

REVISION VON STAUMAUERN

# Heikle Eingriffe

Sollen die technischen Anlagen eines Speichersees erneuert werden, denkt man zunächst an eine Entleerung. Doch es gibt Alternativen.

Text: Daniela Dietsche



Foto: Kraftwerke Hinterrhein AG

Die Stauseen Valle di Lei und Lago di Livigno sind nicht die grössten, die Talsperren Valle di Lei und Punt dal Gall nicht die höchsten und die beiden Kraftwerksanlagen nicht die leistungsstärksten in der Schweiz. Beispielhaft stehen sie aber für die vielen Wasserkraftwerke mit Speicherseen in den Alpen, die mehrheitlich zwischen 1950 und 1970 gebaut wurden. Bei ihnen sind nun Gesamterneuerungen fällig oder bereits im Gang. Das Hauptziel: die Anlagen für die zweite Konzessionshälfte fit zu machen und so die Betriebssicherheit und die Wirtschaftlichkeit für die ganze Laufzeit der Konzession zu gewährleisten. Beim Ablauf der Konzession nach 80 Jahren dürften die meisten Anlagen das Ende ihrer Lebensdauer noch nicht erreicht haben. Wie es dann

zumal weitergeht, hängt von den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen ab, die aber hier nicht unser Thema sein sollen.

Die Sanierung der Einlaufbereiche und der technischen Anlagen kann nur im Trockenen vorgenommen werden. Eine Möglichkeit, diese Arbeiten auszuführen, besteht in der Absenkung des Sees auf die erforderliche Kote. Alternativ kann der Einlaufbereich auch mit provisorischen Abschlüssen mittels Taucharbeiten abgedichtet werden, sodass im Trockenen von der Luftseite her gearbeitet werden kann.

Um die Staumauer Punt dal Gall mit ihren technischen Anlagen an der internationalen Kraftwerkstufe Punt dal Gall/Ova Spin erneuern zu können, soll zum zweiten Mal in der Schweiz das sogenannte Sättigungstauchen eingesetzt werden. Ursprünglich hatten

die Engadiner Kraftwerke (EKW) geplant, den See zu entleeren. Doch nachdem Ende März 2013 eine Panne bei der Restwasserversorgung aufgetreten war, musste das Konzept überarbeitet werden. Grosse Mengen Schlamm gelangten damals vom See in den Spöl. Das ökologische System des Nationalparks, der an die Anlage grenzt, wurde beeinträchtigt. So etwas darf nicht mehr passieren – Öffentlichkeit und Naturschutzorganisationen sind hier besonders sensibilisiert.

Die dreistufige Kraftwerksgruppe der Kraftwerke Hinterrhein (KHR) in Graubünden hat einen guten Teil der Erneuerungsarbeiten bereits hinter sich. Unvergesslich die Bilder vom leeren Lago di Lei und den Alphütten, die dabei zum Vorschein kamen. Auch den Sufnersee wollten die KHR absenken, musste aber abbrechen, weil ein Eintrag von grossen Sedimentmengen in den Hinterrhein drohte. Der Grundablass konnte nicht wie geplant revidiert werden. Insgesamt aber

sind die Spülungen und Entleerungen der Ausgleichsbecken und des Lago di Lei, auch aus ökologischer Sicht, erfolgreich verlaufen (vgl. «Gezielt spülen», S. 31).

Eine Besonderheit der beiden Stauseen ist, dass sie nahezu ganz zu Italien gehören, die Täler aber auf Schweizer Gebiet entwässern. Für die Nutzung der Wasserkräfte waren deshalb Staatsverträge notwendig. Die Zusammenarbeit mit Italien ist nun auch bei den Erneuerungsarbeiten zentral. Die Engadiner profitieren dabei von den KHR, die den Hürdenlauf der Genehmigung bereits hinter sich haben. Das Vorgehen bei der Erneuerung unterscheidet sich darin, dass die KHR lang nicht viel gemacht hatten und nun eine Gesamterneuerung durchführen. Die EKW hingegen erneuerten immer wieder Teile ihrer Anlagen – nun ist die Revision der Staumauer Punt dal Gall an der Reihe. •

Daniela Dietsche, Redaktorin Bauingenieurwesen/Verkehr

BETRIEBLICHE INTERESSEN UND UMWELTANLIEGEN UNTER EINEN HUT BRINGEN

## «Mit Sättigungstauchern sind wir schneller»

Bei der Kraftwerksanlage Punt dal Gall ist es Zeit, einige Anlageteile zu erneuern. Nach einer gravierenden Panne im März 2013 musste das vorgesehene Sanierungsprojekt überarbeitet werden. Wichtigste Änderung: Der See wird nicht entleert, Taucher sollen übernehmen.

Interview: Lukas Denzler, Daniela Dietsche

*TEC21: Herr Roth, die Staumauer Punt dal Gall mit ihren Anlagen besteht seit gut 40 Jahren. Nach ungefähre Hälfte der Konzessionsdauer steht nun eine Erneuerung an. Ist das bei Wasserkraftwerken üblich?*

**Michael Roth:** Ja, es ist sinnvoll, die nassen Teile, das heisst die Stahlwasserbauten unter Wasser, einmal während einer Konzessionsdauer von 80 Jahren zu ersetzen. Üblicherweise geschieht dies nach 40 bis 50 Jahren, um die Anlage bis zum Ende der Konzession sicher betreiben zu können. In unserem Fall bis 2050.

*Die Planung begann 2012. Ende März 2013 kam es zu einer Kraftwerkspanne. Was hat sich ereignet?*

Wir hatten einen langen kalten Winter, und es herrschte eine ausgeprägte Knappheit im Schweizer Regelenergiemarkt. Von den an den Engadiner Kraftwerken (EKW) beteiligten Partnern wurden wir angehalten, so viel Strom wie möglich zu liefern. Das

führte dazu, dass der Seestand so tief war wie lang nicht mehr. Da er aber immer noch 18 m über dem in der Konzession festgelegten Absenkeziel lag, machten wir uns keine Sorgen. Am 30. März stellten Nationalparkwarter fest, dass das Restwasser, mit dem der Spöl sonst versorgt wird, nicht mehr fliesst. Die Dotieranlage bei der Staumauer war verstopft.



**Michael Roth**, diplomierter Elektroingenieur ETH, seit November 2013 Direktor der Engadiner Kraftwerke EKW.



**Blick vom Munt la Schera nach Livigno:** Die 130 m hohe doppelt gekrümmte Bogenstaumauer (Kronenlänge: 540 m) liegt genau auf der schweizerisch-italienischen Grenze. Unterhalb der Staumauer beginnt das Gebiet des Schweizerischen Nationalparks, durch den der Spöl fließt.

## Schwierige Koexistenz

Manch einer fragt sich: Wie ist es eigentlich dazu gekommen, dass mitten durch den Schweizerischen Nationalpark ein Bach fließt, dem ein Kraftwerk einen grossen Teil seines Wassers streitig macht? Die beiden Staumauern Punt dal Gall und Ova Spin – angrenzend an das Nationalparkgebiet – entstanden in den 1960er-Jahren, während der Nationalpark dieses Jahr sein hundertjähriges Bestehen feiert. Die Idee der Nutzung der Wasserkräfte im Engadin reicht jedoch mindestens so weit zurück wie die Gründung des ersten und bisher einzigen Nationalparks der Schweiz. Bereits 1914 gab es Pläne für zwei Wasserkraftwerke im Einzugsgebiet des Spöl. 1920 wollte die Nationalparkkommission den Steinbock ansiedeln und dafür den Nationalpark vergrössern. Die Gemeinde Zernez stimmte zu. Im Vertrag wurde jedoch vereinbart, dass sich die Eidgenossen-

schaft einer allfälligen Nutzung der Wasserkräfte im Einzugsgebiet des Spöls nicht widersetzen werde. Nach dem Zweiten Weltkrieg trieben die Promotoren der Engadiner Kraftwerke die Pläne mit einem Stausee auf italienischem Gebiet voran. Obwohl die einheimische Bevölkerung mehrheitlich für das Projekt war, formierte sich Opposition, vor allem seitens des Nationalparks und der Schweizerischen Naturschutzorganisationen. Zwei Mal musste sich die Schweizer Bevölkerung an der Urne entscheiden: 1956 lehnte der Souverän die Wasserrechtsinitiative, die für die Erteilung der Konzession für Grenzkraftwerke ein Referendum forderte, mit deutlichem Mehr ab. Danach setzten sich die Bundesbehörden für einen Kompromiss ein, der sowohl die Interessen des Nationalparks als auch der Wasserkraftnutzung bestmöglich berücksichtigen sollte. Parallel dazu handelte der Bund mit Italien ein Wassernutzungsabkommen für das Einzugsgebiet des Spöls aus. Gegen den Staatsvertrag wurde das Referendum ergriffen; die

Schweizer Bevölkerung stimmte 1958 der «Verständigungslösung» deutlich zu. Damit war nach einer langen politischen Auseinandersetzung der Weg für den Bau des Kraftwerks frei. Die Koexistenz mit dem Nationalpark blieb jedoch zunächst schwierig. Dank dem gemeinsamen Projekt der künstlichen Hochwasser im Spöl hat sich seit der Jahrtausendwende jedoch eine fruchtbare Zusammenarbeit entwickelt.

Lukas Denzler,  
lukas.denzler@bluewin.ch

### Literatur:

- Robert Meier: Die Engadiner Kraftwerke – Natur und Technik in einer aufstrebenden Region. 2003
- Patrick Kupper: Wildnis schaffen – Eine transnationale Geschichte des Nationalparks. Bern 2012.

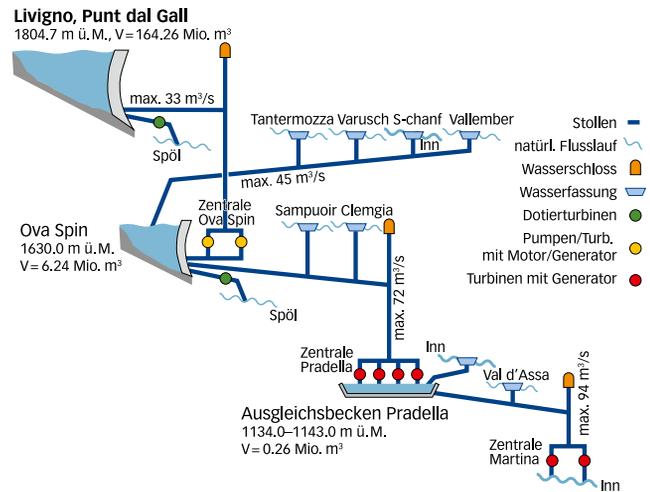
Um Abhilfe zu schaffen, öffneten die EKW den Grundablass. Dabei wurde der Spöl nicht nur mit Wasser versorgt, sondern es gelangte auch Schlamm ins Flussbett. Ebenfalls am 30. März trieben im Ausgleichsbecken Ova Spin tote Seesaiblinge. Aufgrund des Fundorts in der Nähe der Einleitung des Wassers aus der Kraftwerkszentrale Ova Spin mussten sie aus dem Livigno-Stausee stammen. Deshalb stellte man die Turbinen ab und pumpte stattdessen Wasser hoch in den Livigno-Stausee, um dessen Wasserstand anzuheben.

*Die Fische gelangten also durch die Turbinen in das Ausgleichsbecken Ova Spin? Wie ist es möglich, dass Seesaiblinge in den Druckstollen geraten?*

Sie können grundsätzlich in den Einlaufbereich des Druckstollens schwimmen, was sie in der Regel vermeiden. Vermutet wird, dass der knappe Lebensraum, bedingt durch den tiefen Wasserstand und eine Trübung des Wassers, die Fische dazu veranlasste, das sauberere Wasser im Druckstollen aufzusuchen, als die Turbinen nicht in Betrieb waren. Wenn die Maschinen laufen, meiden sie die Strömung im Einlaufbereich. Wenn sich die Fische aber einmal dort befinden und die Maschinen gestartet werden, sind sie gefangen und geraten in den Sog des Wassers.

*Die Ereignisse wurden von der ETH Lausanne untersucht. Wie schätzen Sie den Vorfall heute ein?*

Aufgrund der Arbeit der Task Force Spöl und der Berichte der ETH Lausanne wissen wir heute relativ genau, was passiert ist. Der niedrige Seestand führte zu veränderten Erosionsprozessen der Sedimente. Das ist ein dynamischer Vorgang, und es kann zu Trübeströmen kommen. Das sind SchlammLawinen am Seegrund, die durch den See bis zum Mauerfuss gelangen können. Dieser Schlamm ist über das Dotierwasser bereits vor dem Ereignis in den Spöl eingetragen worden und war der Grund, weshalb viele Bachforellen verendeten. Irgendwann verstopfte die Dotieranlage. Das Öffnen des Grundablasses hat zweifelsohne nochmals zu einem zusätzlichen Schlamm-austrag geführt. Aber wir gehen davon aus, dass ein Grossteil des Schlammes schon vorher im Spöl war.



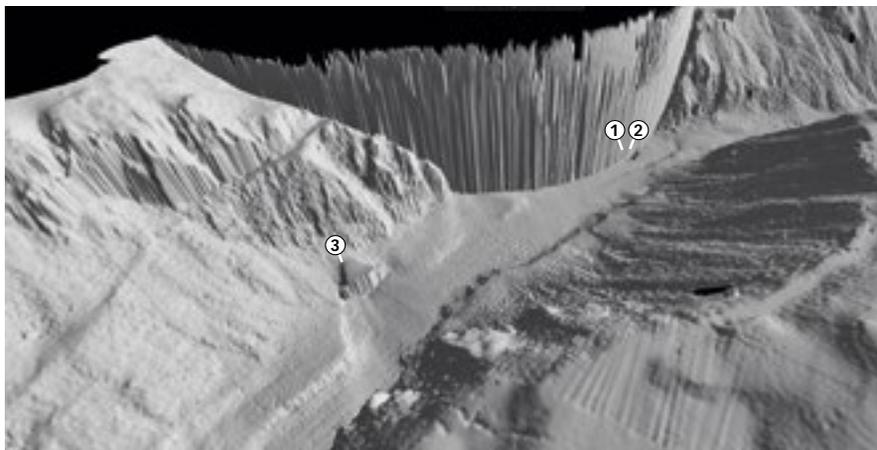
**Hydraulische Übersicht:** Der Livigno-Stausee ist der Kopfspeicher der Anlagen der EKW, mit einem nutzbaren Seevolumen von 164,26 Mio. m<sup>3</sup>.

*Die von Exponenten des Nationalparks und einzelnen Wissenschaftlern viel kritisierte Öffnung war also unvermeidbar?*

Ja, den Grundablass zu öffnen war die einzige Möglichkeit, den Spöl wieder mit Wasser zu versorgen. Durch die entstandene Strömung im Einlaufbereich löste sich auch die Verstopfung des Dotierwassereinflaßes. Zunächst gingen wir ebenfalls davon aus, dass das Öffnen des Grundablasses massiv zu dem ökologischen Schaden beigetragen hat. Das war auch Gegenstand des eingeleiteten Strafverfahrens. Da es aus betrieblicher Sicht korrekt war und auch die Experten der ETH Lausanne dies so sehen, wurde das Verfahren eingestellt. Haftpflicht- und Schadenersatzfragen sind aber noch offen.

*Noch einmal zurück zu den Unterwasserlawinen. Eine Lawine hinter einer Staumauer hört sich dramatisch an. Sind damit nicht Gefahren verbunden?*

Ein Trübestrom hat nicht die Wucht einer Schneelawine. Seine Kraft ist für die baulichen Anlagen unkritisch. Hingegen können Trübeströme dazu führen, dass wichtige Anlagen wie der Grundablass mit Sedimenten eingedeckt werden, und



Unterwasserinspektion: bathymetrische Aufnahme vom Mai 2013. Der **Grundablass (1)** und der **Dotierablass (2)**, durch den der Spöl laufend mit einer Grundmenge an Wasser versorgt wird, liegen heute auf derselben Höhe nebeneinander und ungefähr auf demselben Niveau wie die Verlandung des Sees. Die Experten der ETH Lausanne empfehlen, das abzulassende Dotierwasser höher zu fassen, um das Risiko eines Schlamm-austrags zu reduzieren. Der Grundablass wird jährlich ein- bis zweimal geöffnet, um Sedimente frühzeitig wegzuspülen. Durch das **Einlaufbauwerk (3)** gelangt das Wasser in den Druckstollen nach Ova Spin zu den Hauptturbinen (Durchfluss 33 m<sup>3</sup>/s).



Die Engadiner Kraftwerke planen Unterwasserarbeiten zur Revision der Betriebswasserfassung, der Drosselklappen, des Grundablasses und der Dotierwasserfassung; zudem wird der Dotierwassereinlauf höher gelegt.



Die Staumauer ist durchzogen von **Kontrollgängen und Pendelschächten**. In jedem Schacht ist ein **Lot aufgehängt**, das die Bewegungen der Staumauer misst. Die Bewegung der Mauerkrone zwischen vollem und leerem See beträgt über 4 cm.



Die **Hochwasserentlastung** ist am Ende ihrer technischen Lebenserwartung und muss erneuert werden. Sie trägt dazu bei, dass auch ein 1000-jährliches Hochwasser sicher abgeleitet werden kann.



Bevor das Restwasser in den Spül gelangt, wird es durch zwei kleinere **Dotierturbinen** am Fuss der Staumauer geleitet, um zusätzlichen Strom zu gewinnen.



Durch die Schliessung der mächtigen **Drosselklappe** lässt sich die Betriebswasserleitung zu den Turbinen vom Seewasser absperren. Aus Sicherheitsgründen sind zwei Drosselklappen hintereinander eingebaut.

das darf nicht passieren, der Grundablass muss aus Sicherheitsgründen jederzeit geöffnet werden können. Auch deshalb nehmen wir ihn ein- bis zweimal jährlich in Betrieb. Dabei werden die Sedimente frühzeitig weggespült.

#### *Was sind die Konsequenzen aus dem Unfall?*

Die Experten der ETH Lausanne haben uns empfohlen, die künstlichen Hochwasser weiterzuführen und den Einlauf in die Dotieranlage um einige Meter höher zu legen. Empfohlen wurde uns zudem, die Abgabe des Dotierwassers mit einer zweiten, unabhängigen Methode zu messen. Die bisherige misst nur die Menge des Dotierwassers, nicht aber seine Trübung. Was wir sofort einhalten können, ist die Empfehlung, den See nicht tiefer als 1735 m ü. M. abzusenken.

#### *Das Absenkziel lag bisher bei 1700 m ü. M. Bringt die Entscheidung, auf die untersten 35 m zu verzichten, keine grossen ökonomischen Einbussen mit sich?*

Je nach den Energiepreisen schmerzt das schon. Da wir aber Täler mit einem V-Profil haben, wirken sich die unteren 35 m nur wenig auf das gesamte Stauvolumen aus. Zudem ist der Livigno-Stausee im Vergleich zu den Zuflüssen gut dimensioniert und recht gross für einen Jahresspeicher, der zum Ziel hat, Wasser vom Sommer für den Winter zu speichern.

#### *Das ursprüngliche Erneuerungskonzept sah vor, den See weitgehend zu entleeren und die Arbeiten im Trockenen durchzuführen. Wie beeinflusste das Ereignis die Planung?*

Wir fragten uns, ob wir den See überhaupt so weit absenken können wie geplant, ohne einen weiteren Schlammaustrag in den Spöl zu riskieren. Dies führte zu einer Zäsur und Überarbeitung des Projekts. Nun verzichten wir auf die Entleerung und planen stattdessen, Taucher einzusetzen. Um den Grundablass, die Dotieranlage und die Drosselklappen, die sich in der Wasserleitung zu den Turbinen befinden, vor Seewasser zu schützen, muss ein Deckel auf den Öffnungen der Einläufe angebracht werden. Das heisst, es wird seeseitig abgedichtet, und anschliessend können die Arbeiten an den Anlagenteilen in Angriff genommen werden. Der Einsatz von konventionellen Tauchern ist aber heikel. Auf 1800 m ü. M. ist vor allem das Auftauchen gefährlich. Zudem müssten wir den See über drei Sommer sehr tief halten. Die Gefahr eines erneuten Schlammaustrags wäre relativ gross. Diese Erkenntnisse führten zur zweiten Variante: dem Sättigungstauchen. Das Verfahren ist aus dem Offshore-Bereich bekannt. In der Schweiz wurde es erst einmal angewendet – 2012 bei der Staumauer Hongrin VD, oberhalb von Montreux.

#### *Wie muss man sich das Sättigungstauchen vorstellen?*

Die Taucher leben während mehreren Wochen auf einem Floss. In einer Druckkammer an der Wasseroberfläche werden sie unter den Druck gesetzt,

der dem entspricht, der in ihrer Arbeitstiefe herrscht. Mit der Kammer verbunden ist eine Tauchglocke, die unter demselben Druck steht. Diese kann von der Kammer getrennt und auf die Arbeitshöhe abgesenkt werden. Dort können die Taucher aussteigen und arbeiten. Die Dekompression der Taucher wird gut drei Tage dauern.

#### *Und wie sehen die Kosten aus?*

Mit diesem Verfahren können wir die Arbeiten in einem Sommer abwickeln, bei normalem Seestand. Da die Seebewirtschaftung nur wenig eingeschränkt ist, erleiden wir kaum Verluste bei der Stromproduktion. Wir haben ein geringeres Risiko hinsichtlich Schlammeintrag in den Spöl und eine höhere Arbeitssicherheit, weil der kritische Faktor des Auftauchens entfällt. Die nun geplanten Sanierungsarbeiten werden mit 24 Mio. Fr. bis zu 10 Mio. Fr. teurer veranschlagt als bei der ursprünglichen Variante.

#### *Wurden weitere Varianten geprüft?*

Ja, wegen der Mehrkosten prüften wir Alternativen. Nehmen wir einmal an, es würde gelingen, den See ohne übermässigen Schlammaustrag abzusenken und zu entleeren. Das nächste Problem ist, dass der Spöl immer mit Wasser versorgt sein muss. Die Zuflüsse bringen dieses Wasser durch den leeren See an den Fuss der Staumauer, von wo es in den Spöl gelangt. Dabei besteht das Risiko, dass die Zuflüsse grosse Mengen Sedimente aus dem See erodieren. Um dies zu verhindern, haben wir uns überlegt, an den oberen Enden der beiden Seearme provisorische Wasserfassungen zu bauen und so das Wasser der Zuflüsse über Leitungen an den Mauerfuss zu bringen. Das wäre aber nicht günstiger, im Gegenteil, die Leitungen auf dem Seegrund zu bauen wäre teurer. Zudem ist es riskant, denn wenn der Zufluss bei starken Niederschlägen grösser als die Entnahme durch die provisorische Wasserfassung wird, muss das Wasser in den See geleitet werden. Im schlimmsten Fall müssten wir die Arbeiten einstellen.

#### *Wann kommen die Taucher zum Einsatz, und wie lang werden die Arbeiten der Taucher dauern?*

Wir gehen davon aus, dass die Taucher 2016 drei bis vier Wochen arbeiten. Weil immer Restwasser in den Spöl fliessen muss, können wir nicht alle Einläufe gleichzeitig schliessen. Sobald der Grundablass und der Einlauf in die Dotieranlage verschlossen sind, soll das Restwasser über einen Anschluss bei den Drosselklappen sichergestellt werden. Sind die Arbeiten an den Anlagenteilen abgeschlossen, ist auch die Arbeit der Taucher beendet, da die Abdeckungen später von der Seeoberfläche aus entfernt werden können. Wir gehen heute davon aus, dass die Erneuerung und Instandsetzung bis September 2017 durchgeführt sein werden. •

Lukas Denzler, dipl. Forst-Ing. ETH/Journalist,  
lukas.denzler@bluewin.ch;  
Daniela Dietsche, Redaktorin Bauingenieurwesen/Verkehr

KÜNSTLICHE HOCHWASSER BELEBEN DEN SPÖL

# Mehr Dynamik, bitte!

Seit dem Bau der Staumauer am Lago di Livigno fehlen im Spöl natürliche Hochwasser. Regelmässige Spülungen erwiesen sich als geeignete Kur zur ökologischen Aufwertung des Restwasserbachs. Das Engadiner Beispiel könnte für andere Restwasserstrecken zum Vorbild werden.

Text: Lukas Denzler

# A

ls an Ostern 2013 bei der Staumauer Punt dal Gall die Restwasserversorgung versagte, der Spöl eine Zeit lang nicht mehr mit sauberem Wasser versorgt wurde und sich grosse Schlamm- mengen ins Bachbett ergossen, war der

Schock gross. Die im Schlick verendeten Bachforellen boten keinen schönen Anblick. Und die Medien berichteten mit fetten Schlagzeilen über den Vorfall.

Kurz danach inspizierten Wissenschaftler unter der Federführung der Forschungskommission des Nationalparks, ein von der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften getragenes Gremium, das Bachbett und nahmen eine erste Lagebeurteilung aus ökologischer Sicht vor. Die Gewässerökologen kamen zum Schluss, dass der Grundablass noch einige Zeit geöffnet bleiben sollte. Die Wassermenge, die so in den Spöl gelangte, war höher als sonst. Später sollte ein künstliches Hochwasser das Bachbett vom Schlamm befreien: Es rauschte am 9. Juli 2013 durch den Spöl und erreichte Abflussspitzen von bis zu 40 m<sup>3</sup>/s.

## Verlorener Charakter

Seit der Inbetriebnahme des Kraftwerks 1970 muss der Spöl mit lediglich 12% seines ursprünglichen Wassers auskommen, und die für einen Gebirgsbach typischen natürlichen Hochwasser bleiben weitgehend aus. Die im Nationalpark gelegene Restwasserstrecke bis Ova Spin entwickelte sich weg von ihrem ursprünglichen Gebirgsbachcharakter hin zu einem Gewässer mit ausgedehnten Flachwasserbereichen und Tümpeln. Zusammen mit dem nährstoffreichen Wasser aus dem Livigno-Stausee förderte dies das Wachstum von Algen und Moosen. Ökologisch besonders problematisch war zudem, dass im Sommer tagsüber zweieinhalb mal mehr Restwasser im Spöl floss als nachts – damit die Wanderer einen rauschenden Bergbach bewundern konnten.

1990 führten die Engadiner Kraftwerke (EKW) eine Spülung des Grundablasses durch. Die Forschungskommission des Nationalparks nutzte die Gelegenheit für Begleituntersuchungen, und die Wissenschaftler erkannten die positive Wirkung solcher Spülungen auf



Mit dem Bau der Staumauer Punt dal Gall wurde **aus dem Gebirgsbach ein ruhiges Flüsschen**, das mit Restwasser aus dem Livigno-Stausee versorgt wird. Seit 2000 sollen **künstliche Hochwasser** den Spöl beleben und aufwerten – mit Erfolg, wie Studien zeigen. Im Bild oben das Hochwasser vom 9. Juli 2013.

die Gewässerökologie. Somit stellte sich die Frage, ob regelmässige künstliche Hochwasser den Spöl beleben könnten. Die EKW boten Hand, doch bei der Stromproduktion durften keine Einbussen entstehen. Man einigte sich, die Restwassermengen im Sommer von durchschnittlich 1.75 auf 1.45 m<sup>3</sup>/s zu senken. Gleichzeitig hob man die Unterschiede zwischen Tag und Nacht auf. Die jährliche Restwasserabgabe in den Spöl wurde damit um 3.4 Mio. m<sup>3</sup> Wasser reduziert. Von diesem im See «angesparten» Wasser stehen 1.3 Mio. m<sup>3</sup> Wasser für die künstlichen Hochwasser zur Verfügung. Die verbleibenden 2.1 Mio. m<sup>3</sup> Wasser dürfen die EKW als Kompensation für die geringere Stromproduktion der Dotierturbinen am Fuss der Staumauer via Druckleitung in der Zentrale von Ova Spin turbinieren.

Das erste künstliche Hochwasser fand 2000 statt. Seither werden jedes Jahr ein bis zwei Fluten mit einem Spitzenabfluss von in der Regel 20 bis 30 m<sup>3</sup>/s durchgeführt. Diese dauern jeweils sechs bis neun Stunden. Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften im Spöl hat sich in den letzten Jahren wieder derjenigen eines natürlichen Gebirgsbachs angenähert. Algen und Moosbewuchs nahmen ab, ebenso die allgegenwärtigen Bachflohkrebse; dafür haben typische Bergbachbewohner wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen zugenommen. Und auch bei den Bachforellen setzte eine erfreuliche Entwicklung ein. Die Weibchen legen ihre Eier im Spätherbst in Vertiefungen ab, die sie mit der Schwanzflosse ins kiesige Bachbett graben. Die Zahl dieser sogenannten Laichgruben ist ein Hinweis für die Laichaktivitäten der Bachforellen. Von 2000 bis 2012 hat sich deren Anzahl fast vervierfacht. Die vorerst im Rahmen eines Versuchs durchgeführten künstlichen Hochwasser wurden 2011 definitiv eingeführt.

## Erstaunlich rasche Regeneration

Nach der Panne bei der Restwasserversorgung im Frühling 2013 befürchteten viele, dass man wieder von vorn beginnen müsse. Doch wie sich nun zeigt, regeneriert sich der Spöl erstaunlich schnell. Dies belegen auch die Fischerhebungen. Eine erste Zählung einen Monat nach dem Unfall ergab, dass etwa ein Drittel der Bachforellen überlebt hatte. Gemäss der zweiten Erhebung ein Jahr danach hat sich die Zahl der Bachforellen gegenüber 2013 bereits verdoppelt. Der Forellenbestand liegt aber noch deutlich unter demjenigen vor dem Unfall. Eine Kartierung der Laichplätze der Bachforellen vom Dezember 2013 belegt zudem, dass die überlebenden Fische ihre bevorzugten Stellen zum Laichen wieder aufsuchen.

Die künstlichen Hochwasser im Spöl sind eine ökologische Erfolgsgeschichte. Bleibt zu hoffen, dass ein dynamisches Restwasserregime künftig auch bei anderen Stauseen zur Anwendung kommt. •

Lukas Denzler, dipl. Forst-Ing. ETH/Journalist,  
lukas.denzler@bluewin.ch

GESAMTERNEUERUNG DER ANLAGEN DER KHR

# Gezielt spülen

Für einen sicheren Betrieb der Wasserkraftanlagen sind Spülungen von Staubecken nötig. Wie das Beispiel der Kraftwerke Hinterrhein zeigt, lässt sich mit einer guten Planung die ökologische Belastung der Gewässer minimieren.

Text: Lukas Denzler

**S**pülungen von Staubecken oder sogar die komplette Entleerung von Stauseen anlässlich von Gesamterneuerungen von Wasserkraftanlagen sind für die Kraftwerksbetreiber eine heikle Angelegenheit. Solche Vorhaben fordern nicht nur aus ingenieurtechnischer Sicht heraus. Werden Staubecken «gereinigt», gelangt trübes Wasser mit einem hohen Anteil an Schwebstoffen in die unterliegenden Gewässer. In Kombination mit Sauerstoffmangel ist dies für viele Wasserlebewesen problematisch. Hohe Schwebstoffkonzentrationen können Haut und Kiemen der Fische schädigen. Die Betreiber von Stauanlagen sind gemäss Artikel 40 Gewässerschutzgesetz verpflichtet, bei Spülungen und Entleerungen von Stauräumen geeignete Massnahmen zum Schutz von Pflanzen und Tieren zu treffen.

## Ein runder Tisch

Ein aktuelles Beispiel für eine umfassende Erneuerung sind die Anlagen der Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR). Die eigentlichen Arbeiten starteten 2011 und dauern noch bis 2017 an. Rund 300 Mio. Fr. wird das gesamte Projekt kosten. Die Verantwortlichen der KHR erkannten früh die Brisanz des Vorhabens. Um die mit dem Projekt verbundenen ökologischen Fragen zu erörtern, habe man 2009 einen runden Tisch ins Leben gerufen, sagt Guido Conrad, der Direktor der KHR. An diesem regelmässigen Treffen diskutierten die Verantwortlichen der KHR mit Vertretern von WWF, Pro Natura, dem kantonalen Fischereiverband, den Fachstellen des Kantons Graubünden sowie dem am Projekt beteiligten Umweltfachbüro ecowert über Probleme und Lösungen beim Schutz der Umwelt und der Fischerei.

Der Aufwand hat sich gelohnt. «Nachdem wir das Projekt bei den Behörden eingereicht hatten, dauerte es nur vier Monate, bis es bewilligt war», erklärt Conrad.

In den 1980er-Jahren erkannte man, dass das Spülen von Stau- und Ausgleichbecken die Gewässer belastet. Damals bildeten sich in einigen Kantonen Spülungsgruppen; auf Behördenseite waren besonders die Umweltschutz- und Fischereiamter involviert. Periodische Spülungen galten als betrieblich notwendig, um das Stauvolumen zu erhalten, aber auch um die Sicherheit der Anlagen zu gewährleisten. Deshalb ging es zunächst lediglich darum, den damit verbundenen Schaden zu erheben. Und mancherorts kam es tatsächlich auch zu Fischsterben. Mit der Zeit habe man realisiert, dass sich nicht alle Eingriffe gleich stark auf die Umwelt auswirkten, sagt Peter Rey vom Hydra Institut, einem auf Gewässerökologie spezialisierten Umweltbüro. Vor allem zeigte sich, dass einiges auch beeinflussbar ist. So lassen sich etwa die negativen Auswirkungen auf die Wasserlebewesen stark reduzieren, wenn stets genügend sauberes Wasser zugemischt wird. Damit gelingt es, allzu hohe Konzentrationen an Schwebstoffen und Schlamm zu vermeiden. Zudem setzte sich die Einsicht durch, dass Hochwasser zum Programm der Natur gehören. Deshalb müssen sich die Lebewesen auch an gelegentliche Fluten angepasst haben.

Der Anlagenpark der KHR besteht aus zwei Speicherseen, dem Lago di Lei und dem Sufnersee. Noch bevor das Wasser aus dem Avers in den Lago di Lei gelangt, fliesst es durch das Auffangbecken Preda im Madristal. Vom Lago di Lei treibt das Wasser die Turbinen in Ausserferrera an, und über das Ausgleichbecken dort gelangt es in den Sufnersee. Die nächsten Turbinen befinden sich bei der Kraftwerkszentrale Bärenburg bei Andeer mit dem zugehörigen Ausgleichsbecken. Von dort wird das Wasser noch einmal benutzt, um die Turbinen in Sils im Domleschg anzutreiben.

## Ökologische Zustandserhebung

Die Spülungen des Auffangbeckens Preda und der Ausgleichsbecken Ausserferrera und Bärenburg verliefen planmässig. Anschliessend entleerte die KHR die Becken, um die Arbeiten an den Anlagenteilen auszuführen. Die Mitarbeitenden vom Umweltbüro ecowert und vom Hydra Institut erhoben noch vor dem Beginn der Gesamterneuerung den ökologischen Zustand von ausgewählten unterliegenden Gewässerabschnitten: zum einen das auf oder in der Gewässersohle lebende Makrozoobenthos, das heisst die mit blossen Auge erkennbaren Kleinwasserlebewesen wie Insektenlarven, Flohkrebse, Schnecken und Würmer. Und zum anderen den Fischbestand. Die Ergebnisse dienen als Referenz für die Erfolgskontrolle nach den Arbeiten. Während der Fluten überwachten die Gewässerökologen die Schwebstoffkonzentration im abfliessenden Wasser.

Komplette Stausee-Entleerungen sind seltener. Sie werden vorgenommen, um die seeseitigen Anlagenteile der Einläufe für die Grundablässe und das Dotierwasser (sofern unterhalb der Staumauer liegende Ge-

wässer mit Restwasser zu versorgen sind) im Trockenen erneuern zu können. Bei diesen Vorhaben ist eine gute Planung unerlässlich. Steht die Entleerung eines Sees bevor, werden als Erstes keine Jungfische mehr ausge-setzt und die Beschränkungen für den Fischfang aufgehoben. Die am Schluss verbleibenden Wasserflächen werden in der Regel ausgefischt.

Eine genaue Abklärung erfordern auch die Sedimentablagerungen auf dem Seegrund. So ergab etwa die Analyse der Sedimentproben des Lago di Lei, dass diese Arsen enthalten. Obwohl der Ursprung des Arsens geogen und damit natürlich ist, war abzuklären, ob durch die Entleerung des Sees über den Sedimentaus-trag gesundheitsschädigendes Arsen in talabwärts gelegene Trinkwasserfassungen gelangen könnte. Weil das Arsen aber in gebundener Form vorliegt, habe man den Nachweis erbringen können, dass davon keine Gefährdung ausgehe, sagt Jakob Grünenfelder von ecowert.

Auch technische Herausforderungen stellen sich. «Der Lago di Lei war noch nie ganz leer», sagt Guido Conrad. Wie würde die Staumauer darauf reagieren? Ohne Wasser zeigt sie ein anderes Temperaturverhalten. Nach umfangreichen Abklärungen durch Experten wurde ein detaillierter Absenckplan in Etappen festgelegt. Es traten keine Probleme auf. Am Schluss sei man beim Ablassen des Wassers sehr vorsichtig vorgegangen, sagt Conrad. Nicht wegen der Staumauer, sondern wegen der Schwebstoffbelastung. Drohte diese zu hoch zu werden, schloss man den Grundablass wieder, bevor nach einiger Zeit wieder Wasser abgelassen wurde.



Situation der Kraftwerke Hinterrhein AG.



### AM PROJEKT BETEILIGTE

**Bauherrschaft**  
KHR, Thuisis

**Projektierung und Bauleitung**  
ARGE Lahmeyer International, Bad Vilbel/  
IM Maggia Engineering, Locarno

**Ökologische Projektbegleitung**  
ecowert, Domat/Ems



Ein seltener Anblick: der abgelassene **Lago di Lei** im Spätherbst 2012.

## Keine Entleerung des Sufnersees

Weil man heute nicht mehr genau weiss, wie der Geländeverlauf einst vor dem Aufstauen des Lago di Lei aussah, war auch unklar, wie stark sich der See mit Sedimenten aufgefüllt hat. Doch die Verlandung erwies sich als nicht sehr ausgeprägt. Dies im Unterschied zum Sufnersee, der 500 m tiefer liegt. In ihn gelangen jedes Jahr 40000 m<sup>3</sup> Sedimente. Bei der Vorabsenkung des Sufnersees (vgl. Abb. S. 24) traten 2011 denn auch prompt Probleme auf. Weil der Schlammaustrag in den Hinterrhein zu gross gewesen wäre, musste die Übung abgebrochen werden. Dies hatte zur Folge, dass der seeseitige Grundablass vorerst lediglich mit Unterwasserkameras inspiziert werden konnte. Seine Revision ist noch nicht dringend und wird später im Rahmen eines Folgeprojekts angegangen. Für den Einlauf des Wassers zum Druckstollen Richtung Bärenburg mussten sich die Ingenieure eine andere Lösung ausdenken. Es wurden Dammbalken angebracht, die den Einlaufbereich abdichteten – so konnten die Anlagenteile im Trockenen erneuert werden.

Aktuell führen die Gewässerökologen die ökologische Erfolgskontrolle durch. Sie wiederholen dafür sämtliche Erhebungen. Laut einer ersten Einschätzung von Jakob Grünenfelder sieht es gut aus. Bei den flugfähigen Insekten ist dies keine grosse Überraschung. Bei den weniger mobilen Fischen hingegen schon; sind sie einmal eliminiert, erfolgt die Wiederbesiedlung auf natürlichem Weg nur langsam, auch der vielen Wanderungshindernisse wegen. «Die Ergebnisse deuten darauf

hin, dass wir schon fast gleich viele Fische haben wie vorher, und das ohne den früher praktizierten Besatz von Jungfischen», bilanziert Peter Rey.

## Definitive Spülbewilligung angestrebt

Die in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse werden nun ausgewertet. Während die Ausgleichbecken bei den Kraftwerkszentralen früher in unregelmässigen Abständen und nur wenn nötig gespült wurden, soll dies künftig häufiger erfolgen. «Wir möchten von den Behörden eine definitive Spülbewilligung erhalten», sagt Conrad. Das Ziel: häufiger spülen, jedoch mit weniger Wasser und auch weniger lang. Dies hätte nicht nur betriebliche Vorteile, sondern auch ökologische. Mit den regelmässigen Fluten würden kleine Hochwasser nachgeahmt, wie sie auch in der Natur immer wieder vorkommen (vgl. «Mehr Dynamik, bitte!», S. 30).

1994 publizierte das damalige Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft einen Bericht über die ökologischen Folgen von Stauraumpülungen. Seither ist nicht nur viel Wasser und Schlamm hinuntergeflossen, mittlerweile liegen auch viele neue Erfahrungen vor. Es wäre an der Zeit, das Wissen dieser Fallstudien in einem Bericht zusammenzustellen. Denn die aktuelle Erneuerungswelle bei den Wasserkraftanlagen dürfte erst der Anfang sein. •

Lukas Denzler, dipl. Forst-Ing. ETH/Journalist,  
lukas.denzler@bluewin.ch