauwurzel Ova Spin.

Dort angekommen fiel den Teilnehmern sofort auf, dass das vorgefundene Bachbett nicht mit dem oberen Abschnitt zu vergleichen wäre, da dieses hier sehr sauber aussah. Nur am Rand

konnte man hier punktuell noch Sedimentränder erkennen. Sonst hätte man hier nichts mehr vom Ereignis erkennen können.

Auf einer Länge von 440 Meter wurde hier punktuell abgefischt. Dabei erreicht man eine enge Stelle, wo sich der Spöl durch die Felsen schlängelt. In dieser Strecke konnte man 102 Fische fangen. Diese Fische setzten sich aus folgenden Arten zusammen: 92 Bachforellen, 7 Regenbogenforellen und 3 Seesaiblinge.

Die Bachforellen sind von verschiedenen Altersklassen und massen zwischen 11 und 35 cm. Lediglich vier Bachforellen massen mehr als 28 cm. Dabei muss erwähnt werden, dass auf diesem Abschnitt keine tiefen Gumpen zu finden sind. Wie auf dem Foto ersichtlich, ist dieser Abschnitt flach und die Struktur des Bachbettes ist viel feinkörniger als in der oberen Hälfte des Spölbaches unterhalb der Staumauer von Punt dal Gall.



Spöl etwa 400 m oberhalb der Stauwurzel



Regenbogenforelle



Bachforelle



Seesaibling

A.2 Gesamtbericht zur fischereilichen Schadenserhebung 2013

Autoren: Peter Rey, Stefan Werner, HYDRA; Nicola Gaudenz, Marcel Michel, AJF

Arbeitsgruppen und Befischungsstrecken

Am 29.04.2013 wurde der obere Spöl zwischen Punt Periv und dem Grundablass Punt dal Gall im Auftrag des AJF (Amt für Jagd und Fischerei, Graubünden) zwischen 9:00 Uhr vormittags und 18:00 Uhr nachmittags elektrisch befischt. Die Gruppe AJF, geleitet von Nicola Gaudenz, befischte die langjährige Teststrecke des AJF, ca. 1300 m bis 1100 m unterhalb Punt dal Gall, in zwei Durchgängen. Danach wurde ein rund 400 m langer Abschnitt oberhalb der Stauwurzel des Beckens Ova Spin (ca. 4700 m unterhalb Punt dal Gall) in einem Durchgang befischt.

Die Gruppe Hydra, geleitet von Peter Rey, befischte die Strecke zwischen Punt Periv und Punt dal Gall (ohne Teststrecke AJF), insgesamt auf 2010 m Länge in einem Durchgang. Nur kurze Abschnitte von insgesamt rund 90 m mussten ausgelassen werden, weil sie nicht bewarbar waren. Die Aktion, hydromorphologische Besonderheiten und ein Teil der Fische wurden fotografisch festgehalten. Diese Aufnahmen sind mittels GPS verortet. Mit insgesamt 2700 m Streckenlänge (AJF & Hydra) wurden an diesem Tag somit über 50% des freifliessenden oberen Spöllaufs fischereilich untersucht. Deutlich unterschiedliche Fischdichten erlaubten die Lokalisierung von Abschnitten mit verschiedenen Schadensbildern.

Als Referenz für den Ausgangszustand wird die letzte Erfassung auf der Teststrecke des AJF vom 20.05.2010 herangezogen. Hiervon ist ein Bachforellenbestand von 305 Individuen auf 200 m Fliessstrecke (153 Ind./100 m) belegt. Da die Teststrecke stets mit zwei Anoden und in zwei Durchgängen befischt wurde, wird die Zahl von 153 Bachforellen auf 100 m Bachstrecke als Vorzustand des Bestands herangezogen (bei Fangeffizienz (FE) von 100%). Die späteren Werte werden nach Effizienzabschätzung auf diese 100% hochgerechnet.

Wo nur mit einer Anode gefischt wurde (Gruppe HYDRA), konnten nicht mehr als durchschnittlich 40% der benetzten Fläche erfasst werden. Die geschätzte Fangeffizienz lag zwischen 60 und 75%*. Für eine Bestandsabschätzung gehen wir von einer Gesamt-Fangeffizienz (Anteil befischter Flächen x Fangeffizienz) von 40% aus (rein rechnerisch 60% (75%) x 40% = 24% - 30%) aus. Diese konservative Herangehensweise verhindert, dass bei der weiteren Betrachtung der tatsächliche Bestand überschätzt wird, aber dennoch alle Beobachtungen mit eingehen können. Eine echte Bestandsberechnung (100%) nach DELURY ist nur für die kantonale Teststrecke unterhalb Punt dal Gall möglich, da hier mit zwei Anoden in zwei Durchgängen gefischt wurde.

* Weitergehende Erläuterungen: Entkommene Fische wurden ausnahmsweise mitgezählt, aber gesondert ausgewiesen. Ihre Grössen wurden abgeschätzt und einer Grössenklasse zugeordnet (vgl. Abb. 1). Für nicht befischbare Bereiche (grosse Pools) wurden die Ergebnisse der befischten Fläche auf die Gesamtfläche hochgerechnet (nur für Saiblinge). Da die Fangeffizienz in entsprechend tiefen Bereichen kaum über 20 % liegen dürfte, sind die so ermittelten Zahlen konservativ geschätzt. Flache Uferbereiche und die dort erwartbaren kleineren Fische sind in den Ergebnissen ebenfalls unterrepräsentiert. Ein separat befischter Abschnitt in einem Nebengerinne belegt diese Annahme.

Erste Ergebnisse und Abschätzungen: Bachforellen

Vom Team Hydra wurden in einem Durchgang insgesamt 158 Bachforellen (BF) und 219 Seesaiblinge nachgewiesen (behändigt und entkommen). Daneben wurden 2 Regenbogenfo-

rellen und eine Elritze gefangen. Die Längen-Häufigkeitsbeziehungen für die Bachforellen sind der Abb. 1 zu entnehmen.

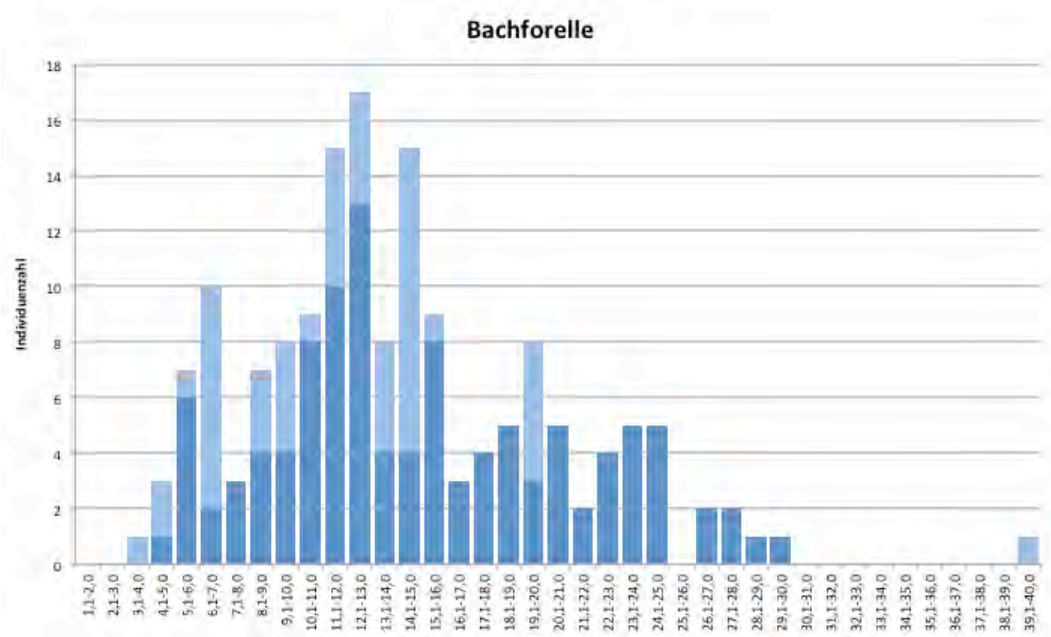


Abb. 1: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der am 29.04.2013 zwischen Punt Periv und Punt dal Gall erfassten Bachforellen. Hellblaue Balken: nachgewiesene, aber entkommene Bachforellen (Längen geschätzt).

Für den Abschnitt direkt oberhalb Punt Periv ergeben sich dabei rechnerisch Dichten von 58 Bachforellen pro 100 m Bachstrecke (Tab. 1). Im Bereich der oberen Teststrecke (oberhalb „Engstelle“) sinkt die BF-Besiedlung abrupt auf nicht mehr als 1 BF/100 m. Die Ergebnisse der vom Team AJF befischten langjährigen Teststrecke unterhalb Punt dal Gall bestätigen diese Abschätzung. Hier wurde der Bachforellenbestand durch das Ereignis möglicherweise gänzlich ausgelöscht. Das Team behändigte hier nur noch einen Seesaibling von 7,5 cm Länge (3 weitere gesichtet).

Tab. 1: Berechnung der Individuenzahl Bachforellen pro 100 m Spölstrecke auf den verschiedenen Abfischstrecken. Vergleich Testbefischung vom Mai 2010 (Referenz für 100% Fangeffizienz, blau hinterlegt).

Abschnitt	Team	Länge	Fangeffizienz (FE)	Fangzahl BF	Ind. BF /100 m Bachstrecke	Korrigiert auf FE 100%
oh. Praspöl	AJF	400 m	ca. 60 %	101	25	42
Periv bis Engstelle	HYDRA	650 m	ca. 40 %	138	23,4	58
Zwei kleine Quellbachabschnitte		50	100 %	15		
Engstelle bis Punt dal Gall (ohne AJF Teststrecke)	HYDRA	1450 m	ca. 40 %	6	0,36	1
AJF Teststrecke 2010	AJF, HYDRA	200 m	100 %	305	153	153
AJF Teststrecke 2013	AJF, Parkwächter	200 m	100 %	0	0	0

In dem Testabschnitt von 400 m Länge oberhalb der Stauwurzel Ova Spin (Punt Praspöl) wurden in einem Durchgang 101 Bachforellen (Abb. 2), sechs Regenbogenforellen und drei Seesaiblinge gefangen. Durch die allerdings deutlich stärkeren Kiesablagerungen bietet dieser Abschnitt weniger geeignete Standorte für Bachforellen als die oberhalb liegenden Spöl-Abschnitte. Die hier nachgewiesene Bachforellendichte liegt daher auch normalerweise unter den Werten der oberen Teststrecke. Da mit zwei Anoden gefischt wurde, wurde die Fangeffizienz hier auf 60% gerechnet. Wir kommen damit auf eine Bestandsabschätzung von 40–45 Bachforellen /100 m.

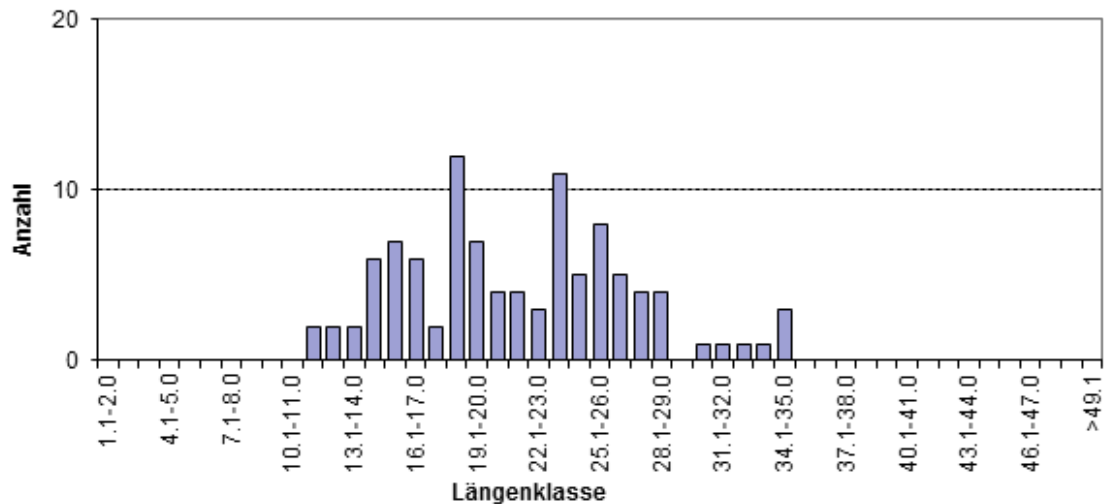


Abb. 2: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der am 29.04.2013 oberhalb der Stauwurzel Ova Spin erfassten Bachforellen.

Eine konservative Bestandsschätzung beläuft sich somit auf 350 bis 400 überlebende Bachforellen zwischen Punt Periv und Punt dall Gall. Im gesamten freifliessenden oberen Spöl (Länge 4700 m Punt dal Gall bis Stuwurzel Praspöl) beträgt die Bestandsabschätzung auf einer Länge von rund 3050 m (unterhalb Engstelle) mindestens 1670 überlebende Bachforellen. Einige davon könnten allerdings auch – zusammen mit den Seesaiblingen – aus dem Livignosee ausgeschwemmt worden sein. Da es beim Ereignis zumindest unterhalb der Engstelle niemals zu einer völligen Austrocknung des Spöls gekommen ist, sind viele Bachforellen sicher vor der heranrückenden Schlammwelle in tiefere Becken oder bis in das Staubecken Ova Spin geflüchtet und danach an ihre Standorte zurückgekehrt. Wie viele Bachforellen aus dem See ausgeschwemmt wurden, lässt sich anhand der gefangenen Individuen nicht feststellen; im Spöl leben bekanntermassen völlig heterogen gefärbte Bachforellentypen. Anhand früherer Beobachtungen von 2003 (Netzfänge, Fangstatistik) schätzen wir diesen Anteil gegenüber den Seesaiblingen (219) aber in keinem Fall über 5%, sondern meist wesentlich geringer. Das bedeutet, dass wohl nicht mehr als 10 bis 15 der im Spöl oberhalb Punt Periv gefangenen Bachforellen aus dem Livignosee stammen.

Dass aufgrund des Wasserzustroms und damit positiven Einflusses der Nebengewässer auch viele Fische an ihren Standorten überlebt haben, belegt der relativ hohe Anteil der empfindlichen 1+ Individuen mit weniger als 10 cm Länge oberhalb Punt Periv.

Überlebensrate der Bachforellen

Ausgehend von den unterschiedlich als Habitate geeigneten Spölabschnitten (Punt Periv bis Engstelle: >55 Ind./100 m; unter Punt Periv: Zwischen 55 und 80 Ind./100 m, oberhalb Stauwurzeln: <50 Ind./100 m) gehen wir für den Bereich, in dem sicher ein BF-Restbestand überlebt hat, von einer durchschnittlichen Bachforellenbesiedlung von 55 Ind./100 m aus. Im Vergleich mit der Referenz (152 BF/100 m) sind dies 36,1 %. Mit nur geringer Fehlerwahrscheinlichkeit kann man deshalb davon ausgehen, dass auf 2/3 der Länge des oberen Spöls (3050 m von 4700 m) hinweg rund 1/3 der ursprünglichen Bachforellenpopulation das Schadensereignis entweder überlebt hat, geflüchtet und wieder zurückgekehrt ist bzw. zu einem sehr geringen Teil auch aus dem Livignosee ausgeschwemmt wurde.

Sonderfall: Seesaiblinge im oberen Spöl

Die Anwesenheit der vielen Seesaiblinge im oberen Spöl (zunächst auch viele tote Fische und Fischreste, am Abfischtermin nur lebende Individuen) lässt sich plausibel erklären, wenn man frühere Beobachtungen anlässlich eines Vorfalles im Jahr 2003 heranzieht. Damals herrschte eine sehr hohe Fischdichte dieser Art im Livignosee. Während der Laichzeit tauchten die Saiblinge in grössere Tiefen ab und gelangten so auch in den Druckstollen Livigno-Ova Spin und von dort in die Turbinen. Über mehrere Tage hinweg trieben deshalb 10 bis 100 Fische pro Tag auf der Seeoberfläche des Ova Spins. Dieser Vorgang hat sich nun offenbar beim Schadensereignis an Ostern 2013 wiederholt, allerdings in wesentlich grösserem Umfang.

Durch die ungewöhnlich starke Seeabsenkung kam es zu einer hohen Aufkonzentration der Fische im vorderen Seeteil, wo auch der Stolleneingang und der Grundablass liegen. Im Verlauf des Schadensereignisses müssen Tausende von Seesaiblingen tief in den Stollen zwischen Livignosee und dem Wasserschloss oberhalb des KW-Hauses Ova Spin gelangt sein, wahrscheinlich aktiv als Reaktion auf die schnelle Druckminderung bzw. als Flucht vor dem Trübestrom (Vergleich: auslaufende Badewanne). Wahrscheinlich mehrere tausend Fische gerieten danach in die Kraftwerks-Turbine. Ein Teil von ihnen trieb an die Seeoberfläche und wurde dort registriert; ein anderer Teil sank auf den Grund oder verblieb im Stollen-Turbinen-System. Diese Tiere konnten nun beim starken Pumpbetrieb zur Anhebung des Wasserspiegels wieder zurück in den Livignosee gelangen. Danach gelangten sie via Grundablass – zusammen mit gesunden Fischen – in den Spöl. Da Stolleneingang und Grundablass im Livignosee rund 100 m auseinanderliegen, ist es sehr wahrscheinlich, dass ein grosser Teil der hochgepumpten toten Saiblinge im See verblieben sind. Vor dem Grundablass müssen sich bei dessen Öffnung auch grosse Mengen gesunder Saiblinge (und einige Bachforellen) aufgehalten haben, die auf diesem Weg in den Spöl gelangt sind. Diese Ausspülung hat offensichtlich zu keinen gravierenden Schädigungen mehr geführt; auch Druckschäden sind dank des tiefen Seestands nicht aufgetreten. Eine Ausspülung via Dotierablass ist wegen des engen Einlassgitters nicht möglich.

Die 219 Seesaiblinge (Abb. 3), die während der Abfischung am 29.04.13 im Spöl zwischen Punt dal Gall und Punt Periv nachgewiesen wurden, hielten sich fast ausnahmslos in schwach durchströmten Becken auf. Die Tatsache, dass auf der obersten Strecke zwischen Punt dal Gall und der „Engstelle“ ähnlich hohe Dichten wie weiter unten festgestellt wurden, bestätigt die Vermutung, dass die Tiere nach dem eigentlichen Schadensereignis durch den Grundab-

lass eingeschwemmt wurden, entweder zusammen mit dem Schlamm oder danach. Ansonsten hätten sie, wie die Bachforellen, im obersten Spölabschnitt nicht überlebt.

Bei den Saiblingen in den Becken ist die Abschätzung der Fangeffizienz schwer. Wir haben deshalb die Zahl der Individuen, die in der befischbaren Fläche nachgewiesen wurden, auf die Gesamtfläche des jeweiligen Beckens hochgerechnet. Auf diese Weise gelangen wir zu einer geschätzten Anzahl von rund 560 Seesaiblingen zwischen Punt Periv und Punt dal Gall. Eine Hochrechnung auf den restlichen freifliessenden Spöl ist nicht möglich, zumal sich – vergleicht man die Abfischergebnisse oberhalb der Stauwurzel mit denen oberhalb Punt Periv – die eingeschwemmte Population Spöl-abwärts stark ausdünn.

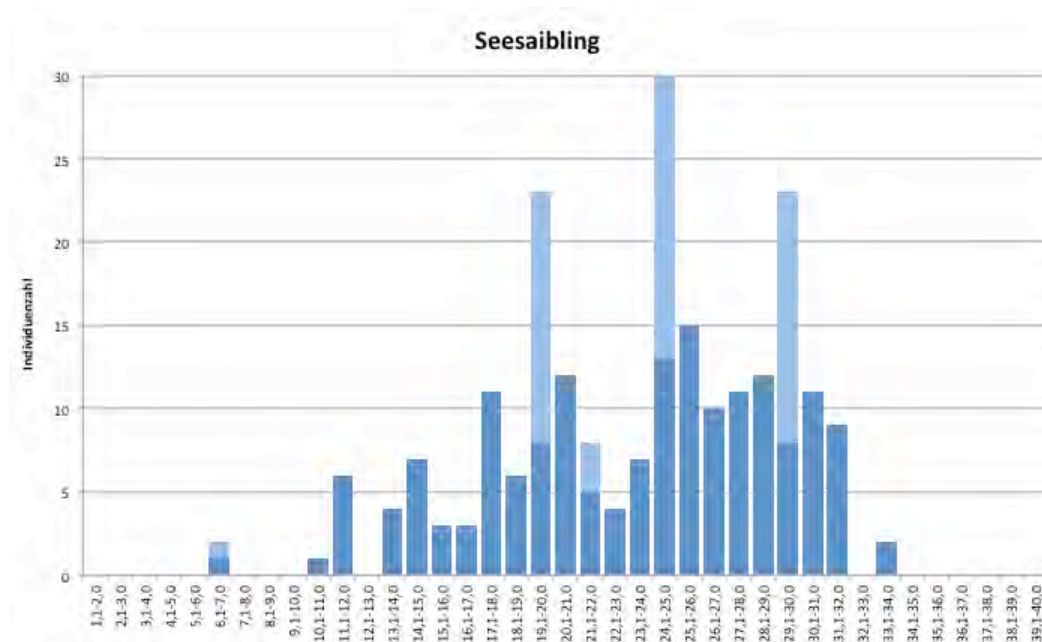


Abb. 3: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der am 29.04.2013 zwischen Punt Periv und Punt dal Gall erfassten Seesaiblinge. Hellblaue Balken: nachgewiesene, aber entkommene, sowie für nicht befischbare Pools abgeschätzte Saiblinge (Längen geschätzt).

Lediglich ein Seesaibling hatte eine Abriebverletzung, die eindeutig auf das Schadensereignis zurückzuführen ist. Die meisten Bachforellen und ein Teil der Saiblinge hatten sehr viel Nahrung aufgenommen und entsprechend dicke Bäuche. Zur Nahrungsanalyse mittels Magenausspülung fehlten Equipment, Genehmigung und Zeit. Einer der Saiblinge über 30 cm Länge hat eine Bachforelle von 6,7 cm Länge ausgewürgt.

Fazit Fischbesiedlung

Die hohen Schwebstoffkonzentrationen im Dotierwasser, der zeitweilige Ausfall der Dotierung am Punt dal Gall und die Schlammlawine, die sich danach in das Restwassergerinne des Spöls ergoss, haben einem erheblichen fischökologischen Schaden im oberen Spöl verursacht. Man kann davon ausgehen, dass auf den obersten ca. 1,6 km des Spöls, also auf ca. einem Drittel der freifliessenden Bachlänge, keine oder nur vereinzelte Bachforellen überlebt haben. Insgesamt wurden hier nur sechs Bachforellen nachgewiesen, auf den darunter liegenden 650 m waren es dagegen über 150 Tiere (Abb. 4). Oberhalb des Beckens Ova Spin wurden sie vom AJF in vergleichbarer Dichte nachgewiesen. Unter Berücksichtigung der

Fangeffizienz wird der derzeitige Bestand für ca. 2/3 der Bachstrecke auf rund 55 Forellen pro 100 m abgeschätzt. Das bedeutet, dass unterhalb der ersten 1600 Fließmeter, innerhalb derer es faktisch zu einem Ausfall der Bachforellenpopulation kam, rund 1/3 (ca. 36 %) der ursprünglichen Population überlebt hat. Ein sicher nicht unerheblicher Teil davon konnte in tiefere Becken oder in das Becken Ova Spin flüchten und später wieder an ihre Standorte zurückkehren; ein sehr kleiner Teil stammt möglicherweise auch aus dem Livignosee. Die meisten der untersuchten und dokumentierten Individuen waren bei sehr guter Kondition und hatten viel gefressen. Die Nahrungsgrundlage für diese Tiere erscheint ausreichend.

Viele Bachforellen konnten wahrscheinlich den Ausfall der Dotierung und den darauffolgenden Trübungsstrom überleben, weil die vielen Seitenbäche und Hangwässer bereits ca. 1 km oberhalb Punt Periv eine Wasserbenetzung des Gerinnes aufrecht halten konnten. Weitgehend ausgetrocknet war der Spöl wahrscheinlich bis ca. auf Höhe der oberen Test-Befischungsstrecke des AJF (1100 m unterhalb Punt dal Gall). Bereits im Bereich Punt Periv gelang es aber einem Teil der Fischen offensichtlich, den Ausfall der Dotierung und die darauffolgende Schlammlawine in weniger belasteten, benetzten Randbereichen zu überleben, z.B. im Bereich der Einmündungen von Seitenbächen.

In den vielen Becken (Pools) entlang des Bachlaufs haben grosse Mengen Seesaiblinge überlebt, die zusammen mit der Grundablassöffnung in den Spöl gelangten. Die meisten der untersuchten Individuen waren ebenfalls gut genährt, ein anderer Teil war allerdings sehr schlank und schlecht konditioniert. In einem Fall konnte belegt werden, dass diese Saiblinge auch (1+) Bachforellen fressen. Da sich kleine Bachforellen und Saibling bezüglich ihrer bevorzugten Standorte aus dem Weg gehen, dürfte dies keine gravierenden Auswirkungen auf die rezente Bachforellen-Population haben.

Wir gehen davon aus, dass mit den kommenden künstlichen Hochwasserereignissen auch die obersten Spölabschnitte (bis zur hydr. Messstation) schnell wieder mit Forellen besiedelt werden, wenn sich dort auch wieder ihre Nahrungsgrundlage „erholt“.

Inwieweit und in welchem Masse die für den Spöl standortfremden Seesaiblingen bei den kommenden Hochwasserereignissen verdriftet werden und letztlich im Staubecken Ova Spin „landen“, ist kaum prognostizierbar. Eventuell muss damit gerechnet werden, dass ein Teil der Tiere noch längere Zeit im Spöl verbleibt. Letztlich könnte auch das Nahrungsangebot auf diese Fischart limitierend wirken. Wir schlagen vor, die Entwicklung durch gezielte Befischungen weiter zu verfolgen.

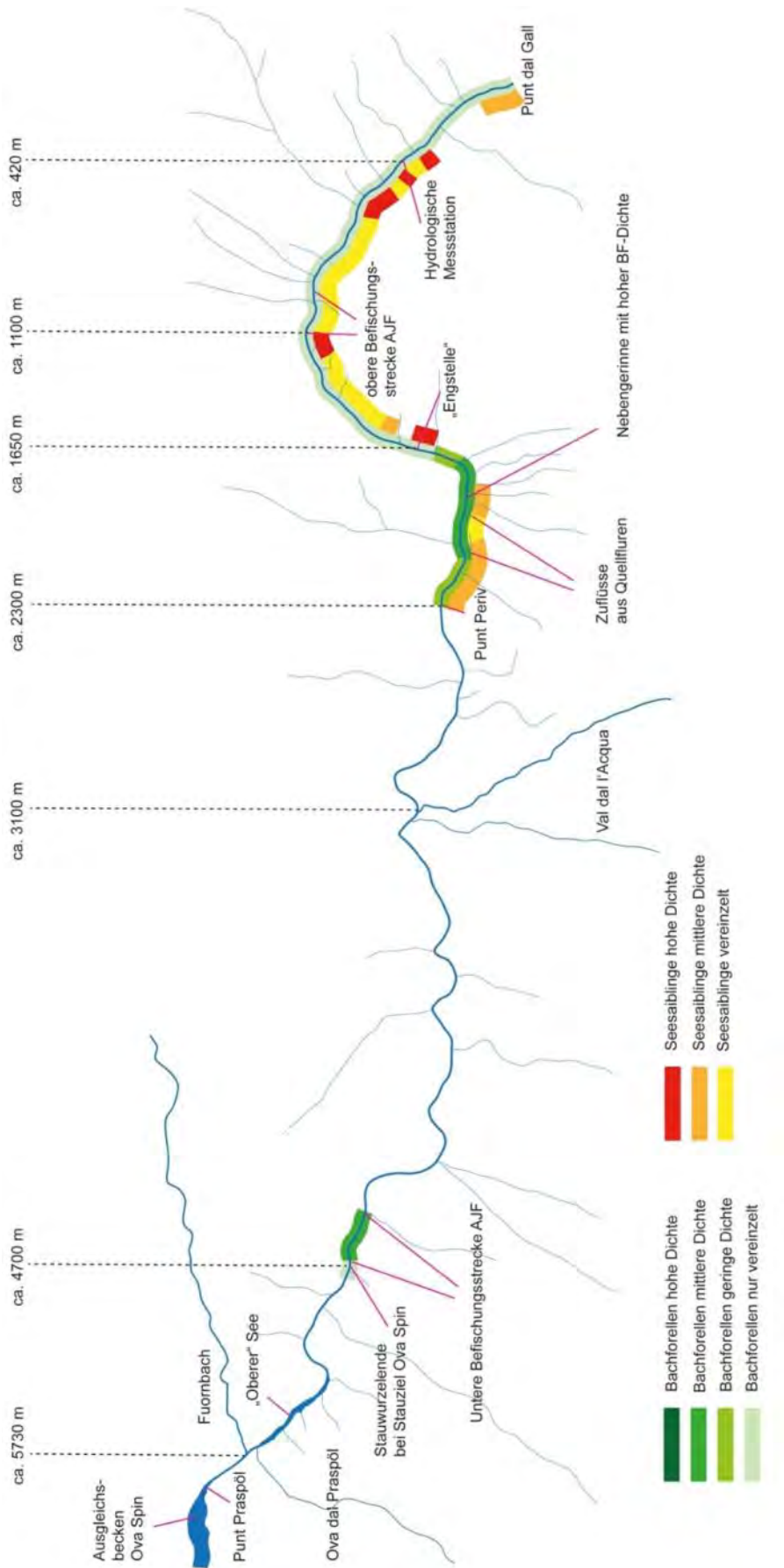


Abb. 4: Schematische Karte des oberen Spöls mit Angaben der im Text verwendeten Punkte und Abschnitte sowie deren Abstand vom Punt dal Gall. Ergebnisse der Befischungskampagnen am 29.04.2013

A.3 Hydromorphologischer Zustandsbericht 2013

Autor: Peter Rey, Stefan Werner, John Hesselschwerdt, HYDRA

Die Helikopter-Befliegung des oberen Spöls im Auftrag des Projekts Retrofit fand am 30.04.2013 zwischen 8:15 Uhr und 9:00 Uhr statt. Von drei Personen des Hydra-Teams wurden die aktuellen hydromorphologischen Verhältnisse im Spölgerinne fotografisch festgehalten. Der Aufnahmepunkt der Fotos ist jeweils mittels GPS verortet. Die mehr als 1500 Aufnahmen lieferten Übersichts- und Detailaufnahmen.

Referenzzustände und Hintergrund

Der Obere Spöl wird seit 1989 von Hydra intensiv gewässerökologisch untersucht. Seit dieser Zeit konnten unterschiedlichste Referenzzustände zur aktuellen Situation beobachtet werden. Zum Beispiel ist es wichtig festzuhalten, dass über die vielen seitlichen Muren entlang des oberen Spöls natürlicherweise grosse Mengen an Feinstoffen in den Bach gelangen (Abb. 1). Ein Überzug an Feinsedimenten lagert sich im Strömungsgradienten des Restwasser führenden Gerinnes ab und verursacht dort Kolmationen der Sohle.



Abb. 1: Bereits bei leichtem Regen – wie während der Befischung am 29.04.2013 – gelangen grosse Mengen Feinstoffe über die vielen seitlichen Muren in den Spöl.

Diese Kolmationen wieder aufzulösen, war einer der entscheidenden Gründe dafür, dass künstliche Hochwasserereignisse durchgeführt werden. Seit dem letzten Spöl-Hochwasser im Oktober 2012 kam es erneut zu starken lateralen Feinstoffeinträgen (vor allem durch Auftauvorgänge), die nun von den Schluffablagerungen aus dem See getrennt betrachtet werden müssen. Die hier vorgenommene Begutachtung greift dabei auf optische und haptische Unterscheidungen zurück, die an den vorangegangenen Tagen im unteren und oberen Spölabschnitt durchgeführt wurden. Sie beruhen u.a. auch auf den von Christian Schlüchter kommunizierten Unterscheidungskriterien.

Ergebnisse

Die Aufnahmen fanden bei einer Dotierung von 550 l/s statt. Durch die vielen kleineren, wasserführenden Seitenbäche erhöht sich der Abfluss bis zur Stauwurzel auf geschätzt 2,5 m³/s. Aus den ersten Analysen der Luftaufnahmen konnten folgende Informationen gewonnen werden:

Die tieferen Becken, von denen es am oberen Spöl sehr viele gibt, wirkten beim Schadensereignis als Sedimentsenken. Wir gehen davon aus, dass das dabei eingetragene Schluffmaterial noch überall auf den Sohlen dieser Becken liegt – in unterschiedlichen Mächtigkeiten.

Wie immer nach einer Periode ohne Hochwasser zeigt die benetzte Sohle einen Überzug von Feinmaterial sowie einen gelblich-bräunlichen Algenaufwuchs, der auf den Luftbildern gut zu erkennen ist. An Gefällestrecken ist dieser Aufwuchs besonders stark ausgeprägt. Hier sind auch fädige Grünalgen und Schlauchalgen häufig. Der Algenaufwuchs führt zu einer Art „biogener Kolmation“, indem er Feinsedimente abfängt und einlagert.

Durch die wechselnden Dotierabflüsse der letzten Wochen konnte wahrscheinlich ein nicht geringer Teil des Schluffmaterials wieder aus dem Gerinne ausgetragen werden. Entlang des gesamten Bachlaufs zeigt sich deshalb auch eine Verteilung dieses Materials in Bereichen mit geringen Schleppkräften als relativ helle, teilweise schon algenbewachsene Ablagerung. Nach etwa einem Drittel der Spölstrecke ist diese aber so gering, dass sie gegenüber dem üblichen Feinstoffeintrag keine weitere Kolmation verursachen kann.

Abschnitt 1:

Grossflächigere Ablagerungen vom Schadensereignis sind nur auf den obersten ca. 700–900 m Strecke unterhalb Punt dal Gall (PdG) über das gesamte Gerinne hinweg feststellbar. Riffles und Gefälleabschnitte sind in der Hauptströmung bereits nahezu ablagerungsfrei (Abb. 2a & b). An den Beckenrändern liegt der Schluff teilweise noch mehr als knietief.

Abschnitt 2:

Von hier ab bis zum Beginn der Kontrollstrecke des AJF (ca. 1100 m unterhalb Punt dal Gall) ist die Sohle in der Hauptrinne auch auf Flachstrecken in Teilen bereits sedimentfrei, grossflächige Ablagerungen beschränken sich auf breite ufernahe Bänder (Abb. 3).

Abschnitt 3:

Ein ähnliches Bild zeigt der darauffolgende Abschnitt bis zur „Engstelle“ (ca. 1200 bis ca. 1650 m unterhalb Punt dal Gall)(Abb. 4); bis ca. 25 cm tiefe Ablagerungen aus dem Schadensereignis sind in den Randbereichen und in tieferen Becken noch nachzuweisen. Gefällereiche Strecken sind frei von Schluff.

Abschnitt 4:

Unterhalb der „Engstelle“ (ca. 1650 m bis 1900 m unterhalb Punt dal Gall) (Abb. 5) sind Ablagerungen aus dem Schadensereignis zwar noch feststellbar, aber auf schmale Randstreifen, Sedimentfallen und Hinterwässer beschränkt, die Ablagerungen aus lateralen Einträgen sind hier bereits grossflächiger und ausgeprägter als diejenigen aus dem Schadensereignis. Die Sohle in der Hauptströmung ist auch in flachen Abschnitten grösstenteils frei von Seesedimenten.

Abschnitt 5:

Im Bereich um Punt Periv (Abb. 6) halten sich Ablagerungen vom Schadensereignis mit denen lateraler Einträge zumindest die Waage. Hinzu kommen kleine Flecken von Schluff in Hinterwässern. Die Sohle in der Hauptströmung zeigt nicht mehr als die nach dem Winter übliche Auflage und Kolmation.

Abschnitt 6:

Oberhalb der Einmündung des Val dal l'Acqua verschmälert sich das Spölgerinne etwas (Abb. 7), Schluff-Ablagerungen sind auf schmale Streifen an der Uferlinie und auf Becken beschränkt.

Abschnitt 7:

Im Spöl um und unterhalb der Einmündung des Val dal l'Acqua (Abb. 8) sind Ablagerungen aus dem Schadensereignis nicht mehr von denen lateraler Einträge zu unterscheiden. Möglicherweise liegt an wenigen exponierten Stellen noch Seematerial, auch ein sehr schmaler Streifen am beidseitigen Wasserrand enthält wahrscheinlich noch Schluff. Aufwuchs, Feinsedimente und Kolmation entsprechen den Szenarien, die sich nach jedem Winter im Restwassergerinne zeigen.

Abschnitt 8:

Eine Abgrenzung von Abschnitt 7 zu Abschnitt 8 (Abb. 9) ist nicht mehr möglich, da keine weiteren Änderungen mehr feststellbar und die Sedimentablagerungen, die es in den Becken sicher noch gibt, auf den Luftbildern nicht erkennbar sind. In den unteren beiden Kilometern des Spöls nimmt dagegen die Kiesauflage im Gerinne deutlich zu, bis sie oberhalb der Fuornbachmündung (Abb. 10) Mächtigkeiten erreicht, die denen des unteren Spöls gleichen.



Abb. 2a: Abschnitt 1. Ablagerungen (Schluff) des Schadensereignisses sind auf den obersten 900 m Fließstrecke noch über die gesamte Sohle und auch an beiden Ufern rezent. Aufnahme 70 m unterhalb Pund dal Gall.



Abb. 2b: Abschnitt 1. Ablagerungen (Schluff) des Schadensereignisses sind auf den obersten 900 m Fliessstrecke noch über die gesamte Sohle und auch an beiden Ufern rezent. Aufnahme 890 m unterhalb Pund dal Gall.



Abb. 3: Abschnitt 2. Ablagerungen im Bereich der Kontrollstrecke des AJF (1090 bis ca. 890 m unterhalb Punt dal Gall). Die Sohle ist in Teilen bereits sedimentfrei, an den Rändern sind überall noch breite Schluffstreifen zu erkennen.



Abb. 4: Abschnitt 3. Bereich oberhalb der „Engstelle“ (ca. 1200 bis ca. 1650 m unterhalb Punt dal Gall). Die zentrale Sohle ist weitgehend frei; Schluffablagerungen sind aber noch in breiten Randstreifen nachzuweisen. Diese Ablagerungen sind stellenweise und aufgrund des dort geringeren Gefälles sogar noch deutlicher als Abschnitt 2.



Abb. 5: Abschnitt 4. Bereich unterhalb der „Engstelle“ (ca. 1650 m bis 1900 m unterhalb Punt dal Gall). Ablagerungen aus dem Schadensereignis sind noch als schmale Randstreifen sowie in Sedimentfallen und Hinterwässern erkennbar. Die Ablagerungen aus lateralen Einträgen halten sich mit denjenigen aus dem See die Waage. Die Sohle ist – bis auf sehr flache Abschnitte – weitestgehend frei.



Abb. 6: Abschnitt 5. Bereich um Punt Periv. Ablagerungen vom Schadensereignis sind nicht mehr eindeutig von denen der lateralen Einträge zu unterscheiden. Die Sohle in der Hauptströmung ist weitgehend ablagerungsfrei.



Abb. 7: Abschnitt 6. Bereich oberhalb der Einmündung des Val dal l'Acqua. Schluff aus dem See ist, wenn überhaupt, dann auf sehr schmale Randstreifen beschränkt.



Abb. 8: Abschnitt 7. Bereich unterhalb Val dal l'Acqua; keine eindeutigen Ablagerungen aus dem Schadensereignis mehr von denen lateraler Einträge zu unterscheiden. Ablagerungen in tieferen Becken sind aber wahrscheinlich. Szenario ist äusserlich nicht vom bisherigen Zustand im Frühjahr unterscheidbar



Abb. 9: Abschnitt 8. Bereich oberhalb des Stauwurzeldes: keine Ablagerungen aus dem Schadenseignis ausserhalb tiefer Becken (nicht einsehbar). Das Gerinne ist mit Grob- und Mittelkiesfraktionen ausgefüllt.



Abb. 10: Bereich um die Fuornbachmündung (rechts) (bei Stauziel innerhalb der Stauwurzel des Beckens Ova Spin). Ablagerungen, die dem Schadensereignis zugeordnet werden können, sind nicht feststellbar.

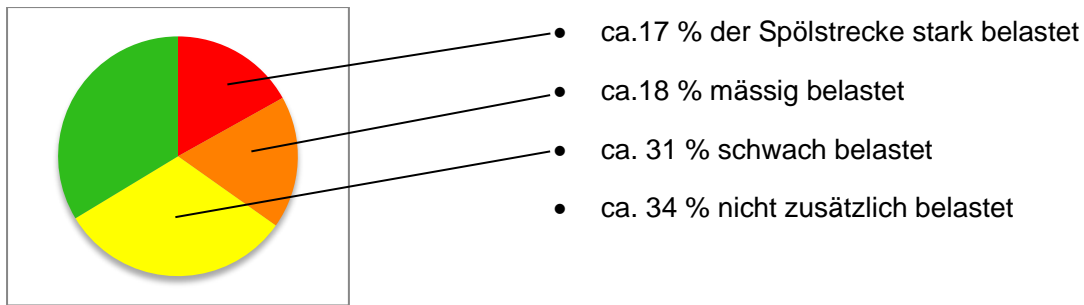
Fazit Hydromorphologie

Die Schluffablagerungen aus dem Livignosee, die beim Schadensereignis vom Ostersonntag 2013 in den Spöl eingetragen wurden, haben sich zwischenzeitlich in einem Gradienten flussabwärts verteilt (Abb. 11). Inwieweit dies auf die Sofortmassnahme (wechselnde Dotierungen zwischen 800 l/s und 5 m³/s) zurückzuführen ist oder ob sich der Schlamm hauptsächlich nur im oberen Spölabschnitt abgelagert hat, ist nicht mehr feststellbar.

Etwa auf den obersten 800 bis 1100 m unterhalb von Punt Periv findet man noch ereignisbedingte, manchmal >0,5 m mächtige Ablagerungen – z.T. über die gesamte Gerinnebreite, an den Bachrändern und in Becken. Danach bleiben sie auf Randstreifen beschränkt oder lagern in Hinterwässern und Flutmulden. Auf Höhe Punt Periv sind Ablagerungen aus dem Schadensereignis nicht mehr stärker als diejenigen aus den lateralen Einträgen, die im gesamten oberen Spöl alljährlich zu beobachten sind.

Unterhalb der Einmündung des Val dal l'Acqua können Spuren des Schadensereignisses bestenfalls noch lokal und kleinräumig ausgemacht werden. Auf die Besiedelbarkeit der Fließstrecke haben sie keine Auswirkung mehr.

Geht man von einer freifliessenden Spölstrecke von 4700 m aus, so waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen (27.04. bis 30.04.2013) von der Schlammlawine aus dem Livignosee:



In den schwach und nicht mehr belasteten Abschnitten – 65 % der Länge des oberen Spöls – gehen wir von einer gegenüber der Grundbelastung nicht mehr eingeschränkten Besiedelbarkeit aus. Diese Grundbelastung entsteht alljährlich durch starke Feinstoffeinträge aus den lateralen Murgängen. Sie sind einer der wichtigsten Gründe für die Durchführung künstlicher Hochwässer.

Um den Schluff aus den vielen tieferen Senken im Spöl-Gerinne auszuschwemmen und nicht nur portionsweise weiterzutransportieren, müsste ein Hochwasserereignis im Bereich von 10–15 m³/s wahrscheinlich über längere Zeit (evtl. mehrere Tage) einwirken können. Bei einem noch grösseren Hochwasser erwarten wir auch einen Transport der Kieskubaturen aus den unteren Spölabschnitten in das Becken Ova Spin. Dies könnte erst dann gemindert werden, wenn vor dem Hochwasser das Stauziel des Beckens Ova Spin erreicht wird.

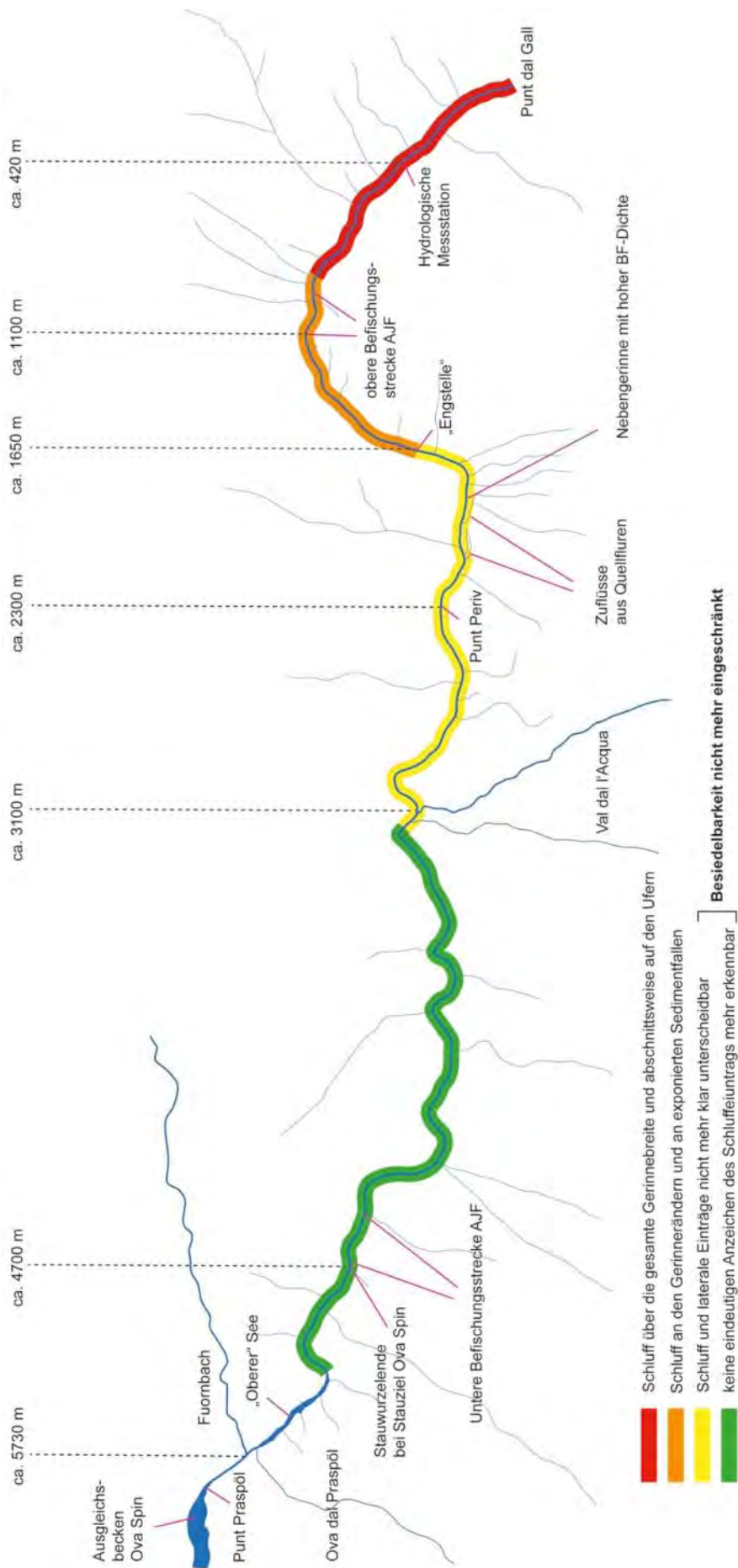


Abb. 11: Schematische Karte des oberen Spöls mit Angaben der im Text verwendeten Punkte und Abschnitte sowie deren Abstand vom Punt dal Gall. Belastung durch Sediment aus dem Schadensereignis vom Ostersonntag (30. März 2013). Aufnahme am 27.04., 29.04. und 30.04.2013 (Befliegung).

Anhang B: Originalberichte Regenerationsspülung 2013 und Nachzustand 2014

B.1 Bericht über die Regenerations-Spülung vom 09. Juli 2013

Autoren: AJF (Nicola Gaudenz), ANU (Pio Pitsch, ecowert), EKW (Jachen Gaudenz), FOK (Johannes Ortlepp, HYDRA)

Ausgangslage

Die Untersuchungen nach dem Schlammaustrag aus dem Livignostausee von Ende März in den Spöl zeigten im Längsverlauf zwischen Punt dal Gall und dem Ausgleichsbecken Ova Spin unterschiedlich starke Kolmatierungsgrade auf. Weitaus am stärksten kolmatiert war das obere Drittel der Fliessstrecke, am auffälligsten in Stillwasserzonen und tieferen Pools. Ab Punt Periv wurde ein abnehmender Kolmatierungsgrad festgestellt (s. Kurzberichte von Schlüchter Juni 2013, und Hydra 30. April 2013).

Die Sonarbild-Aufnahmen des Grundablasses der Staumauer Punt dal Gall, welche vor der Spülung zur Verfügung standen, sowie die darauf gestützten Prognosen der ETH Lausanne für den Schlammaustrag durch ein Öffnen des Grundablasses bei aufgestautem See (See-stand 1796 m ü.M.) bildeten, zusammen mit den Voruntersuchungen des Spöl die Grundlage für das Anfangs Juni 2013 ausgearbeitete „Konzept für eine Bachspülung zur Regenerierung des Spöl“. Gestützt auf dieses Konzept erfolgte am 9. Juli 2013 die Spülung des oberen Spöl.

An der Spülung oder an Begleituntersuchungen direkt beteiligten Institutionen und Personen

- AJF: Marcel Michel und Nicola Gaudenz
- SNP: Ruedi Haller, Anna Schweiger und Thomas Baumann
- EKW, Jachen Gaudenz und Mitarbeiter
- Hydra, Uta Mürle und Johannes Ortlepp
- Uni Bern, Christian Schlüchter
- EAWAG, Christopher Robinson und Mitarbeiter
- ecowert, Pio Pitsch

Ablauf der Spülung

Die Spülung wurde am 9. Juli 2013 um 07.00 Uhr mit der Erhöhung des Abflusses im Spöl von 1,44 m³/s (Sommerdotierung) bis auf 3 m³/s über die Dotieranlage eingeleitet. Ab 7:35 Uhr wurde der Grundablass in kleinen Schritten geöffnet, bis um 8:40 Uhr ein Gesamtabfluss im Spöl aus Dotieranlage und Grundablass von rund 20 m³ erreicht war. Dieser Abfluss wurde bis 09:40 Uhr gehalten und danach auf 30 m³/s erhöht. Zwischen 11 und 12 Uhr erfolgte, um eine erste Beurteilung des Spülefekts im Bachbett vorzunehmen, eine Abflussreduktion von 30 auf 10 m³/s. Weil das gewünschte Ergebnis noch nicht erreicht war, wurde der Abfluss erneut erhöht, diesmal auf maximal 40 m³/s und während einer Stunde auf diesem Niveau gehalten. Ab 13:50 Uhr – nachdem die Konzentration absetzbarer Schwebstoffe stark zurückgegangen war - wurde der Abfluss gemäss der für die künstlichen Hochwasser jeweils ange-

wendeten Absenkkurve zurückgefahren, bis um 16:20 Uhr die Sommer- Dotierwassermenge von 1.44 m³/s wieder eingestellt war.

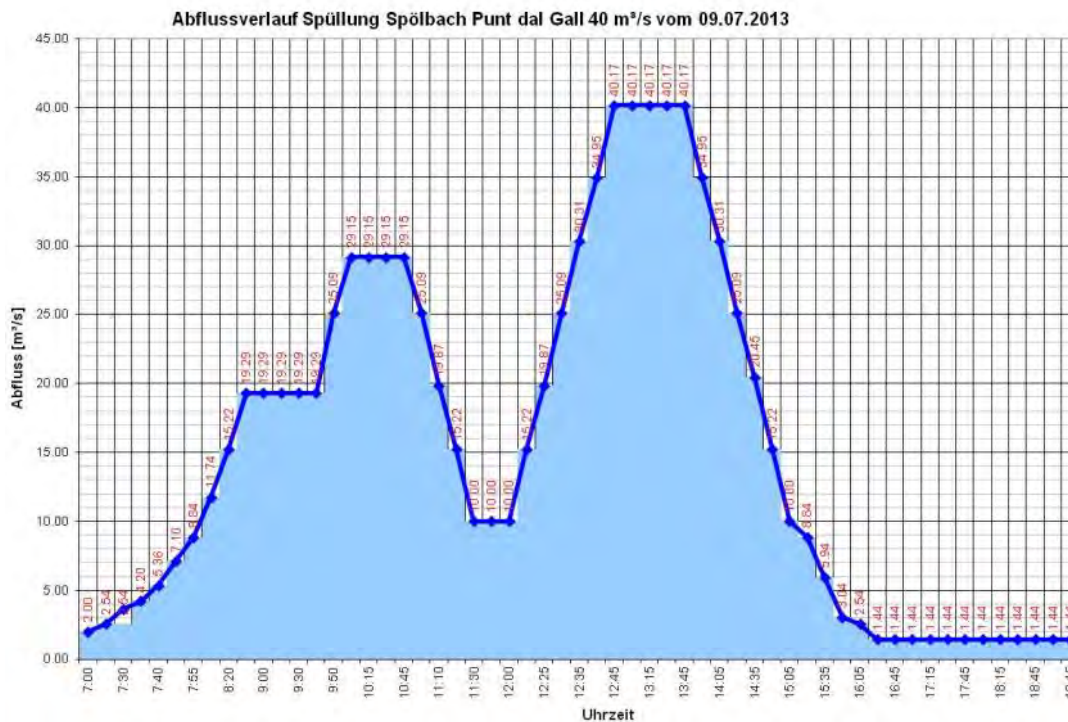


Abb. 1: Abflussverlauf der Spülung vom 09.07.2013 im Spöl mit der entsprechenden Anstiegs- und Abstiegskurven zwischen 07:00 und 19:15 Uhr (Aufzeichnung EKW).

Schwebstoffkonzentrationen während der Spülung

Während der Spülung wurde die Schwebstoffkonzentration im Spöl bei Punt dal Gall (220 m unterhalb des Tosbeckens) und bei Punt Periv gemessen. Die Messung erfolgte an beiden Messstellen einerseits durch eine Trübungs-/Feststoffsonde „COSMOS-25“ der Firma Züllig im Intervall von 2 Minuten und andererseits halbstündlich durch Handmessungen mit Imhofftrichtern mit einer Absetzzeit von 30 Minuten. Die von den Messsonden aufgezeichneten relativen Schwebstoffkonzentrationen wurden anhand der absoluten Messwerte aus den Messungen mit Imhofftrichtern nachkalibriert.

Schwebstoffverlauf bei Punt dal Gall :

Aus der Schwebstoffmessung in Punt dal Gall wird ersichtlich, dass nur anfänglich bei der Öffnung des Grundablasses ein nennenswerter Anstieg der Schwebstoffkonzentration zu verzeichnen war. Die mit Imhofftrichter gemessene Spitze erreichte bescheidene 3 ml/l, jene mit der Trübemesssonde gemessene verzeichnete ein Maximalwert von 5 ml/l Schwebstoffe. Danach sanken die Werte mehrheitlich unter 1 ml/l. Die in Punt dal Gall gemessenen Schwebstoffwerte stammen vorwiegend aus den Ablagerungen vor dem Grundablass im See und aus älteren Ablagerungen im Tosbecken beim Auslauf des Grundablasses. Die aus der kurzen Fließstrecke bis zur Messstelle mobilisierten Schwebstoffe fielen kaum ins Gewicht. Die Spülung des Spöls konnte somit rasch mit wenig schwebstoffvorbelastetem Wasser aus dem See durchgeführt werden.

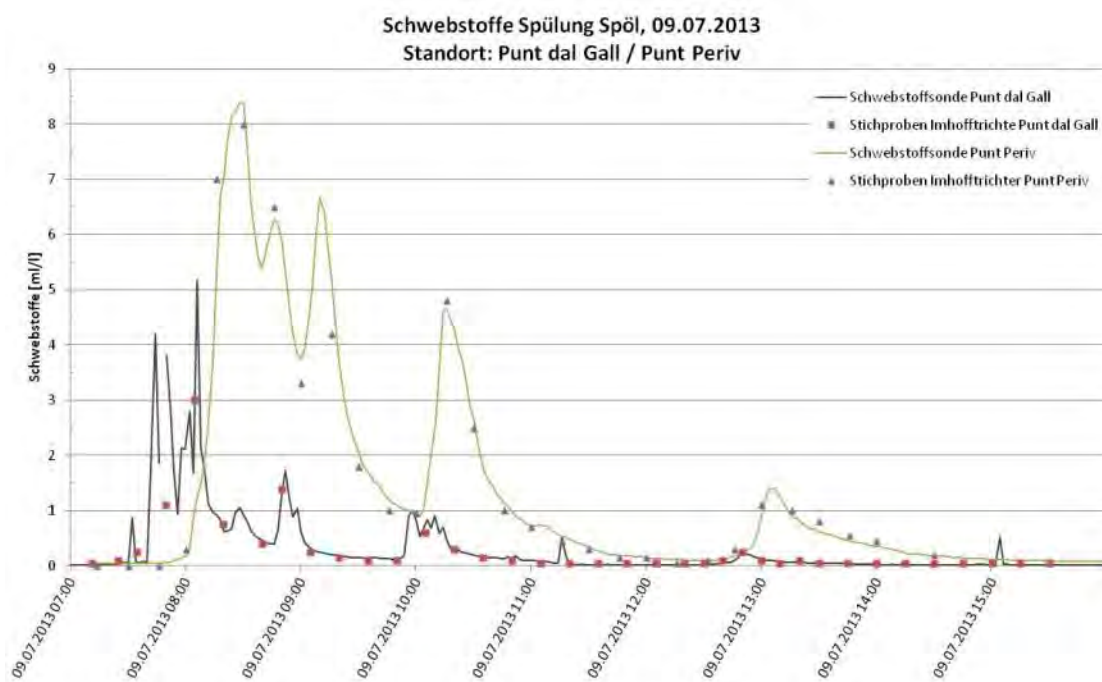


Abb. 2: Während der Spülung vom 09.07.2013 aufgezeichnete Schwebstoffmesswerte bei den Messstellen in Punt dal Gall und Punt Periv.

Schwebstoffverlauf bei Punt Periv :

- Bei Punt Periv wurden die abflussbedingten Effekte mit einer Verzögerung von ca. 20 Minuten (abhängig von der Höhe des Abflusses) gegenüber Punt dal Gall beobachtet.
- Die höchsten Konzentrationen an Schwebstoffen (ca. 8,5 ml/l Absatzvolumen) wurden in der Anfangsphase der Spülung bei auf 20 m³/s ansteigendem Abfluss gemessen. In dieser Phase wurden mit ansteigendem Abfluss zunehmend mehr Ablagerungen aus dem Bachbett und den bis dahin trocken liegenden Randbereichen mobilisiert und flussab verfrachtet. Bei konstant hohem Abfluss ging die Schwebstoffkonzentration deutlich (bis auf 1 ml/l) zurück. Bei nochmaligem Abflussanstieg auf 30 m³/s nahm auch die Schwebstoffkonzentration nochmals zu (bis 4,5 ml/l), um dann bei konstantem bzw. sinkendem Abfluss recht zügig bis ca. 0,1 ml/l abzufallen.

Dieser Verlauf der Schwebstoffkonzentration deutet darauf hin, dass die Ablagerungen im Bachbett bereits in der Anfangsphase der Spülung mobilisiert und abtransportiert wurden, während später dann nur noch durch den weiteren Abflussanstieg neu erfasste randliche Ablagerungen und Teile seitlicher Schuttkegel mobilisiert wurden.

- Mit dem zweiten Peak von 40 m³/s wurden vor allem Restablagerungen am Rand und in tieferen Pools mobilisiert. Die nur noch in geringeren Mengen vorhandenen Sedimente wurden durch den grossen Abfluss stark verdünnt. Daher stiegen die bei Punt Periv gemessenen Schwebstoffwerte nicht mehr über 1,5 ml/l und sanken bereits bei noch anhaltendem hohem Abfluss rasch wieder unter 1 ml/l.

Hiermit wurde deutlich, dass die Ablagerungen an Feinsedimenten im Spöl zu diesem Zeitpunkt weitgehend ausgetragen waren.

Auswirkungen der Spülung

Die Schluff/Feinsand-Ablagerungen, die nach dem Vorfall von Ostern 2013 vor allem oberhalb der Engstelle oberhalb Punt Periv grosse Teile des Spölbettes bedeckt hatten, wurden nahezu vollständig abgetragen. Nur in wenigen Bereichen wie ruhigen Flachwasserzonen oder tieferen Becken, in denen auch unter normalen Bedingungen Feinmaterial abgelagert wird, blieb eine Feinsedimentdecke erhalten. Ebenso wurden die meisten Feinmaterialablagerungen vom Gewässerrand durch die Spülung abgetragen.

Durch das Hochwasser wurden zusätzlich seitliche Schuttkegel erodiert, deren Material je nach Korngrösse abgelagert oder abtransportiert wurde.

An einigen Stellen wurde beobachtet, das Feinsedimente von groberem Material überlagert wurde.

An zwei Stellen im Spöl konnten lebende Seesaiblinge beobachtet werden. Ob diese anlässlich dieser Spülung oder schon früher über den Grundablass aus dem Stausee Livigno in den Spöl gelangt sind, ist ungewiss. Bei der Begehung nach dem Hochwasser wurden keine toten Fische gefunden und die Schwemmsäume mit gestrandeten Benthosorganismen waren ungewöhnlich individuenarm. Diese Beobachtungen bestätigen die Untersuchungsbefunde von Ende Mai, bei denen eine reduzierte Individuendichte sowohl bei Fischen als auch bei Benthosorganismen festgestellt wurde.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ziele der Spülung vollständig erreicht wurden. Die Feinsedimente wurden auf der ganzen, vom Umweltunfall betroffenen oberen Spölstrecke weitestgehend ausgetragen. Marginale Restablagerungen liegen noch an strömungsgeschützten Stellen ausserhalb des sonst ständig benetzten Bachbetts und in tieferen Becken. Der Spöl befindet sich jetzt wieder in einem Zustand, welcher die volle Entfaltung seiner Regenerationskraft und eine vollständige Wiederbesiedlung durch Fische und andere Gewässertiere zulässt.

Tab. 1: Tabelle mit den Aufzeichnungen der Abflüsse während der Spülung des Spöl 09.07.2013

Uhrzeit	Zusätzlicher Abfluss ohne Dotierwasser in m³/s	Totaler Abfluss inkl. Dotierwasser in m³/s	Abfluss Dotiergruppen in m³/s	Abfluss Dotierschieber in m³/s	Ist Abfluss in m³/s	Abfluss Grundablass in m³/s	Öffnung Grundablass in cm	Bemerkungen
7:00	0.00	2.00	2.00		2.00			Seestand 1796.71
7:15	0.00	2.54	2.54		2.54			
7:30	0.50	2.54	2.54	0.50	3.04			
7:35	1.66	4.20	2.54	0.50	4.20	1.16	2	
7:40	2.82	5.36	2.54	0.50	5.36	2.32	4	
7:50	4.56	7.10	2.54	0.50	7.10	4.06	7	
7:55	6.30	8.84	2.54	0.50	8.84	5.80	10	
8:00	9.20	11.74	2.54	0.50	11.74	8.70	15	
8:20	12.68	15.22	2.54	0.50	15.22	12.18	21	
8:40	16.75	19.29	2.54	0.50	19.29	16.25	28	
9:00	16.75	19.29	2.54	0.50	19.29	16.25	28	
9:15	16.75	19.29	2.54	0.50	19.29	16.25	28	
9:30	16.75	19.29	2.54	0.50	19.29	16.25	28	
9:45	16.75	19.29	2.54	0.50	19.29	16.25	28	
9:50	22.55	25.09	2.54	0.50	25.09	22.05	38	
9:57	26.61	29.15	2.54	0.50	29.15	26.11	45	Seestand 1796.66
10:15	26.61	29.15	2.54	0.50	29.15	26.11	45	
10:30	26.61	29.15	2.54	0.50	29.15	26.11	45	
10:45	26.61	29.15	2.54	0.50	29.15	26.11	45	
11:00	22.55	25.09	2.54	0.50	25.09	22.05	38	
11:10	17.33	19.87	2.54	0.50	19.87	16.83	29	
11:20	12.68	15.22	2.54	0.50	15.22	12.18	21	
11:30	7.46	10.00	2.54	0.50	10.00	6.96	12	Seestand 1796.61
11:45	7.46	10.00	2.54	0.50	10.00	6.96	12	
12:00	7.46	10.00	2.54	0.50	10.00	6.96	12	
12:20	12.68	15.22	2.54	0.50	15.22	12.18	21	
12:25	17.33	19.87	2.54	0.50	19.87	16.83	29	
12:30	22.55	25.09	2.54	0.50	25.09	22.05	38	
12:35	27.77	30.31	2.54	0.50	30.31	27.27	47	
12:40	32.41	34.95	2.54	0.50	34.95	31.91	55	
12:45	37.63	40.17	2.54	0.50	40.17	37.13	64	
13:00	37.63	40.17	2.54	0.50	40.17	37.13	64	
13:15	37.63	40.17	2.54	0.50	40.17	37.13	64	
13:30	37.63	40.17	2.54	0.50	40.17	37.13	64	
13:45	37.63	40.17	2.54	0.50	40.17	37.13	64	
13:50	32.41	34.95	2.54	0.50	34.95	31.91	55	
14:05	27.77	30.31	2.54	0.50	30.31	27.27	47	
14:20	22.55	25.09	2.54	0.50	25.09	22.05	38	
14:35	17.91	20.45	2.54	0.50	20.45	17.41	30	
14:50	12.68	15.22	2.54	0.50	15.22	12.18	21	
15:05	7.46	10.00	2.54	0.50	10.00	6.96	12	
15:20	6.30	8.84	2.54	0.50	8.84	5.80	10	
15:35	3.40	5.94	2.54	0.50	5.94	2.90	5	
15:50	0.50	3.04	2.54	0.50	3.04			
16:05	0.00	2.54	2.54		2.54			
16:20	0.00	1.44	1.44		1.44			Seestand 1796.51



Abb. 3: Messung des Absetzvolumens bei Punt Periv, 09.07.2013 08:30 Uhr. Links: neue Probe, rechts: 15 min nach Befüllung.



Abb. 4: Erosion seitlicher Schuttkegel (ca. 900 m unterhalb Staumauer Pt dal Gall).



Abb. 5: Tosbecken Grundablass Punt dal Gall, Öffnung Grundablass (Bildaufnahme 07:43 Uhr, Abfluss ca. 5.4 m³/s).



Abb. 5: Restablagerung von Feinsedimenten im Flachuferbereich (ca. 800 m unterhalb Staumauer).

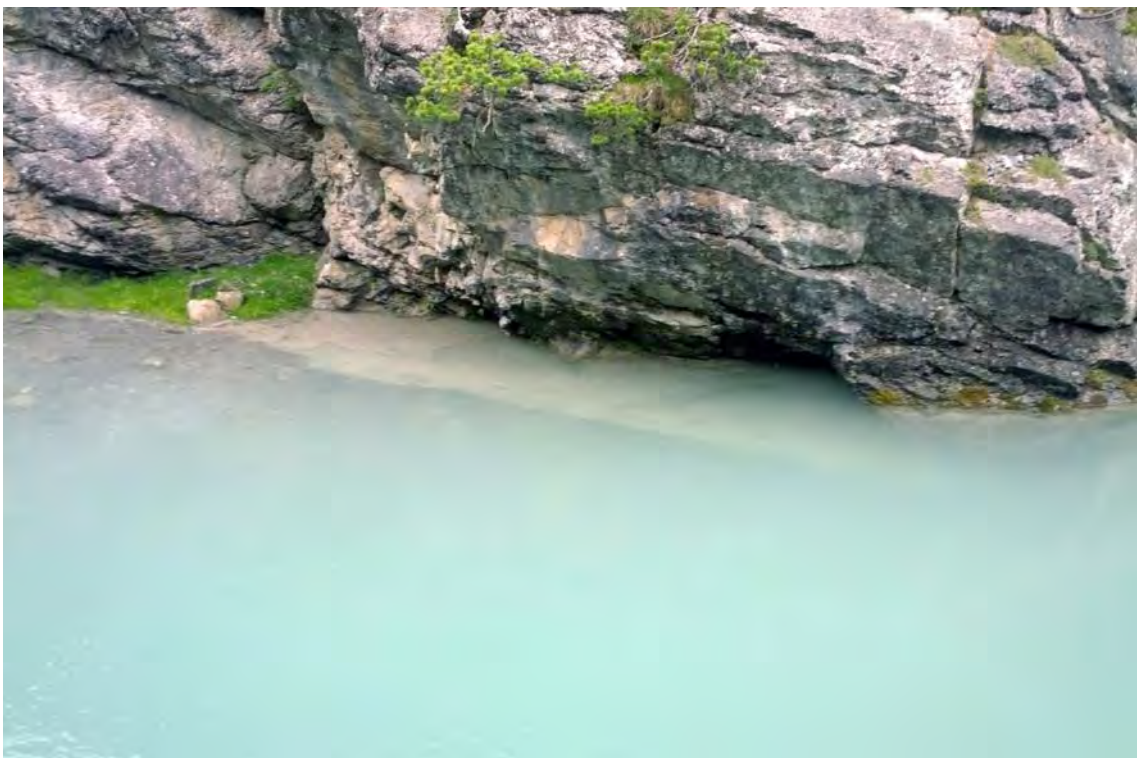


Abb. 6: Restablagerung von Feinsedimenten in tiefem Pool (ca. 800 m uh. Staumauer).



Abb. 7: Oberer Spöl ca. 800 m unterhalb der Staumauer Punt dal Gall (29.04.2013).



Abb.8: Oberer Spöl ca. 800 m unterhalb der Staumauer Punt dal Gall (09.07.2013).



Abb. 9: Oberer Spöl ca. 800 m unterhalb der Staumauer Punt dal Gall (14.06.2013).



Abb. 10: Oberer Spöl ca. 800 m unterhalb der Staumauer Punt dal Gall (09.07.2013).

B.2 Response of macroinvertebrates in the Spöl near Punt Periv to flow events in 2013

Autor: Christopher Robinson, EAWAG

Eawag has been monitoring the Spöl at Punt Periv since 1999 in response to the experimental flood program initiated in 2000. Measures of physico-chemistry along with macroinvertebrates have been recorded or collected at frequent intervals (mostly monthly) during that period. Synthesis papers on the results have been published in 2008 and 2012 (Robinson and Uehlinger 2008, Robinson 2012). Other relevant publications regarding ecosystem response of the Spöl to the experimental flood program can be found in the literature list.

In late March 2013, a sediment-spill event occurred in the Spöl from a reservoir release at Livigno that covered the river-bed surface with fine silt/sediment and caused the mortality of fish and invertebrates. Eawag began monitoring the recovery of macroinvertebrates in the Spöl at Punt Periv on a monthly basis, beginning in April 2013 using the same protocols used in the long-term monitoring program. In addition, a flushing flood was implemented in July 2013 to flush the fine sediments from the river bed and open (increase bed porosity) the river bed for biota (fish and macroinvertebrates). Eawag monitored macroinvertebrate drift, transported organic matter, and turbidity during this flood in 2013.

Dynamics during the flushing flood of 2013 (Fig. 1)

A flood was implemented on 9 July 2013 to flush the fine sediments in the Spöl below Livigno into the lower reservoir system. The flood began with a flow increase to ca. 20 m³/s for ca. 1.5 hours (ca. 8:15-9:45) followed by an increase to ca. 30 m³/s for 1 hour (ca. 10:00-11:00). Flow was then reduced to less than ca. 10 m³/s for a visual inspection of the river bed for ca. 1 hour (ca. 11:30-12:30) before being increased to ca. 40 m³/s for an additional hour (ca. 13:00-14:00) followed by a gradual decrease to baseflow conditions by ca. 15:30 (Fig. 1).

Turbidity (as NTUs) increased immediately with the initial increase in flow from values below 10 NTUs to values over 2000 NTUs as the fine sediment was mobilized (Fig. 1). Turbidity gradually decreased during the period flow was at 20 m³/s from the initial values of >2000 NTUs to values ca. 600 NTUs. Turbidity values increased again to ca. 1800 NTUs when flows were increased to ca. 30 m³/s before decreasing to near background levels (ca. 10 NTUs) during the period of low flow at ca. 10 m³/s. Once flows were increased to over 40 m³/s, turbidity values also increased but only to ca. 800 NTUs and decreased rapidly within the first 15-20 minutes of this secondary high flow.

Organic matter in transport (TOM) increased during the initial high flow (ca. 20 m³/s) from values near 1.0 mg/m³ to over 500 mg/m³ (Fig. 1). Two peaks were evident, an initial peak related to the flushing of surface sediments and a second peak likely related to material being mobilized within the surface sediments. TOM values quickly returned to baseflow values by ca. 9:30 with little increase during the flow increase to ca. 30 m³/s. Some small increases in TOM occurred during the flow increase to ca. 40 m³/s, but values were still less than 100 mg/m³.

The drift of macroinvertebrates increased substantially during the initial increase in flow (ca. 8:00) from ca. 7.0 ind/m³ to over 40 ind/m³ (Fig. 1). Drift density then decreased to ca. 12

ind/m³ by 8:30 and before flow was leveled ca. 20 m³/s. This initial peak followed a similar peak in turbidity and likely reflects macroinvertebrates being dislodged from the surface of the river bed. A second peak in drift then occurred ca. 9:30 but before the increase in flow to 30 m³/s. Drifting macroinvertebrates then decreased to background concentrations (or less) by 10:00 and remained low throughout the remaining period and regardless of the later increase in flow to ca. 40 m³/s. Only two taxa were common in the drift: the crustacean *Gammarus* and chironomid midges (Diptera).

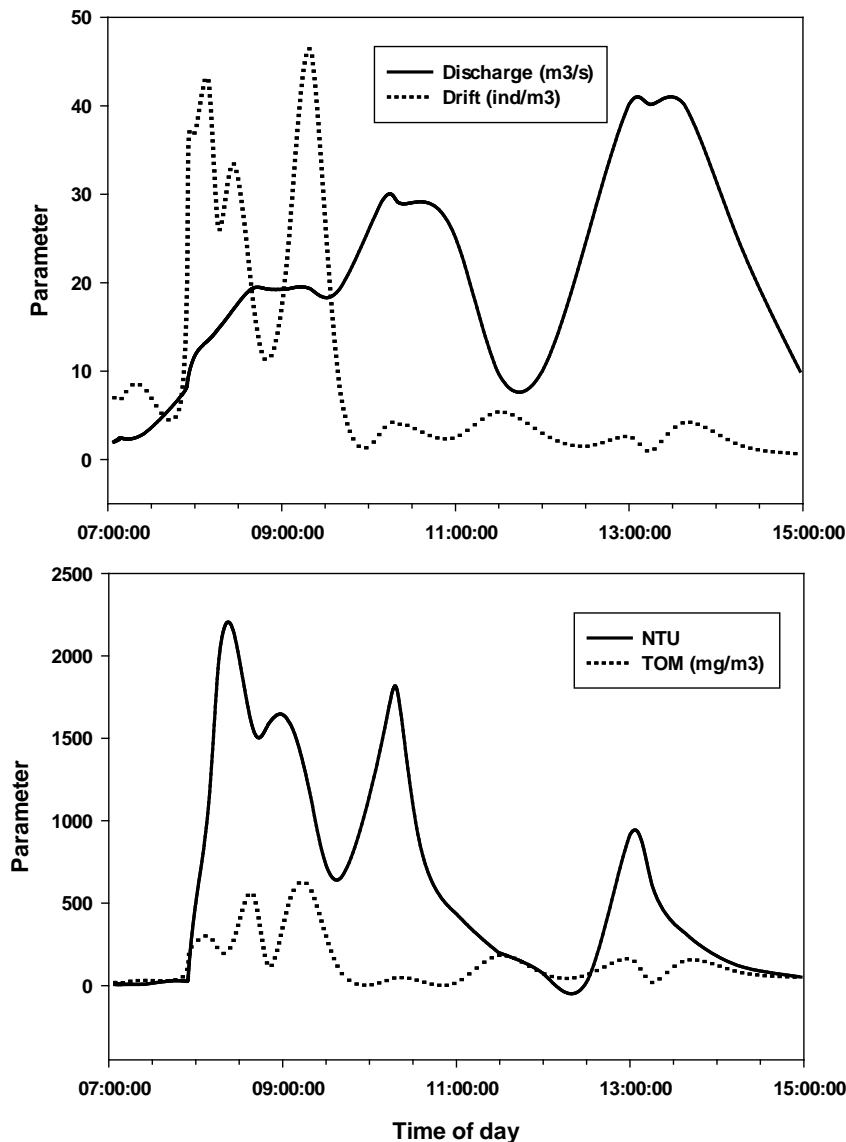


Figure 1. Plots of discharge, drifting macroinvertebrates (individuals/m³), turbidity (NTUs), and transported organic matter (TOM: mg dry mass/m³) during the flushing flood on 9 July 2013.

Macroinvertebrate response in 2013 in respect to historical patterns

Benthic macroinvertebrates have been sampled regularly at Punt Periv since 1999 (Fig. 2). The results for zoobenthic density and richness are given below. Before the flood program, average densities in the Spöl at Periv were ca. 20,000 ind/m² and mostly comprised the crustacean *Gammarus*. The initial floods in 2000 decreased densities below this level and

individual floods reduced macroinvertebrate densities between 70 and 90%. Recovery rates between floods were substantial, often attaining preflood values of over 20,000 ind/m². A transition occurred after 2006 with densities typically being less than average (ca. 15,000 ind/m²) and with the floods having a similar effect of reducing densities to low levels. Another transition occurred in 2011 with densities between floods reaching levels again above 20,000 ind/m².

In late 2012 (December), average macroinvertebrate density in the Spöl at Periv was ca. 5000 ind/m². The sediment event occurred in late March 2013 and sampling in April 2013 showed an average density of again 5000 ind/m² (Fig. 2). By summer and before the flushing flow in July, densities had reached over 10,000 ind/m². The flushing flow had a similar effect as previous experimental floods with densities again being quite low (<2000 ind/m²). Recovery was somewhat slow during summer (densities remained below 10,000 ind/m²), but densities rebounded to over 18,000 ind/m² by October and 20,000 in November 2013 that suggested substantial recovery within the first year.

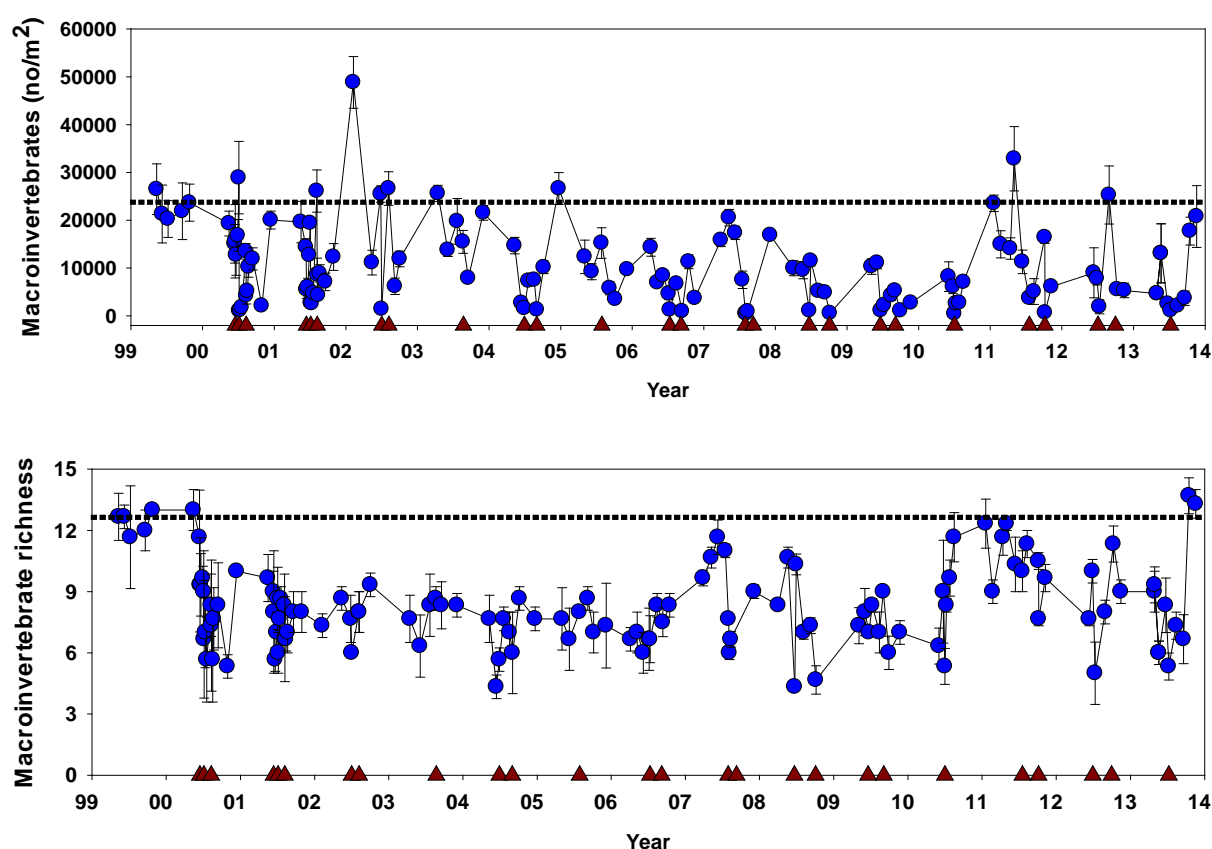


Figure 2. Plots of average macroinvertebrate density (no/m²) and taxonomic richness (no) at Punt Periv (mean \pm 1 standard error, $n = 3$) from 1999 until December 2013. The red triangles on the x-axis indicate when an experimental flood was implemented in the river. The dashed line represents the average value that was found in 1999 before the flood program began.

The taxonomic richness of macroinvertebrates (number of taxa) was also affected by the flood program (Fig. 2). Average richness in 1999 was ca. 13 taxa and the initial floods lowered that average value to less than 9 taxa (range 6-9 taxa). The initial reduction in taxa richness was due to the loss of some disturbance-prone species (species typical of systems with stable flows and lacking flood disturbance). This pattern remained from 2000 until 2007 when taxa richness increased to over 9 taxa on average. The floods had a similar response on taxa richness as with density with substantial decreases followed by recovery between floods. The increase in taxa richness post 2007 was due to new taxa colonizing the system (taxa more characteristic of other alpine streams and those showing more disturbance resistant traits). Taxa richness decreased following the sediment release to an average of 6 taxa and richness remained low until September 2013. Sampling in October and November 2013 showed a substantial increase in richness to an average ca. 14 taxa, values similar to those in 2011 and 2012. Importantly, these colonizing taxa were species typical of alpine streams that were present in the river in 2011 and 2012.

Implications and conclusions

The flushing flood had similar effects as previous experimental floods in the river with substantial increases in macroinvertebrate drift and transported organic material. Both measures respond to increases in flow in a passive way as bed sediments are mobilized and scoured. The flood was expected to reduce benthic densities and taxa richness as a known disturbance response. An interesting pattern was the lack of a second increase in these parameters when flows were increased to ca. 40 m³/s, suggesting most invertebrates and organic matter were associated with surface sediments perhaps in response to the clogging of the river bed from the sediment event and thus being flushed downriver with the flushing of these fine sediments. The lack of a second peak in these parameters provides good evidence that the flood was effective in flushing the river of the fine sediments deposited during the sediment event and that these sediments likely remained on the surface of the river bed and had not infiltrated into the river bed.

The sediment event initially resulted in a lower density and taxa richness of macroinvertebrates in the Spöl at Punt Periv. After the event, common taxa were the crustacean *Gammarus* and chironomid midges, and these were the two taxa most common in the drift during the flushing flood. By October, however, the density and richness of macroinvertebrates had increased to values found in 2011 and 2012, suggesting substantial recovery by the macrozoobenthos. Importantly, the taxa colonizing the system were typical species of alpine streams with natural flow conditions such as mayflies, stoneflies and caddisflies. The alpine turbellarian *Crenobia alpina* was also found in relatively high abundances. The question arises of course whether this rapid recovery will be sustained in 2014, but the ecological evidence supports a positive answer.

Even though the sediment event resulted in the initial loss of many taxa in the system, some plausible reasons may explain the rapid recovery in macrozoobenthos. One explanation may be that the sediment event occurred at a fortuitous period that coincided with the life histories of many aquatic insects in the river. For example, many taxa may have been in an egg diapause stage that allowed them to persist in the river as the fine sediments were slowly being

flushed downriver. If the sediment event occurred during the period of peak larval growth, recovery would likely have taken more time, perhaps even years.

Another explanation may simply be related to the fact that a more disturbance resilient assemblage was present in the system. The experimental flood program, although directed to the fishery, caused a shift in community assembly to one more alpine in character and comprising species that are expected to be more disturbance resistant than those inhabiting the river before the flood program was implemented. This explanation suggests that the experimental flood program increased the resilience of the ecosystem to unpredictable disturbances such as the sediment event. Although resistance to the event was low as would be expected following a catastrophic disturbance, resilience was pronounced and allowed the system to quickly recover. In some respects, the sediment event was an unexpected test of the experimental flood program in terms of increasing ecosystem resilience using adaptive flow management.

Relevant Literature

DODDS, W.K., C.T. ROBINSON, E.E. GAISER, G.J.A. HANSEN, H. POWELL, J.M. SMITH, N.B. MORSE, S.L. JOHNSON, S.V. GREGORY, T. BELL, T.K. KRATZ, AND W.H. McDOWELL. 2012. Surprises and insights from long-term aquatic data sets and experiments. *BioScience* 62: 709-721.

JAKOB, C., C.T. ROBINSON AND U. UEHLINGER. 2003. Longitudinal effects of experimental floods on stream benthos downstream from a large dam. *Aquatic Sciences: Research Across Boundaries* 65:223-231.

KONRAD, C. P., J.D. OLDEN, D.A. LYTLE, T. MELIS, J.C. SCHMIDT, E. BRAY, M. FREEMAN, K. GIDO, N. HEMPHILL, M. KENNARD, L. McMULLEN, M.C. MIMS, M. PYRON, C.T. ROBINSON, AND J. G. WILLIAMS. 2011. Large-scale flow experiments for managing river systems. *BioScience*, 2011: 948-959.

MANNES, S., C.T. ROBINSON, U. UEHLINGER, T. SCHEURER, J. ORTLEPP, U. MÜRLE AND P. MOLINARI. 2008. Ecological effects of a long-term flood program in a flow-regulated river. *Journal of Alpine Ecology* 1: 113-134.

ROBINSON, C.T. 2012. Long-term changes in community assembly, resistance and resilience following experimental floods. *Ecological Applications* 22: 1949-1961.

ROBINSON, C.T., S. AEBISCHER AND U. UEHLINGER. 2004. Immediate and habitat-specific responses of macroinvertebrates to sequential experimental floods. *Journal of the North American Benthological Society* 23: 853-867.

ROBINSON, C.T., M. DOERING, AND L. SEELEN. 2011. Importance of protected areas for freshwater biomonitoring – Case studies in Switzerland. *Eco.Mont* 3: 13-22.

ROBINSON, C.T., DOERING, M., ORTLEPP, J., MÜRLE, U., SCHUERER, T, and HALLER, H. 2013. Künstliche Hochwasser am Spöl: Ein Langzeitprojekt mit vielfältigem Nutzen. In HALLER, H., A. EISENHUT AND R HALLER (HRSG.): *Atlas des Schweizerischen Nationalparks. Die ersten 100 Jahre. Nat.park-Forsch. Schweiz* 99/1. Bern: Haupt Verlag, 202-203.

ROBINSON, C.T., P. MOLINARI, U. MÜRLE, J. ORTLEPP, T. SCHEURER, U. UEHLINGER AND M. ZAHNER. 2004. Experimental floods to improve the integrity of regulated rivers. *GAIA* 13: 186-190.

ROBINSON, C.T. AND U UEHLINGER. 2008. Experimental floods cause ecosystem regime shift in a regulated river. *Ecological Applications* 18:511-526.

ROBINSON, C.T., U. UEHLINGER AND M.T. MONAGHAN. 2003. Effects of a multi-year experimental flood regime on macroinvertebrates downstream of a reservoir. *Aquatic Sciences: Research Across Boundaries* 65:210-222.

ROBINSON, C.T., U. UEHLINGER AND M.T. MONAGHAN. 2004. Stream ecosystem response to multiple experimental floods from a reservoir. *River Research and Applications* 20:359-377.

UEHLINGER, U., B. KAWECKA AND C.T. ROBINSON. 2003. Effects of experimental floods on periphyton and stream metabolism below a high dam in the Swiss Alps (River Spöl). *Aquatic Sciences: Research Across Boundaries* 65:199-209.

B.3 Benthosentwicklung im Spöl von Ostern 2013 bis April 2014

Autoren: Uta Mürle & Johannes Ortlepp, HYDRA

Untersuchungsstellen und -termine

Nach dem Zwischenfall bei Punt dal Gall an Ostern 2013 (30. März 2013) wurden der Zustand und die Entwicklung der Zoobenthosbesiedlung durch mehrere Probenahmen dokumentiert. Die Bewertung der aktuellen Untersuchungsergebnisse erfolgt im Vergleich zu einer langjährigen Reihe von regelmässigen Untersuchungen seit 1997 jeweils im Frühjahr (Ende April/Anfang Mai) und Herbst (Ende Oktober).

Als Probestellen wurden die langjährigen Untersuchungsstellen S1 Punt dal Gall (400 m unterhalb Staumauer Pt dal Gall) und S3 Punt Periv (ca. 2,5 km unterhalb Staumauer Pt dal Gall) gewählt. Zusätzlich wurde eine Stelle S5 Zwischen Stauwurzel Ova Spin und den Zuflüssen aus dem Val dal Acqua gewählt. Weitere zunächst geplante Probenahmestellen konnten entfallen, da die drei gewählten das ganze Spektrum der Störung und Wiedererholung repräsentierten.



Abb. 1: Untersuchungsstellen

Als Probestermine wurden die im Langzeitmonitoring vorgegebenen Termine gewählt, da hierdurch die Vergleichbarkeit mit früheren Jahren uneingeschränkt möglich blieb. Der erste Termin am 27. April 2013, 4 Wochen nach dem Zwischenfall, dokumentiert das ganze Ausmass der Störung. Die Untersuchung vom 14. Juni 2013, 11 Wochen nach dem Zwischenfall, sollte vor allem abklären,

inwieweit und wie schnell eine Regenerationsspülung zur Wiederherstellung der Besiedlungsmöglichkeiten für das Zoobenthos erforderlich wäre, und in welchem Ausmass eine Wiederbesiedlung ohne weitere Massnahmen zu beobachten war. Die Untersuchungen vom 22. Oktober 2013 und vom 01. Mai 2014 entsprechen wieder den regelmässigen Langzeituntersuchungen der Nationalparkgewässer. Die geplante Probenahme an S5 am 1. Mai 2014 musste aus logistischen Gründen entfallen (Witterung, Erreichbarkeit).

Tab. 1: Untersuchungsstellen und Termine

Untersuchungsstelle		Lage	Bemerkung	2013	2013	2013	2014
S1	Punt dal Gall	400 m unterhalb Staumauer Pt dal Gall	Langzeitmonitoring	27.04.	14.06.	22.10.	01.05.
S2	Abfischstrecke 1		entfällt (Charakter zwischen S1 und S3)				
S3	Punt Periv	ca. 2,5 km unterhalb Staumauer Pt dal Gall	Langzeitmonitoring	27.04.	14.06.	22.10.	01.05.
S4	unterhalb Val dal Acqua		entfällt (bereits S3 nur gering geschädigt)				
S5	oberhalb Praspöl	ca. 4,5 km unterhalb Staumauer Pt dal Gall		27.04.	14.06.	22.10.	-

Methodik

Die Benthosproben wurden mittels Kicksampling (entsprechend Modul-Stufenkonzept Stufe F) entnommen. Die Gesamtprobe über eine Fläche von 0,27 m² setzt sich aus 3 Teilproben aus dem Bereich einer Rinne, eines Riffles und vom Gewässerrand zusammen.

Punt dal Gall

Im April 2013 war eine deutliche Schädigung der Benthosbesiedlung zu erkennen. Mücken (Diptera), Würmer (Oligochaeta) und Strudelwürmer (Turbellaria) waren noch in Resten vertreten, die typischen Eintags- (Ephemeroptera) und Steinfliegen (Plecoptera) fehlten. Auch die Bachflohkrebse (Amphipoda), die seit der 2ten Hälfte der 1990er Jahre dichte Populationen aufgebaut hatten, waren bis auf kümmerliche Reste verschwunden.

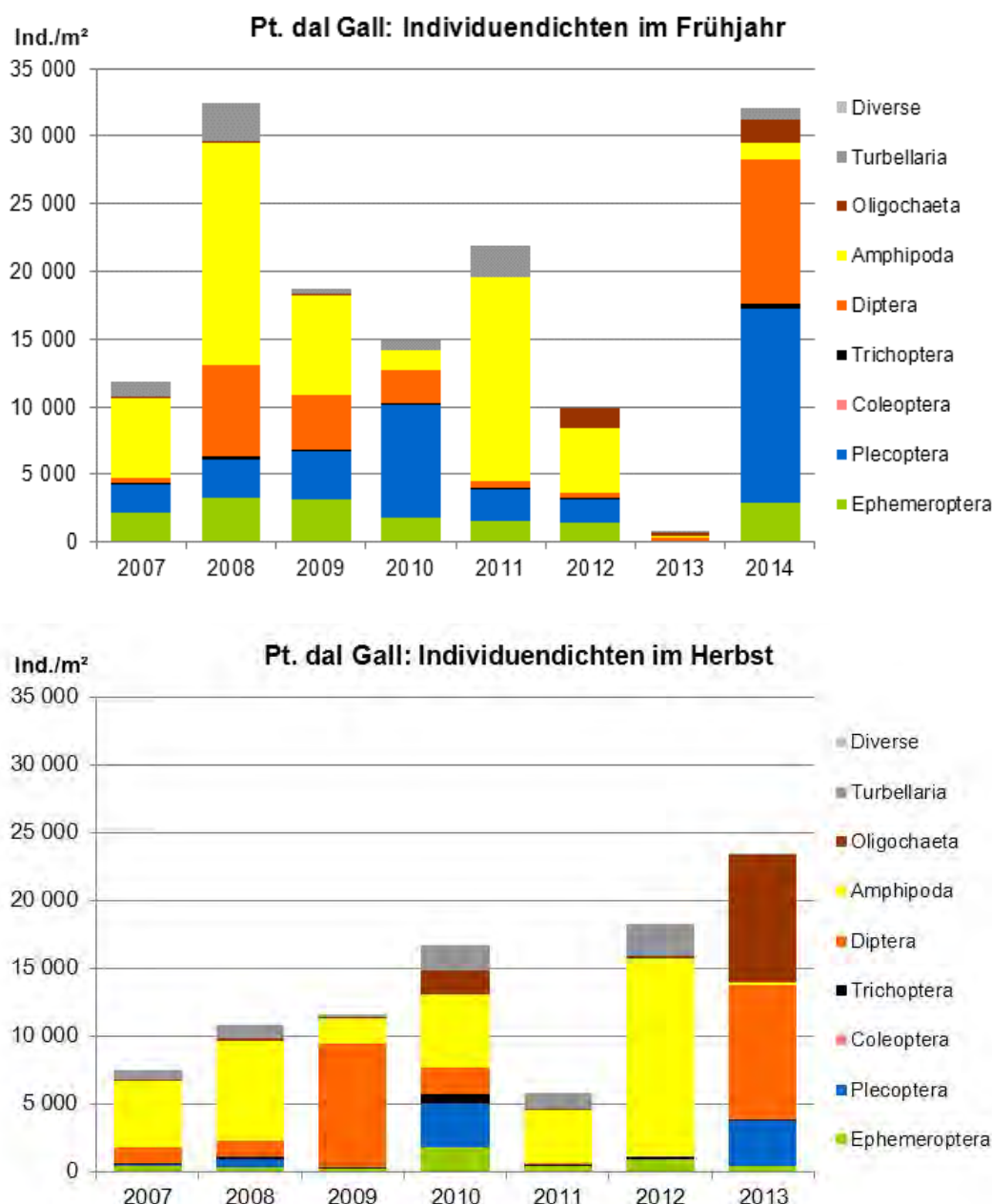


Abb. 2: Benthosbesiedlung bei Punt dal Gall im Frühjahr (oben) und im Herbst (unten); Entwicklung seit 2007

Punt Periv

Die Benthosbesiedlung bei Pt. Periv lag Ende April 2013 bei 25-30% eines normalen Jahres. Mücken (Diptera) waren dabei überdurchschnittlich vertreten, während die typischen Eintagsfliegen (Ephemeroptera) fast völlig fehlten.

Bis zum Herbst 2013 hatte sich die Benthosbesiedlung bei Pt. Periv fast vollständig erholt. Mücken und Würmer waren noch überdurchschnittlich vertreten, fast alle übrigen Gruppen aber bereits in ihren typischen Dichten. Einzig die Bachflohkrebse (Amphipoda) liessen einen gewissen Rückgang erkennen, der mit dem Mangel an Moosbewuchs zu erklären sein dürfte (vgl. Pt. dal Gall).

Anfang Mai 2014 war eine ausserordentlich dichte und artenreiche Besiedlung entwickelt, die sich vorwiegend aus den gewässertypischen Arten zusammensetzte. Prägend waren die Eintags- und Steinfliegen mit typischen Arten, daneben auch Fliegen- und Mückenlarven, aber auch Bachflohkrebse in den langjährig gewohnten Dichten. Die Taxazahl lag mit 23 unterschiedenen Taxa höher als das langjährige Mittel (19 Taxa).

Die Benthosbesiedlung bei Punt Periv hatte sich nach einer deutlichen Schädigung direkt nach dem Zwischenfall bereits im Herbst 2013 weitgehend erholt. Ein Jahr nach dem Zwischenfall ist keine Schädigung mehr zu erkennen.

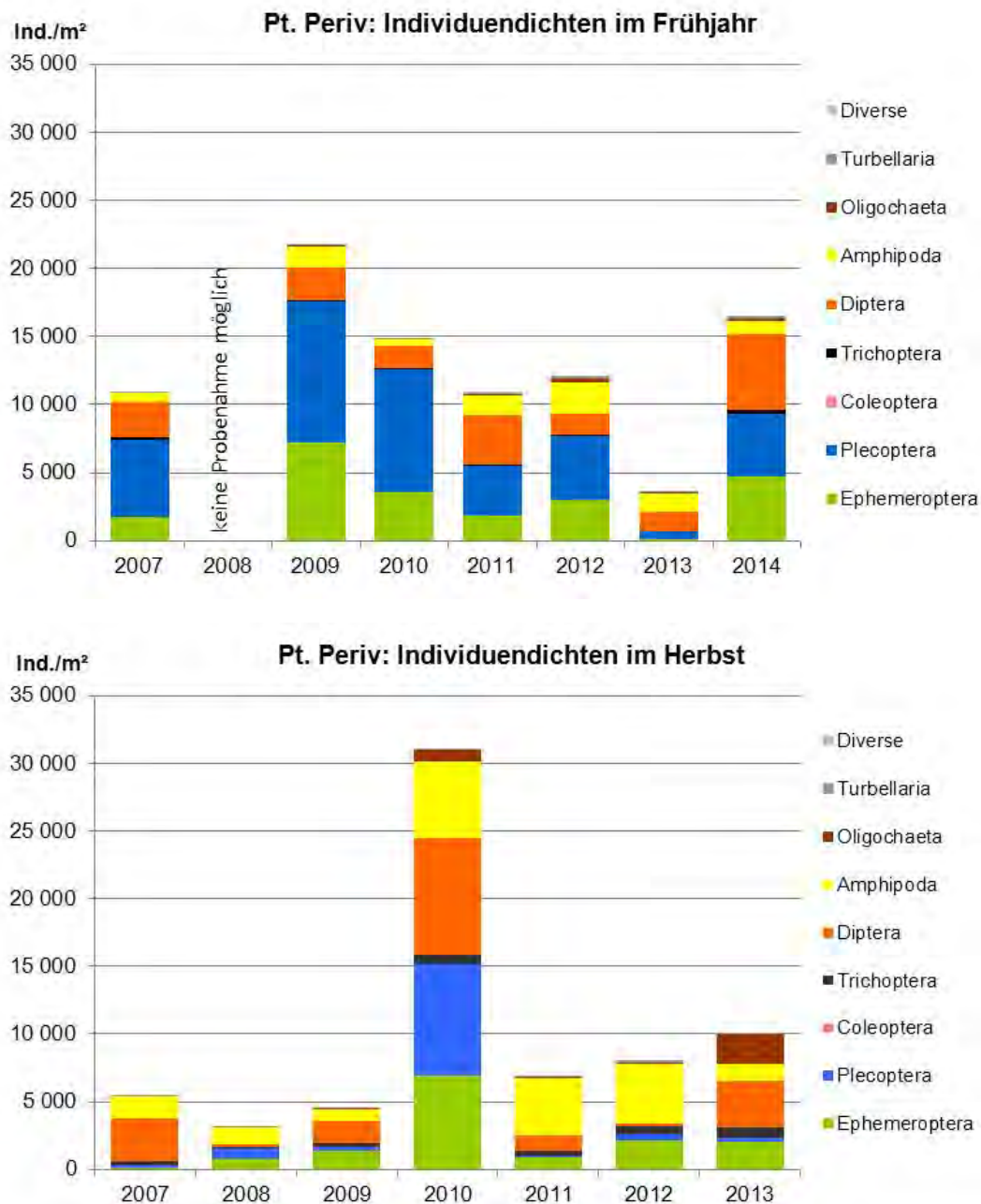


Abb. 3: Benthosbesiedlung bei Punt Periv im Frühjahr (oben) und im Herbst (unten); Entwicklung seit 2007

Oberhalb Praspöl

Die Benthosbesiedlung bei Praspöl scheint vom Oster-Zwischenfall wenig oder nicht beeinträchtigt worden zu sein.

Die vergleichsweise geringe Besiedlung dieser Stelle ist auf das instabile Substrat und die vorherrschende starke Strömung zurückzuführen. Beide Faktoren verhindern einen stärkeren pflanzlichen Bewuchs, welcher die Grundlage für eine dichtere Benthosbesiedlung wäre.

Die Zusammensetzung der Besiedlung mit einem hohen Anteil anspruchsvoller Steinfliegenlarven bereits im April 2013 betont die geringen Auswirkungen des Oster-Zwischenfalls in diesem Flussabschnitt.

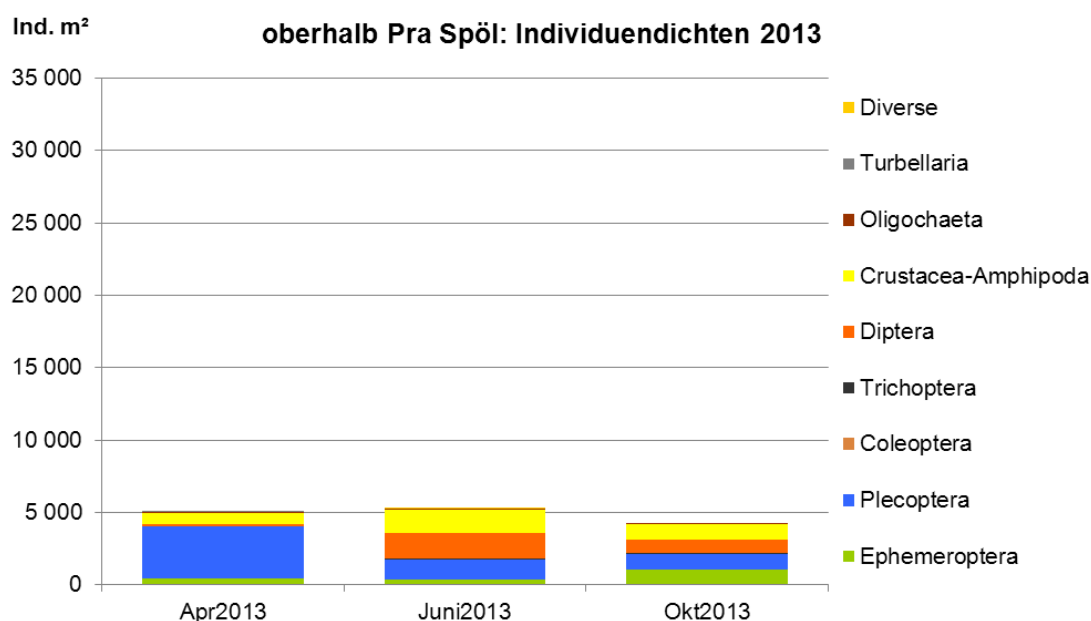


Abb. 4: Benthosbesiedlung oberhalb Praspöl im Jahr 2013

Entwicklung der Benthosbesiedlung im Spöl nach Ostern 2013 – Zusammenfassung

Benthosdichten

Nach dem Zwischenfall von Ostern 2013 zeigte die Benthosbesiedlung des Spöl direkt unterhalb der Staumauer einen fast völligen Ausfall, bei Punt Periv noch deutliche Schädigungen während im Bereich von Praspöl keine Schädigungen nachgewiesen werden konnten.

2¹/₂ Monate nach dem Zwischenfall – noch vor der Regenerations-Spülung – war die Besiedlung an den geschädigten Stellen durch Zunahme der Mücken- und Fliegenlarven wesentlich dichter geworden, die taxonomische Zusammensetzung der Besiedlung liess aber noch deutlich die Schädigung erkennen (s.u.).

Nach der Regenerations-Spülung nahm die Besiedlungsdichte an den beeinträchtigten Stellen (Pt. dal Gall & Pt. Periv) bis Oktober 2013 deutlich zu, bei der nicht - oder nur wenig - beeinträchtigten Stelle Praspöl blieb sie weitgehend konstant. Die Besiedlungsdichten erreichten dabei das normale Niveau der vorangehenden Jahre oder übertrafen dieses sogar.

An der nicht - oder nur wenig - beeinträchtigten Stelle Praspöl bleibt die Besiedlung weitgehend konstant.

1 Jahr nach dem Zwischenfall übertraf die Besiedlungsdichte an allen untersuchten Stellen das normale Niveau der vorangehenden Jahre deutlich.

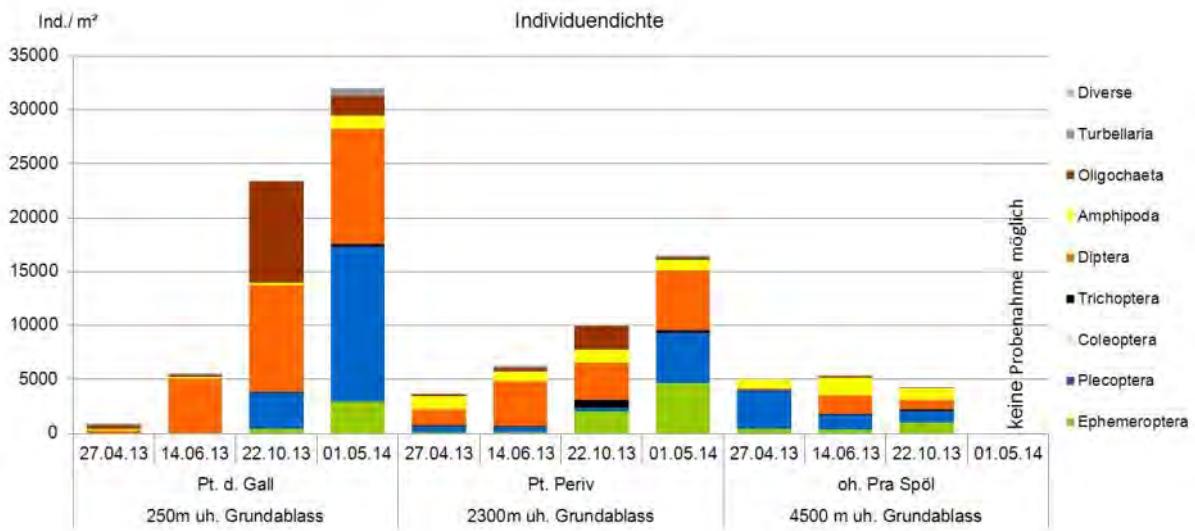


Abb. 5: Entwicklung der Benthosbesiedlung des oberen Spöl nach dem Zwischenfall von Ostern 2013

Benthoszusammensetzung

Nach dem Zwischenfall von Ostern 2013 ist das Benthos bei Punt dal Gall bis auf einige Würmer und Mückenlarven weitgehend verschwunden. Deutlich vielseitiger ist die Besiedlung bei Punt Periv, wenn auch zahlenmässig deutlich reduziert (s.o.). Bei Praspöl ist eine weitgehend normale Besiedlung zu finden, die aufgrund des Gewässercharakters aber nicht sehr zahlreich ist.

2¹/₂ Monate nach dem Zwischenfall haben - entsprechend der jahreszeitlichen Entwicklung - an allen Stellen die Mückenlarven deutlich zugenommen, während ansonsten kaum neue Taxa hinzukamen oder sich deutlich vermehrt hatten.

Nach der Regenerations-Spülung normalisierte sich die Taxazusammensetzung an den beeinträchtigten Stellen (Pt. dal Gall & Pt. Periv) weitgehend, bei der nicht - oder nur wenig - beeinträchtigten Stelle Praspöl änderte sie sich nur wenig.

1 Jahr nach dem Zwischenfall wiesen die beeinträchtigten Stellen einen Taxareichtum auf, der über dem Mittel der vorangegangenen Jahre lag. Die Benthoszusammensetzung hat sich weitgehend normalisiert. Allerdings stellten Mückenlarven und Würmer noch einen ungewöhnlich hohen Anteil am Benthos. Die bachtypischen Gruppen der Stein- und Eintagsfliegen traten jedoch bereits wieder in ‚normal‘ hohen Zahlen auf, wobei einige zuvor seltene oder fehlende Gebirgsbacharten in grösserer Zahl auftraten. Stark reduziert blieb dagegen noch der Anteil der Bachflohkrebse.

Fazit Benthosbesiedlung

Ein Jahr nach dem Zwischenfall, Anfang Mai 2014, kann eine weitgehende Erholung des Benthos der zuvor geschädigten Strecken des Spöl konstatiert werden. Es werden überdurchschnittliche Besiedlungsdichten erreicht, vor allem auch in den gewässertypischen Gruppen (Stein- und Eintagsfliegen), die Taxazahl liegt an beiden betroffenen Stellen deutlich über dem langjährigen Mittel und vor allem bei Punt dal Gall werden gewässertypische Arten/Gruppen beobachtet, die lange fehlten oder selten waren (Eintagsfliegen: Heptageniidae u.a. *Rhithrogena alpestris*, Steinfliegen: *Isoperla rivulorum*).

Zumindest bei Punt dal Gall sind bislang noch die Bachflohkrebse deutlich seltener als vor dem Zwischenfall. Diese Gruppe ist zwar in Gebirgsgewässern eher selten, ist aber im restwasserbestimmten Spöl normalerweise sehr stark vertreten. Es ist davon auszugehen, dass sich nach der Wiederbesiedlung des Spöl durch Wassermoose und Algenbüschel auch diese Gruppe in den gewohnten Dichten wieder findet, wie es bei Pt. Periv bereits der Fall ist.

- Die Benthosbesiedlung ist nach dem Oster-Zwischenfall bei Pt. dal Gall, aber auch bei Pt Periv deutlich geschädigt.
- An den geschädigten Stellen nimmt die Besiedlung bis Juni deutlich zu – zunächst jedoch nur die Mückenlarven.
- Nach der Regenerations-Spülung Juli 2013 erholen sich fast alle Gruppen bis Oktober 2013 deutlich.
- Im Mai 2014 werden ungewöhnlich hohe Benthosdichten bei hoher Taxavielfalt festgestellt.

Legende: *latein* - *deutsch*

■ Diverse	■ Diverse
■ Turbellaria	■ Plattwürmer
■ Oligochaeta	■ Ringelwürmer
■ Crustacea-Amphipoda	■ Flohkrebse
■ Diptera	■ Fliegen & Mücken
■ Trichoptera	■ Köcherfliegen
■ Coleoptera	■ Käfer
■ Plecoptera	■ Steinfliegen
■ Ephemeroptera	■ Eintagsfliegen

B.4 Zustandbericht Fische 2014

Autoren: Peter Rey, Stefan Werner, HYDRA; Nicola Gaudenz, Marcel Michel, AJF

Arbeitsgruppen und Befischungsstrecken

Bei einer zweiten Kontrollbefischung nach dem Schadensereignis wurde am 29.04.2014, genau ein Jahr nach der ersten Kontrolle, der obere Spöl noch einmal zwischen Punt Periv und dem Grundablass Punt dal Gall elektrisch befischt. Dabei wurden Vergleiche sowohl gegenüber der Referenzbefischung 2010, als auch gegenüber der Befischung vor genau einem Jahr – ein Monat nach dem Schadensereignis – gezogen (Tab. 1). Die Gruppe des AJF, geleitet von Fischereiaufseher Nicola Gaudenz, befischte in zwei Durchgängen wieder die 200 m lange „kantonale“ Teststrecke – ca. 1300 m bis 1100 m unterhalb Punt dal Gall. Nicht wiederholt wurde die Befischung der Strecke oberhalb der Stauwurzel bei Punt Praspöl. Dieser Bachabschnitt zeichnete sich schon letztes Jahr durch eine saubere Bachsohle aus. Der Fischbestand konnte als normal klassiert werden, auch wenn lediglich punktuell abgefischt wurde und keine Referenzdaten vorhanden waren.

Die Gruppe HYDRA untersuchte mit gleichem Equipment und gleichem Aufwand wie 2013 die Strecke zwischen Punt Periv und Punt dal Gall. Wegen des höheren Fischvorkommens gegenüber 2013 wurde auf die Untersuchung der beiden Quellbäche oberhalb Punt Periv verzichtet. Mit insgesamt 2210 m Streckenlänge (AJF + HYDRA) wurden an diesem Tag rund 47 % des freifliessenden oberen Spöllaufs (gesamt 4700 m) fischereilich untersucht.

Als Referenz für den Ausgangszustand wurde wieder die letzte Erfassung auf der Teststrecke des AJF vom 20.5.2010 herangezogen. Hiervon ist ein Bachforellenbestand von 305 Individuen auf 200 m Fliessstrecke (153 Ind./100 m) belegt. Weitere Überlegungen zur Fangeffizienz decken sich mit den Ausführungen zu den Ergebnissen 2013 (vgl. Kap. 5.3).



Abb. 1: Linkes Bild: Einige tiefere Pools konnten nur zu einem kleinen Teil befischt werden. Die Ergebnisse für die Seesaiblinge wurden auf die Gesamtfläche hochgerechnet. Rechtes Bild: Engstelle mit Absturz, ca. 650 m oberhalb Punt Periv, ein temporäres Wanderhindernis für aufsteigende Fische.

Ergebnisse und Abschätzungen: Bachforellen

Auf der befischten Strecke zwischen Punt Periv und Punt dal Gall (ohne AJF-Teststrecke) wurden insgesamt 336 Bachforellen (BF) nachgewiesen (behändigt und entkommen). 15 BF davon wurden für die nicht befischten Quellbäche hinzugerechnet (entsprechend der 2013 behändigten Tiere). Rund ein Dutzend Bachforellen, die im Becken unterhalb der hydrologi-

schen Messstation beim Steigen nach Anflugnahme beobachtet wurden (MICHEL, GAUDENZ, pers. Mitt.), blieben dabei unberücksichtigt.

Aus den vergleichenden Längen-Häufigkeitsbeziehungen (2013 gegenüber 2014) (Abb. 2), die für die Bachforellen (Teil Team HYDRA) aufgetragen wurde, lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die Individuenzahl der Bachforellen auf der untersuchten Strecke hat gegenüber 2013 um etwa das Doppelte zugenommen.
- Die Populationsstruktur ist noch immer gestört und die einzelnen Altersklassen lassen sich nicht eindeutig voneinander abgrenzen; vor allem die Klasse der ein- und zweijährigen Forellen ist gegenüber den noch älteren Fischen deutlich unterrepräsentiert.
- Da wir von einer funktionierenden Naturverlaichung ausgehen können (vor und nach dem Schadensfall, vgl. Kap. 7.3), führen wir dieses Bild auf das Schadensereignis zurück. Vermutlich sind vor allem die damaligen 0+ (falls bereits geschlüpft) und 1+-Fische in Mitleidenschaft gezogen worden (Tod oder Abdrift), während grosse, schwimmstarke Individuen im Spöl überlebt haben bzw. aus dem Becken Ova Spin wieder aufgestiegen sind.
- Ein grosser Teil der in der Untersuchung 2013 noch vermissten Altersklasse > 2+ ist in 2014 wieder stark vertreten. Die in Kap. 5.3 geäusserte Vermutung, dass diese Tiere beim Schadensereignis nur abgedriftet/abgewandert sind und wieder an ihre angestammten Standorte zurückkehren werden, scheint sich bewahrheitet zu haben.

Während 2013 in der AJF-Teststrecke keine einzige Bachforelle gefangen wurde, konnten 2014 bereits 20 Bachforellen nachgewiesen werden. Wie in den anderen Bachabschnitten vom oberen Spöl ist die Grössenklassenverteilung weiter gestört. In der Teststrecke konnten keine 1+ oder 2+ Fische nachgewiesen werden. Die gefangenen Bachforellen waren alle zwischen 17 und 30 cm gross.

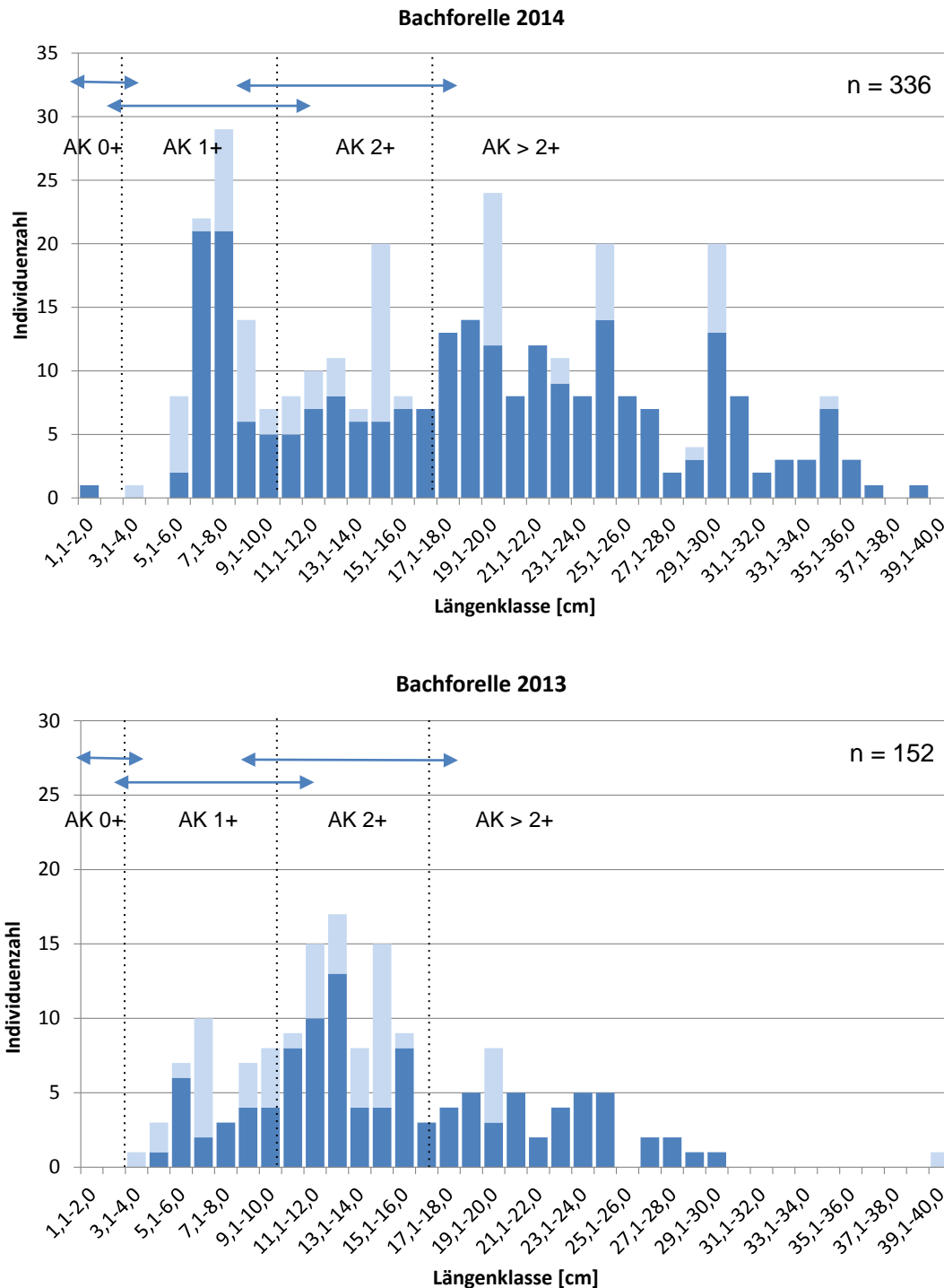


Abb. 2: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der am 29.04.14 (oben) und vor einem Jahr (unten) zwischen Punt Periv und Punt dal Gall erfassten Bachforellen. Hellblaue Balken: nachgewiesene, aber entkommene Individuen (Längen geschätzt). Zu den 2014er Ergebnissen wurden 15 Individuen dazugezählt (ebenfalls hellblau), die 2013 in begleitenden Quellbächen nachgewiesen und 2014 nicht befischt wurden. Die gestrichelten Linien und sich überschneidenden Pfeile geben den geschätzten Längenbereich einzelner Altersklassen wieder. (Bsp.: AK 1+ = Altersklasse der über einjährigen Forellen).

Betrachtet man die gesamte befischte Strecke, so zeigen sich immer noch erhebliche Unterschiede in der Besiedlung einzelner Abschnitte. Für den Abschnitt direkt oberhalb Punt Periv ergeben sich 2014 rechnerisch Dichten von 124 Bachforellen pro 100 m Bachstrecke (2013:

58 BF/100 m) (Tab. 1). Die Engstelle ca. 650 m oberhalb Punt Periv mit ihrem ca. 1,2 m hohen (zeitweise umschwimbaren) Absturz wurde zwischenzeitlich offenbar erst von wenigen Bachforellen überwunden, was auch schon aus den Ergebnissen der Laichgrubenkartierung im Herbst 2013 abzulesen war (Kap. 7.3). Oberhalb der Engstelle halten sich im April 2014 noch immer nicht mehr als 6,4 BF/100 m auf (2013: 1,1 BF/100 m). Auch zwischen Engstelle und hydrologischer Messstation lässt sich noch einmal eine Ausdünnung der BF-Dichten nach oben hin beobachten. Die Ergebnisse der vom Team AJF befischten 200 m-Teststrecke unterhalb Punt dal Gall bestätigen diese Abschätzung (2014: 10 BF/100 m; 2013: 0 BF/100 m).

Die hydrologische Messstation unterhalb Punt dal Gall stellt demgegenüber ein für Fische unüberwindliches Aufstiegshindernis dar. Ausgehend von der Annahme, dass oberhalb der Station kein zuvor im Spöl lebender Fisch das Schadensereignis überlebt hat (vgl. Kap 5.3), müssen alle hier nachgewiesenen Individuen aus dem See ausgeschwemmt worden sein. 2013 waren dies 22 Seesaiblinge und eine Elritze, 2014 drei Seesaiblinge und eine Bachforelle (mit der für den See typischen silbrigen Färbung ohne rote Punkte).

Tab. 1: Berechnung der Individuenzahl Bachforellen pro 100 m Spölstrecke auf den verschiedenen Abfischstrecken und in den Kontrolljahren 2013 und 2014. Vergleich mit Testbefischungen zwischen 1990 und 2010 (Referenz für 100% Fangeffizienz, blau hinterlegt).

Jahr	Abschnitt	Team	Länge	Fangeffizienz (FE)	Fangzahl BF	Ind. BF /100 m	Korrigiert auf FE 100%
2013	oh. Praspöl	AJF	400 m	ca. 60 %	101	25	42
2014	oh. Praspöl	2014 nicht befischt					
2013	Periv bis Engstelle (+Quellbäche)	HYDRA	650 + 45 m	ca. 40 %	153	23,4	58
2014	Periv bis Engstelle (ohne Quellb.)	HYDRA	650 m	ca. 40 %	285 +15	46,2	124
2013	Engstelle bis Punt dal Gall (ohne AJF Teststrecke)	HYDRA	1450 m	ca. 40 %	6	0,36	1
2014	Engstelle bis Punt dal Gall (ohne AJF Teststrecke)	HYDRA	1450 m	ca. 40 %	36	2,5	6,4
2013	AJF Teststrecke	AJF, SNP	200 m	100 %	0	0	0
2014	AJF-Teststrecke	AJF, SNP	200 m	100 %	20	10	10
2010	AJF Teststrecke	AJF, HYDRA	200 m	100 %	305	153	Referenz: 152,5
Ältere Daten (1990: Grundablassspülung Punt dal Gall; 2000: erste künstlich erzeugte Hochwässer)							
2003	AJF Teststrecke	AJF, HYDRA	200 m	100 %	194	97	97
2000	AJF Teststrecke	AJF, HYDRA	200 m	100 %	103	51,5	51,5
1999	AJF Teststrecke	AJF, HYDRA	200 m	100 %	175	87,5	87,5
1990	AJF Teststrecke	AJF, HYDRA	200 m	100 %	73	36,5	36,5

Vergleichende Bestandsabschätzungen der Bachforellen

Die Vorgehensweise für eine Bestandsabschätzung wird im Rahmen der ersten Schadenserhebung (Kap. 5.3) beschrieben. Die entsprechenden Basisdaten sind Tab. 1 zu entnehmen. Der geschätzte Bachforellenbestand 2014 beläuft sich auf über 850 Fische zwischen Punt Periv und Punt dall Gall (2013: 350 bis 400 überlebende Bachforellen). Im gesamten freifliessenden oberen Spöl (Länge 4700 m Punt dal Gall bis Stauwurzel Praspöl) kann der Bestand auf einer Länge von rund 3050 m (unterhalb Engstelle) konservativ auf 3350 Individuen (2013:

1685 überlebende Bachforellen) geschätzt werden. Gegenüber 2013 bedeutet dies eine Verdoppelung der Fischdichte (+98,8 %). Gegenüber 2010 halten sich derzeit aber noch immer über 50 % weniger Bachforellen im oberen Spöl auf (geschätzte rund 7100 Ind. gegenüber 3350 Ind. für die gesamte Fließstrecke).

Tab. 2: Abschätzung der BF-Zahlen über die gesamte Fließstrecke des oberen Spöl zwischen Punt dal Gall und Stauwurzel Ova Spin. Vergleich der Kontrollbefischungen 2013/2014 mit den Testbefischungen vom Mai 2010 (Referenz für 100 % Fangeffizienz, blau hinterlegt) und früheren Untersuchungen.

Jahr	befischte Abschnitte (m)	Ind. BF /100 m	nicht befischte Abschnitte (m)	Ind. BF /100 m	Abschätzung der Gesamtzahl BF auf 4700 m Fließstrecke
2013	2660	58 (1,1)	2040	55	1685
2014	2210	124 (6,4)	2490	100	3349
2010	200	152,5	4500	152,5	7167
2003	200	97	4500	97	4559
2000	200	51,5	4500	51,5	2420
1999	200	87,5	4500	87,5	4112
1990	200	24	4500	36,5	1128

Bestand der Seesaiblinge im oberen Spöl

Die Herkunft der im Spöl 2013 und nun auch 2014 nachgewiesenen Seesaiblinge wird im Rahmen der ersten Schadenserhebung (Kap. 5.3) erläutert. Auch 2014 konnte innerhalb der befischten Strecke zwischen Punt Periv und Punt dal Gall wieder eine grössere Zahl von Seesaiblingen nachgewiesen werden. Insgesamt wurden 60 Individuen (inkl. AJF-Teststrecke) behändigt, 70 Tiere wurden für die nicht befischbaren Becken-Abschnitte hinzugerechnet (Zuordnung entsprechend der Grössenverteilung der gefangenen Individuen) (Abb. 3). Die Saiblinge verbrachten das vergangene Jahr offenbar in den tieferen Pools, von denen es mehrere entlang des oberen Spöls gibt. Auch die Regenerations-Spülung vom 09.07.2013 änderte nur wenig an diesem Phänomen. Innerhalb der Fließstrecken zwischen solchen Pools konnten 2014 allerdings nur noch einzelne Individuen nachgewiesen werden (vgl. Abb. 5). Im Gegensatz zu den Bachforellen ist bei den stagnophilen Seesaiblingen weitgehend auszuschliessen, dass abgedriftete/abgewanderte Individuen aus dem Ausgleichsbecken Ova Spin wieder in den Spöl zurückgekehrt sind.

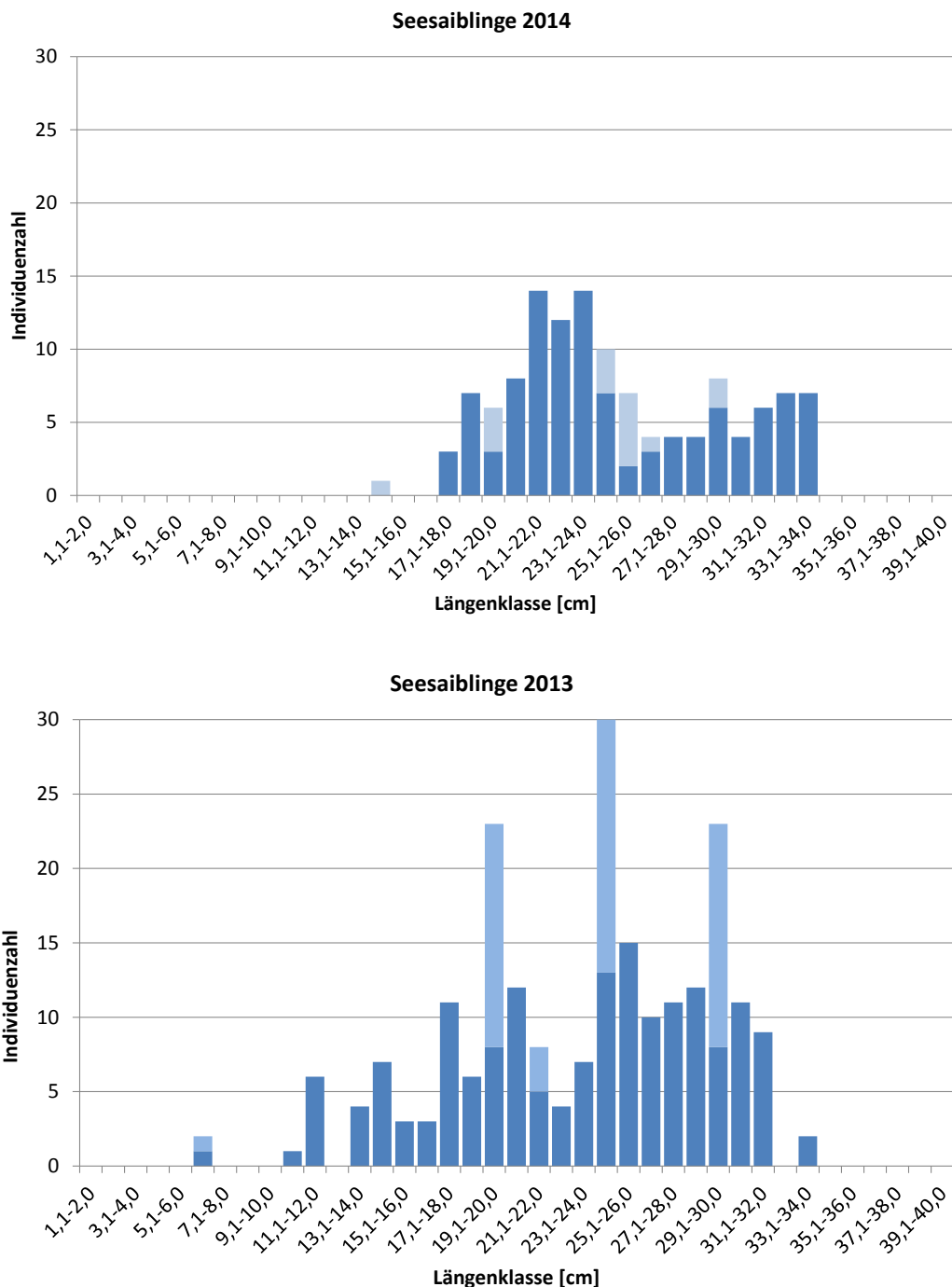


Abb. 3: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der am 29.04.2014 (oben) und am 29.04.2013 (unten) zwischen Punt Periv und Punt dal Gall erfassten und abgeschätzten Seesaiblinge. Hellblaue Balken: entkommene Individuen (Längen geschätzt).

Wie im vergangenen Jahr, so waren auch dieses Mal die Saiblinge oberhalb der Engstelle häufiger als unterhalb. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im oberen Abschnitt eine grössere Zahl geeigneter Zufluchtsräume (tiefe Becken) für die Fische anzutreffen ist, die ursprünglich aus dem Livignosee eingespült wurden. Insgesamt schätzen wir die noch verbliebene Zahl an Seesaiblingen zwischen Punt Periv und Punt dal Gall auf knapp 320 Tiere (2013: ca. 560 Tiere). Dies bedeutet, dass erst etwas mehr als 1/3 der Seesaiblinge (ca. 37 %) seit vergangem Jahr verendet oder in das Becken Ova Spin abgewandert/abgedriftet ist. Auf eine

Hochrechnung des Saiblingsbestands auf den gesamten oberen Spöl wird wie 2013 wegen der unterschiedlichen Verteilung und Ausprägung geeigneter Habitate verzichtet.

Wir nehmen an, dass sich die stagnophilen Seesaiblinge im Spöl nicht reproduzieren, auch nicht in den tieferen Becken, die von den künstlichen Hochwässern möglicherweise nicht durchspült werden. Die Annahme wird durch die Beobachtung gestützt, dass keine 1+ Saiblinge oder noch jüngere Individuen im Spöl gefunden wurden. Es ist somit davon auszugehen, dass die Art in absehbarer Zeit, spätestens nach Ende ihrer Lebensspanne, wieder aus dem Spöl verschwindet.

Weitere Fischarten

Neben den oben vorgestellten Ergebnissen zu den Bachforellen und Seesaiblingen wurden noch zwei Regenbogenforellen (unterhalb Engstelle) und vier Elritzen gefangen.

Gesundheitszustand und Kondition der Tiere

Eine der von uns gefangenen Forellen zeigte eine leichte Verpilzung durch *Saprolegnia*. Ansonsten waren bei keinem Tier Schädigungen oder Deformationen feststellbar.

Die Ergebnisse der am 2. Mai 2014 durchgeführten Benthosuntersuchungen (Mürle & Ortlepp, Kap. 8.2) belegen die auch von uns gemachte Beobachtung, dass im oberen Spöl derzeit eine ungewöhnlich grosse Menge von Benthosorganismen – und am Tag der Abfischung auch von Anflugnahrung – als potentielle Fischnährtiere zur Verfügung stehen. Die in der Teststrecke des AJF gefangenen Fische zeigten alle einen Konditionsindex zwischen 1,0 und 1,6 auf, was auf eine sehr gute Ernährungssituation im Bach hinweist. Im Moment finden die relativ wenigen Fische ein reichhaltiges Nahrungsangebot bei geringer Konkurrenz vor. Dieser Umstand spiegelt sich in der offensichtlich sehr guten Kondition der Bachforellen wieder (Abb. 4).

Fazit Fischbesiedlung

Ein Jahr nach dem Schadensereignis am oberen Spöl zeigt die angestammte Bachforellenpopulation bereits wieder eine deutliche Erholung. Ein Monat nach dem Ereignis 2013 wurde noch ein Totalausfall der Bachforellen auf den ersten ca. 900–1000 Metern Fliesstrecke unterhalb von Punt dal Gall festgestellt. Im weiteren Bachverlauf hatten allerdings etwa ein Drittel der ursprünglichen Individuen überlebt (> 58 Ind./100 m). Bei den aktuellen Erhebungen konnten mit 124 Individuen/100 m eine gegenüber 2013 doppelt so hohe Dichte abgeschätzt werden (Abb. 5). Damit liegt der aktuelle Forellenbestand des oberen Spöl zwar noch rund 50 % unter dem Referenzergebnis von 2010 (152 Ind./100 m), aber bereits nahe an oder schon über den Dichten früherer Jahre (vgl. Tab. 1). Dabei ist anzumerken, dass sich Dichten über 90 BF/100 m überhaupt erst nach Beginn der künstlichen Hochwasserversuche im Jahr 2000 eingestellt haben.



Abb. 4: Ein überwiegender Teil der am 29.04.2014 im oberen Spöl gefangenen Bachforellen war aussergewöhnlich gut konditioniert. Ihre Mägen waren voller Benthos-/Anflugnahrung.

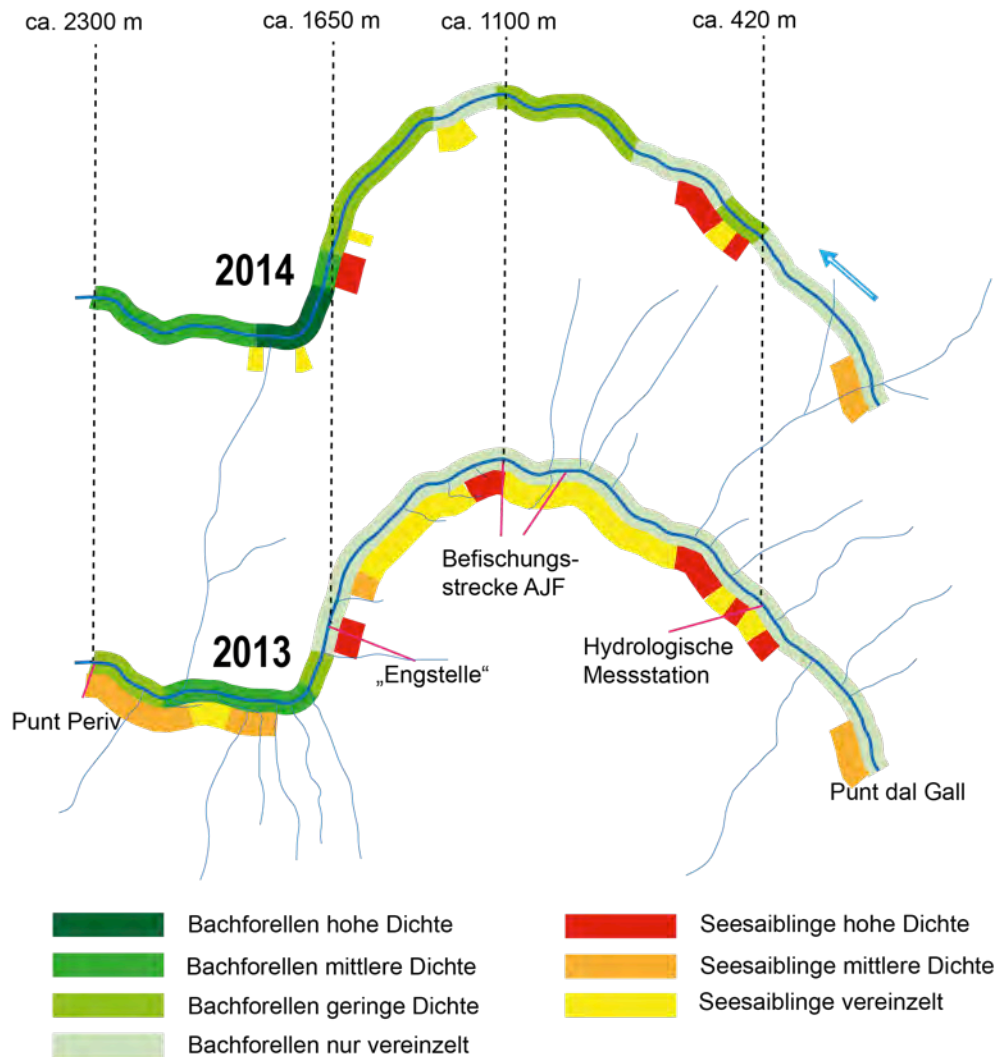


Abb. 5: Vergleich der Ergebnisse aus den Befischungskampagnen am 29.04.2013 und 29.04.2014. Basis: Schematische Karte des oberen Spöls mit Angaben der im Text verwendeten Punkte und Abschnitte sowie deren Abstand vom Punt dal Gall.

Ein an der sogenannten Engstelle (ca. 650 oh. Punt Periv) befindlicher Absturz – evtl. auch einige darauffolgende Schwellen – wirkt offensichtlich noch immer als bedingtes Aufstiegshindernis für kleinere Fische. Im oberhalb liegenden Bachabschnitt von 1650 m Länge sind seit der Regenerations-Spülung vor neun Monaten nur wenige meist grössere Fische eingestiegen (mit Besiedlungsdichten von 6,6 bis 10 Ind./100 m). Ein wahrscheinlich entscheidender Grund für die verzögerte Besiedlung der oberen Strecke ist die Tatsache, dass grössere Bachforellen, die von ihrem Standort verdriftet wurden, in kürzester Zeit an genau diesen wieder zurückkehren. Entsprechende Versuche im Zusammenhang mit einer Grundablassspülung Punt dal Gall im Jahr 1990 (REY & GERSTER 1991*) belegten dieses Verhalten auch für die Bachforellen im oberen Spöl. Übertragen auf die Verhältnisse nach dem Schadensfall 2013 heisst dies: nur unterhalb der Engstelle haben genügend Bachforellen überlebt, die auch schnell ihre individuellen Standorte wieder besiedelt haben, wenn sie abwärts verdriftet wurden oder geflüchtet sind. In den Bereichen oberhalb der Engstelle haben kaum Fische überlebt, die dahin zurückkehren konnten. Hier wird die Zunahme der Fischdichte also voraussichtlich auch in den kommenden Jahren noch verlangsamt sein. Umfang und Geschwindigkeit

hängen nun davon ab, wie intensiv und in welchen Abschnitten erfolgreiche Reproduktion stattfindet.

* REY, P., GERSTER, ST. (1991): Spülung des Grundablasses der Staumauer Punt dal Gall 1990; Spöl im Schweizer Nationalpark. Beitrag im Rahmen der Charakterisierung und Quantifizierung ökologischer Folgen von Stauseespülungen in den Schweizer Alpen. Zwischenbericht zuhanden der WNPk und des BUWAL.

Ein weiterer Effekt im Regenerationsprozess ist das derzeit enorme Nährtierangebot für Bachforellen. Bereits der optische Vergleich mit den Forellen früherer Abfischungen (Gewichtsaufnahmen und Nahrungsanalysen waren im Rahmen der Untersuchungen leider nicht möglich) zeigte, dass die Korpulenz der Tiere deutlich zugenommen hat und der Konditionsindex bei vielen Fischen bei ca. 1,3 lag (früher zwischen 1,0 und 1,2).

In den grösseren und tieferen Becken (Pools) entlang des Bachlaufs haben noch immer relativ viele Seesaiblinge überlebt, die infolge des Schadensereignisses 2013 aus dem See in den Spöl gelangt sind. Da sich die Art im Spöl aller Wahrscheinlichkeit nach nicht reproduzieren kann, werden die Saiblinge spätestens dann wieder verschwinden, wenn ihre individuelle Lebensspanne endet. Das grosse Nahrungsangebot ermöglicht derzeit aber auch ihnen ein Überleben im Bach, sofern sie nicht durch künstliche Hochwässer aus ihren Pools geschwemmt werden. Schlecht konditionierte Individuen, die noch in 2013 aufgefallen sind, wurden jetzt nicht mehr gefunden. Die bereits im letzten Bericht (Kap. 5-3) getroffene Einschätzung, dass sich kleine Bachforellen und grosse Saiblinge bezüglich ihrer bevorzugten Standorte weitestgehend aus dem Weg gehen und deshalb keine Gefahr für die BF-Population besteht, möchten wir aufrecht erhalten.

B.5 Zustandsbericht Hydromorphologie Juli 2014

Autoren: Peter Rey, John Hesselschwerdt, HYDRA

Beobachtungen im Rahmen der Befischungskampagne am 29.04.2014

Ein grosser Teil des im vergangenen April noch mit Schluff durchsetzten Substrats am Gewässerrand innerhalb der Befischungsstrecke war diesen April sauber und nicht mehr kolmatiiert (Abb. 1a).



Abb. 1: Substratbeschaffenheit, Schlammablagerungen und Algenentwicklung im oberen Spöl am 29.04.2014. a: freie und lockere Bachsohle oberhalb Punt Periv; b: Feinsedimentauflage unterhalb eines Geröllkegels; c: Algenentwicklung auf Feinsedimentauflage nahe Punt dal Gall; d: starke Algenentwicklung in einem Becken uh. Punt dal Gall.

Unterhalb der ins Wasser ragenden Geröllfächer fanden sich aber wieder feine Substratbeläge (Abb. 1b). Durch die Regenerations-Spülung vom vergangenen Juli kam es zu leichteren Substratumlagerungen und damit auch stellenweise einem etwas veränderten Bachlauf. Die insgesamt benetzte Fläche, aber auch die Substratzusammensetzung haben sich dadurch auf den ersten Blick nicht verändert. Direkt unterhalb des Grundablasses Punt dal Gall und in einigen wenigen Becken auf den ersten 500 Fliessmetern fanden wir noch immer tiefere, reduzierte Schlammschichten, an deren Rändern sich eine sehr starke Algenentwicklung zeigt (Abb. 1c und d). Möglicherweise kam es im vergangenen Jahr, u.a. durch die Mobilisierung des Schlammes aus dem See, zu einer Resuspension von Nährstoffen, die sich im obersten Spölabschnitt am deutlichsten in Eutrophierungsphänomenen zeigt.

Vergleichende Beobachtungen 2013-2014: Aufnahmen aus dem Bachbett

Im Rahmen der eben angeführten Befischungskampagne und weiterer Begehungen konnten an vielen Stellen Veränderungen der Sedimentsituation zwischen 2013 und 2014 festgehalten werden. Eine Auswahl davon wird im Folgenden vorgestellt (Abb. 2 bis Abb. 11).



Abb. 2: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Becken ca. 80 m unterhalb Punt dal Gall.



Abb. 3: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Abschnitt ca. 150 m unterhalb Punt dal Gall.



Abb. 4: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Becken oberhalb Hydrologischer Messstation (ca. 400 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 5: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Becken oberhalb „Aue“ (ca. 800 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 6: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Bereich „kantonale Teststrecke“ (ca. 1100 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 7: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Bereich unterhalb „kantonale Teststrecke“ (ca. 1400 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 8: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. „Engstelle“ (ca. 1600 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 9: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Becken unterhalb „Engstelle“ (ca. 1700 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 10: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Sedimentkolmation im Abschnitt 300 m oberhalb Punt Periv (ca. 2000 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 11: Vergleiche der Sedimentsituation 2013 und 2014 an derselben Stelle im oberen Spöl. Punt Periv (ca. 2300 m uh. Punt dal Gall).

Vergleichende Luftbildaufnahmen im oberen Spölabschnitt am 22.06.2014

Um die am 29.4.2013 gemachten Beobachtungen verifizieren und damit einen direkten Vergleich mit den Verhältnissen vom Vorjahr ziehen zu können, fanden am 22.06.2014 im obersten Spölabschnitt zwischen Punt dal Gall und Punt Periv noch einmal Luftaufnahmen statt. Die Störungen im Nationalpark sollten so gering wie möglich gehalten werden, weshalb statt eines erneuten Helikopterflugs eine Fotodrohne (Hexakopter) eingesetzt wurde (Abb. 12). Das Gerät hatte einen begrenzten Einsatzradius, so dass jeweils eine Bachstrecke von maximal 200 m befliegen wurde. Die Aufnahmen wurden aus Höhen zwischen 10 m und ca. 80 m gemacht. Auf diese Weise konnten Abschnitte von bis zu 400 m (senkrechte Projektion) und ca. 800 m (schräge Projektion) aufgenommen werden. Die Drohne wurde von vier Stellen aus gestartet: ca. 200 m oberhalb der hydr. Messstation, auf Höhe der sogenannten „Au“ (ca. 900 m unterhalb Punt dal Gall) sowie ca. 100 m und ca. 400 m oberhalb Punt Periv.



Abb. 12: Die am 22.06. im oberen Spöl eingesetzte Fotodrohne und die befliegenen Spölabschnitte.

Vergleichende Flugaufnahmen 2013-2014

Wie Ende April 2013, so wurden auch im Juni 2014 die Flugaufnahmen bei einer Dotierung von 550 l/s gemacht. Allerdings war der Zufluss der vielen Seitenbäche 2014 deutlich geringer, so dass sich der Abfluss des Spöls zwischen Punt dal Gall und Punt Periv im Vergleich nur unerheblich vergrösserte. Auf den folgenden Seiten werden vergleichende Aufnahmen von den vier Abschnitten vorgestellt, die 2013 und 2014 befliegen wurden (vgl. Abb. 13 bis Abb. 17).



Abb. 13: Vergleichende Luftaufnahmen 2013–2014 am oberen Spöl. Abschnitt: Punt dall Gall – Hydrologische Messstation (ca. 300 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 14: Vergleichende Luftaufnahmen 2013–2014 Abschnitt: „Aue“ – oberer Teil (ca. 900 m uh. Punt dal Gall).



Abb. 15: Vergleichende Luftaufnahmen 2013–2014 am oberen Spöl. Abschnitt: „Aue“, unterer Teil (ca. 950 m uh. Punt dal Gall).

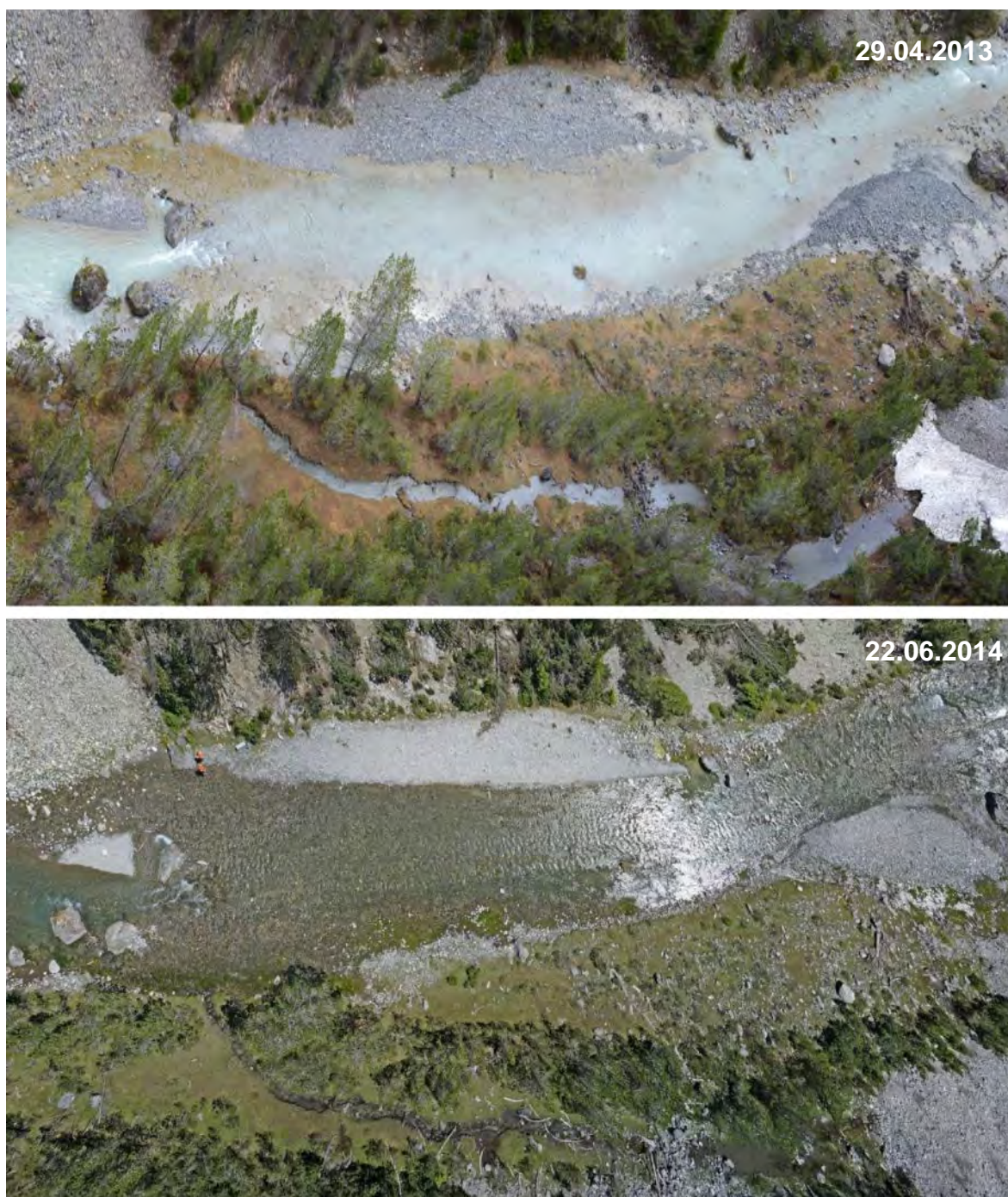


Abb. 16: Vergleichende Luftaufnahmen 2013–2014 am oberen Spöl. Abschnitt: Punt Periv 1, oberer Teil.



Abb. 17: Vergleichende Luftaufnahmen 2013–2014 am oberen Spöl. Abschnitt: Punt Periv 2, unterer Teil.

Beurteilung der Sedimentsituation im oberen Spöl

Eineinhalb Jahre nach dem Schadensereignis am Spöl und ein knappes Jahr nach der Regenerationsspülung sind die meisten Schlammreste aus dem Bach verschwunden. Im Vergleich zu den Aufnahmen 2013 hat sich die Sedimentsituation vor allem zwischen Punt dal Gall und Punt Periv wieder grundlegend verbessert (Abb. 18). Unterhalb Punt dall Gall liegende Abschnitte waren schon kurz nach dem Schadensereignis deutlich weniger belastet und wurden deshalb nicht mehr vergleichend untersucht. Die mit den Schlammablagerungen einhergegangenen hydromorphologischen Defizite und Habitatentwertungen sind somit weitestgehend behoben. Einer unbeeinflussten Besiedlungssukzession (Fische, Makroinvertebraten, Ufer- und Kiesbankbiozöosen) steht nun nichts mehr im Wege. An exponierten Bachabschnitten und in tieferen, wenig durchflossenen Becken kann man allerdings noch deutliche Schluffablagerungen antreffen. Diese werden sich aller Wahrscheinlichkeit nach noch längere Zeit halten.

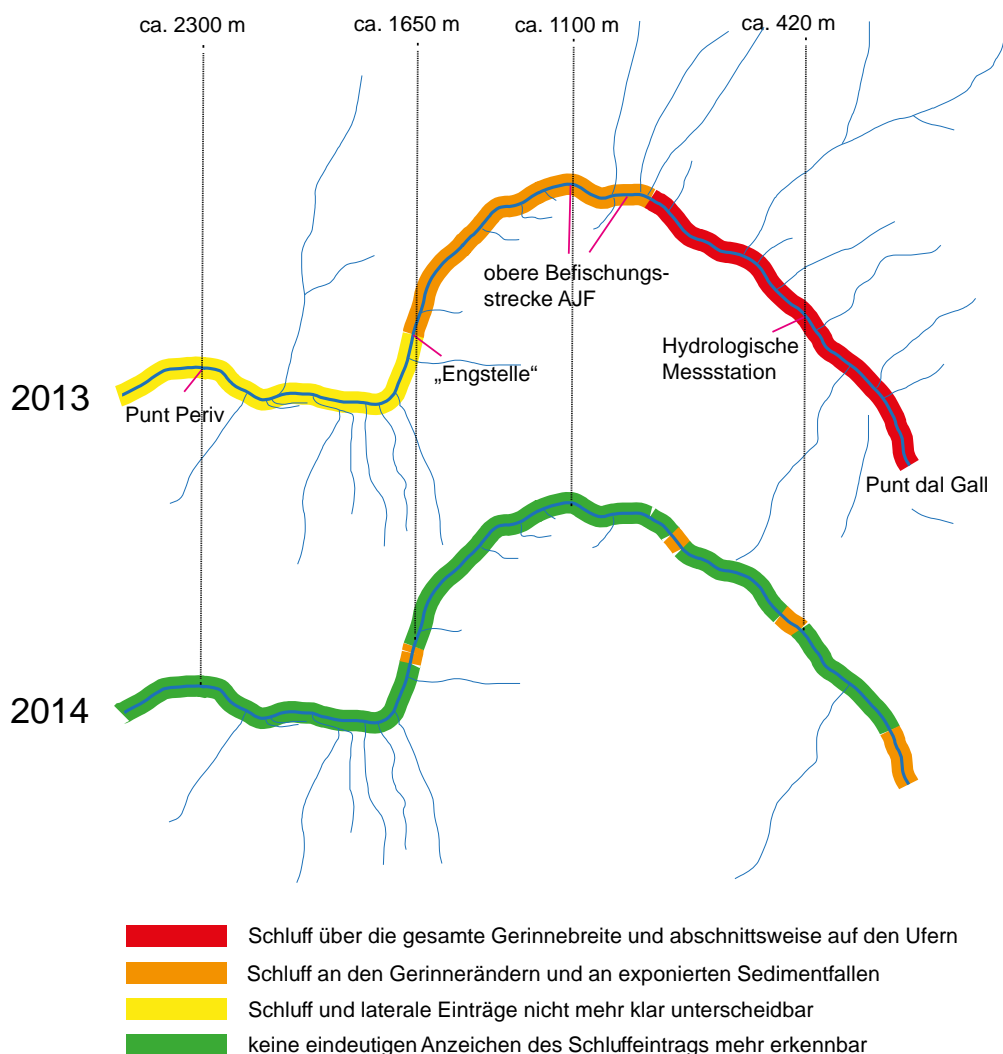


Abb. 18: Veränderung der Sedimentbelastung aus dem Schadensereignis vom Ostersonntag (30. März 2013). Vergleich der Aufnahmen am 30.04.2013 (Befliegung Helikopter, Erhebungen am Boden) und vom 22.06.2014 (Befliegung Drohne, Erhebungen am Boden).

Anhang C: Pegel Punt dal Gal 2013 & 2014

Provisorische Daten / Données provisoires / Dati provvisori / Provisional data

Abfluss	Spöl - Punt dal Gall										LH 2239						
Débit	Koordinaten Coordonnées		811020 / 167920		Höhe Altitude	1680 m ü.M.		Fläche Surface	295 km²		Mittlere Höhe Altitude moyenne	- m ü.M.		Vergletscherung Extension glacier	Ghiacciaio		0 %
Portata	Coordinate				Altitudine			Superficie			media						
2013	Jan./Janv. Genn.	Febr./Févr. Febbr.	März/Mars Marzo	April/Avril Aprile	Mai/Mai Maggio	Juni/Juin Giugno	Juli/Juillet Luglio	Aug./Août Agosto	Sept./Sept. Sett.	Okt./Oct. Ott.	Nov./Nov. Nov.	Dez./Déc. Dic.					
	1	0.71 +	0.69 +	0.69	1.59	0.93	1.59	1.38	1.35 -	1.39 -	0.70	0.71	0.70 +	1			
	2	0.71 +	0.69 +	0.69	2.88	0.96	1.91 +	1.38	1.35 -	1.40	0.69 -	0.71	0.70 +	2			
	3	0.71 +	0.69 +	0.69	4.00	0.94	1.90	1.34	1.35 -	1.40	0.71	0.71	0.70 +	3			
Tagesmittel	4	0.71 +	0.69 +	0.69	4.97 +	0.93	1.90	1.33	1.35 -	1.41	0.71	0.71	0.70 +	4			
	5	0.71 +	0.69 +	0.69	0.77	0.94	1.74	1.33	1.35 -	1.40	0.71	0.71	0.70 +	5			
Moyenne journalière	6	0.70	0.69 +	0.67	0.76	0.93	1.39	1.31 -	1.35 -	1.41	0.71	0.71	0.70 +	6			
	7	0.70	0.69 +	0.66	0.77	0.92	1.39	1.31 -	1.35 -	1.41	0.71	0.71	0.70 +	7			
Media giornaliera	8	0.69 -	0.69 +	0.66	0.77	0.94	1.39	1.32	1.35 -	1.41	0.71	0.71	0.69	8			
	9	0.69 -	0.68	0.66	0.79	0.92	1.39	8.44 +	1.35 -	1.41	0.71	0.72 +	0.69	9			
	10	0.69 -	0.68	0.65	0.78	0.93	1.39	1.36	1.36	1.41	0.72	0.72 +	0.69	10			
	11	0.69 -	0.68	0.65	0.78	0.94	1.37	1.34	1.36	1.41	0.72	0.71	0.69	11			
	12	0.69 -	0.68	0.64	0.80	0.93	1.34 -	1.34	1.35 -	1.41	0.72	0.71	0.69	12			
m³/s	13	0.69 -	0.68	0.62	0.80	0.94	1.35	1.34	1.35 -	1.41	0.72	0.71	0.69	13			
	14	0.69 -	0.68	0.62	0.80	0.88 -	1.35	1.33	1.35 -	1.41	0.72	0.71	0.69	14			
	15	0.69 -	0.68	0.61	1.18	1.17	1.36	1.33	1.36	1.42	0.72	0.71	0.69	15			
	16	0.69 -	0.68	0.61	1.19	1.36	1.36	1.33	1.35 -	1.42	0.72	0.70 -	0.69	16			
	17	0.69 -	0.68	0.59	0.79	1.37	1.37	1.33	1.36	1.42	0.72	0.70 -	0.69	17			
	18	0.69 -	0.68	0.60	0.88	1.37	1.37	1.33	1.36	1.43	0.72	0.70 -	0.69	18			
	19	0.69 -	0.68	0.60	0.89	1.37	1.37	1.33	1.37	1.43	0.72	0.70 -	0.69	19			
	20	0.69 -	0.67 -	0.60	0.86	1.37	1.37	1.33	1.36	1.43	0.72	0.70 -	0.69	20			
	21	0.69 -	0.67 -	0.60	0.84	1.37	1.38	1.34	1.36	1.43	0.72	0.70 -	0.69	21			
	22	0.69 -	0.67 -	0.60	0.86	1.37	1.38	1.34	1.37	1.43	0.72	0.70 -	0.69	22			
	23	0.69 -	0.67 -	0.60	0.88	1.36	1.37	1.34	1.37	1.44 +	0.78	0.70 -	0.69	23			
	24	0.69 -	0.67 -	0.59	0.88	1.36	1.37	1.34	1.37	1.43	0.84 +	0.70 -	0.69	24			
+Maximum	25	0.69 -	0.67 -	0.59	0.92	1.37	1.37	1.34	1.39	1.44 +	0.76	0.70 -	0.69	25			
Massimo	26	0.69 -	0.67 -	0.57	0.86	1.39	1.37	1.34	1.39	1.44 +	0.74	0.70 -	0.69	26			
	27	0.69 -	0.68	0.59	0.95	1.38	1.37	1.35	1.39	1.44 +	0.73	0.70 -	0.68 -	27			
- Minimum	28	0.69 -	0.68	0.51	0.95	1.39	1.38	1.35	1.40 +	1.44 +	0.72	0.70 -	0.68 -	28			
Minimo	29	0.69 -	0.68	0.33 -	0.75 -	1.39	1.38	1.35	1.40 +	1.44 +	0.72	0.70 -	0.68 -	29			
	30	0.69 -	0.68	0.46	0.84	1.40 +	1.38	1.35	1.40 +	1.41	0.72	0.70 -	0.68 -	30			
	31	0.69 -	0.68	1.60 +		1.40 +		1.35	1.40 +	0.71		0.68 -	0.68 -	31			
Monatsmittel																	
Moyenne mensuelle		0.69	0.68	0.64 -	1.19	1.17	1.45	1.57 +	1.36	1.42	0.72	0.71	0.69	m³/s			
Media mensile																	
Maximum/Massimo		0.71	0.69 -	2.60	9.51	1.82	1.92	45.8 +	1.40	1.44	0.96	0.73	0.70	m³/s			
Spitze/Pointe/Punta		1.	1.	31.	4.	15.	1.	9.	div.	div.	23.	3.	div.				
Datum/Date/Data																	
Jahresmittel/Moyenne annuelle/Media annua							1.03 m³/s										m³/s

Ganglinie der Tagesmittel Hydrogramme des moyennes journalières Andamento delle medie giornaliere		Dauerlinie der Tagesmittel (erreicht oder überschritten) Courbe des valeurs classées moyennes journalières (atteintes ou dépassées) Curva di durata delle medie giornaliere (raggiunte o sorpassate)		Jahresmittel Moyenne annuelle Media annua	
m³/s				Tage Jours Giorni	
10				31 59 90 120 151 181 212 243 273 304 334 365	
5					
0				I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII	

Sie finden die aktuellste Version dieser Tabelle unter

Vous trouvez la version la plus récente de ce tableau sous

www.bafu.admin.ch

Voi troverete questa tabella con i dati più recenti su

You can find the most recent version of this table under

Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie, CH-3003 Bern-Iltigen

Office fédéral de l'environnement, Division Hydrologie, CH-3003 Berne-Iltigen

Ufficio federale dell'ambiente, Divisione Idrologia, CH-3003 Berna-Iltigen

Federal office for environment, Hydrology division, CH-3003 Bern-Iltigen

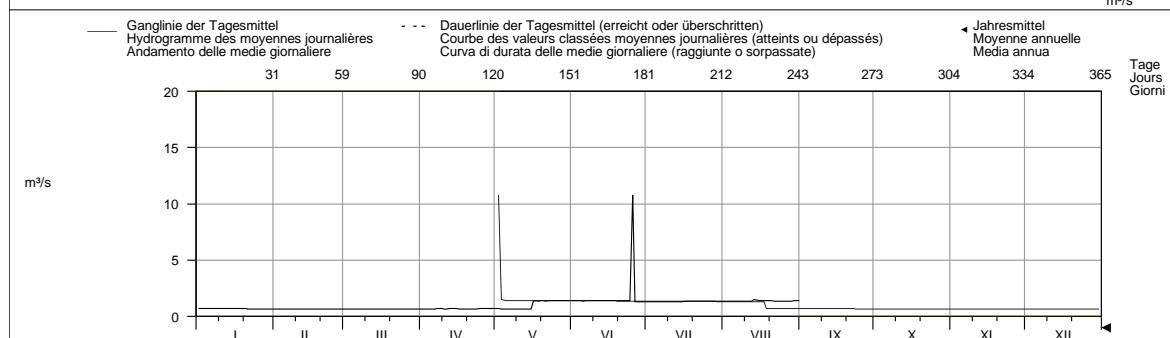
Tel. ++41 (0) 31 324 77 58

Fax ++41 (0) 31 324 76 81

e-mail hydrologie@bafu.admin.ch

Provisorische Daten / Données provisoires / Dati provvisori / Provisional data

Abfluss		Spöl - Punt dal Gall								LH 2239									
Débit	Koordinaten	811020 / 167920		Höhe		1680 m ü.M.		Fläche		295 km²		Mittlere Höhe		- m ü.M.		Vergletscherung		0 %	
Portata	Coordonnées	Coordinate		Altitude		Altitudine		Superficie		Superficie		Altitudine media		- m ü.M.		Estensione glacier		Ghiacciaio	
2014	Jan./Janv.	Febr./Févr.	März/Mars	April/Avril	Mai/Mai	Juni/Juin	Juli/Juillet	Aug./Août	Sept./Sept.	Okt./Oct.									
	Genn.	Febr.	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Sett.	Ott.									
	1	0.68 -	0.68 +	0.63 -	0.65 -	0.69	1.39	1.31 -	1.35 -										
	2	0.68 -	0.68 +	0.64	0.65 -	0.68	1.39	1.31 -	1.35 -										
	3	0.68 -	0.68 +	0.64	0.66	0.68	1.39	1.31 -	1.35 -										
Tagesmittel	4	0.68 -	0.68 +	0.64	0.66	0.67	1.38	1.31 -	1.35 -										
	5	0.69 +	0.67	0.64	0.67	0.67	1.38	1.32	1.36										
Moyenne journalière	6	0.68 -	0.67	0.64	0.68	0.66	1.38	1.32	1.36										
	7	0.68 -	0.67	0.64	0.70	0.68	1.39	1.32	1.36										
Media giornaliera	8	0.68 -	0.67	0.64	0.70	0.67	1.39	1.32	1.36										
	9	0.68 -	0.67	0.64	0.69	0.67	1.39	1.32	1.36										
	10	0.69 +	0.67	0.64	0.68	0.68	1.39	1.32	1.37										
	11	0.69 +	0.67	0.64	0.68	0.68	1.39	1.32	1.37										
	12	0.68 -	0.67	0.64	0.69	0.67	1.39	1.33	1.36										
m³/s	13	0.68 -	0.67	0.64	0.69	0.66	1.39	1.33	1.49 +										
	14	0.68 -	0.67	0.64	0.69	0.65 -	1.39	1.33	1.45										
	15	0.68 -	0.67	0.65	0.69	0.67	1.39	1.33	1.40										
	16	0.68 -	0.67	0.66	0.67	1.37	1.40	1.33	1.39										
	17	0.68 -	0.67	0.66	0.66	1.38	1.40	1.33	1.39										
	18	0.68 -	0.67	0.66	0.66	1.38	1.40	1.33	1.39										
	19	0.68 -	0.67	0.66	0.65 -	1.38	1.40	1.34	1.38										
	20	0.68 -	0.67	0.66	0.65 -	1.38	1.40	1.34	1.38										
	21	0.68 -	0.67	0.66	0.66	1.38	1.40	1.34	1.38										
	22	0.68 -	0.67	0.67 +	0.67	1.39	1.39	1.34	1.37										
	23	0.68 -	0.67	0.67 +	0.68	1.40 +	1.39	1.34	1.37										
	24	0.68 -	0.67	0.66	0.69	1.39	1.40	1.34	1.37										
+Maximum	25	0.68 -	0.67	0.66	0.71	1.39	10.8 +	1.34	1.38										
Massimo	26	0.68 -	0.67	0.65	0.72 +	1.38	1.30 -	1.35 +	1.38										
	27	0.68 -	0.67	0.65	0.71	1.38	1.31	1.34	1.38										
- Minimum	28	0.68 -	0.65 -	0.65	0.68	1.38	1.31	1.34	1.38										
Minimo	29	0.68 -		0.65	0.68	1.38	1.32	1.35 +	1.39										
	30	0.68 -		0.65	0.71	1.38	1.31	1.35 +	1.38										
	31	0.68 -		0.65		1.39		1.35 +	1.39										
Monatsmittel																			
Moyenne mensuelle		0.68	0.67	0.65	0.68	1.04	1.69 +	1.33	1.38										
Media mensile																			
Maximum/Massimo																			
Spitze/Pointe/Punta		0.69	0.68	0.67 -	0.73	1.41	36.0 +	1.35	1.65										
Datum/Date/Data		div.	div.	23.	29.	23.	25.	26.	13.										



Sie finden die aktuellste Version dieser Tabelle unter

Vous trouvez la version la plus récente de ce tableau sous

www.bafu.admin.ch

Voi troverete questa tabella con i dati più recenti su

You can find the most recent version of this table under

Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie, CH-3003 Bern-Ittigen

Office fédéral de l'environnement, Division Hydrologie, CH-3003 Berne-Ittigen

Ufficio federale dell'ambiente, Divisione Idrologia, CH-3003 Berna-Ittigen

Federal office for environment, Hydrology division, CH-3003 Bern-Ittigen

Tel. ++41 (0) 31 324 77 58 Fax ++41 (0) 31 324 76 81 e-mail hydrologie@bafu.admin.ch

Anhang D: «EPFL – Öko-Unfall am Stausee Punt dal Gall»

Bericht der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

– siehe nachfolgende Seiten –