

# «Der Trumpf der Wasserkraft liegt in der Speicherung»

Die ökologische Sanierung der Wasserkraft ist eine Herkulesaufgabe.

Robert Boes, Professor für Wasserbau an der ETH Zürich, erläutert die Herausforderungen, Erfolg versprechende Ansätze und weshalb die Sanierungsfrist bis 2030 mehr als sportlich ist.

Text: Lukas Denzler



## Robert Boes

ist seit 2009 Professor für Wasserbau und Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der ETH Zürich. Nach dem Studium als Bauingenieur an der RWTH Aachen, der ENPC in Paris und der TU München sowie der Dissertation an der ETH Zürich war er für die TIWAG-Tiroler Wasserkraft in Innsbruck tätig.

*TEC21: Herr Boes, was sind die wichtigsten Herausforderungen, die die Wasserkraftbranche gegenwärtig zu meistern hat?*

**Robert Boes:** Die Marktpreise für die erzeugte Kilowattstunde sind zwar etwas besser als in der jüngeren Vergangenheit, liegen aber oft weiterhin unter den Gestehungskosten. In diesem Marktumfeld sind die politisch festgelegten Wasserzinsen zu hoch und zu starr. Sie sollten deshalb dynamisch ausgestaltet werden. In energiewirtschaftlich guten Zeiten könnten die Erlöse für das Gemeinwesen und das Berggebiet vielleicht sogar etwas höher ausfallen als heute, in schlechten Zeiten müssten sie dafür aber tiefer sein. Wichtig wäre zudem, die Rahmenbedingungen so auszugestalten, dass die Speicherfähigkeit der Wasserkraft und die Systemdienstleistung für eine funktionierende Elektrizitätsversorgung besser honoriert werden. Schon seit fast 20 Jahren verbraucht die Schweiz im Winter mehr Strom, als sie produziert. Durch den Wegfall der Kernkraftwerke wird diese «Winterlücke» in Zukunft noch grösser. Hier könnte die Speicherwasserkraft einen wichtigen Beitrag leisten.

*Welche Rolle spielt der Klimawandel?*

Die erwarteten Veränderungen sind schon relevant. Insbesondere grössere und häufigere meteorologische und hydrologische Ereignisse werden die Anlagen der Wasserkraft stärker belasten. In gewissen Regionen werden beispielsweise mehr Geschiebe und Sediment mobilisiert. Zudem kommt es in alpinen Einzugsgebieten vermehrt zu Hangrutschungen, Felsstürzen und Murgängen, die auch die Infrastruktur der Wasserkraft betreffen. Infolge der höheren Temperaturen sind die Schmelzabflüsse in vergletscherten Einzugsgebieten seit Jahren angestiegen. Diese werden aber in den nächsten Jahrzehnten – je nach Vergletscherungsgrad früher oder später – deutlich zurückgehen.

*Strom aus Wasserkraft ist bei der Treibhausgasbilanz vorbildlich. Unter anderen ökologischen Aspekten, besonders was die Auswirkungen auf die Gewässer betrifft, steht sie hingegen immer wieder in der Kritik. Warum ist es wichtig, hier Fortschritte zu erzielen?*

Wenn die Wasserkraft nachhaltig sein will, dann muss sie die negativen Auswirkungen auf die Gewässer mindern und mildern. Nur dann ist ihr ökologischer Fussabdruck insgesamt gut und nicht nur beim Klimaschutz. Eine Verbesserung der ökologischen Verhältnisse fordert auch das Gewässerschutzgesetz. In diesem stehen die Fischdurchgängigkeit, die Minderung der kurzzeitigen Abflussschwankungen und die Verbesserung des Geschiebehaushalts im Vordergrund. Gerade wenn Stauräume

## Kies und Dynamik in Flüssen

**Künstliche Hochwasser können einen Teil der fehlenden Dynamik in Fließgewässern ersetzen. In Kombination mit gezielten Kiesschüttungen lassen sich Lebensräume aufwerten.**

Die meisten grossen Talflüsse des Schweizer Mittellands weisen aufgrund der Wehre und regulierten Abflüsse ein Geschiebedefizit auf. Damit verschlechtern sich die ökologischen Verhältnisse. Mit künstlichen Kiesschüttungen versucht man deshalb, die Lebensräume aufzuwerten.

So auch in der Saane im Kanton Freiburg. Der Fluss wird für die Stromproduktion stark genutzt. Wegen der Staumauer Rossens (vgl. Abb. S. 22), die seit 1948 den Greyerzersee staut, fliesst mit 2.5 bis 3.5 m<sup>3</sup>/s einerseits weniger Wasser ab, andererseits treten kaum noch Hochwasser auf. In der Aue von nationaler Bedeutung unterhalb der Staumauer fehlt somit weitgehend die für Auen notwendige Dynamik. Die Folge: Kiesbänke überwachsen immer mehr, und wichtige Bereiche des Auenlebensraums gehen verloren.

Bei intensiven Niederschlägen im Juli 2014 und im Mai 2015 floss jedoch relativ viel Wasser über die sogenannte Hochwasserentlastung der Stauanlage ab. Diese beiden Hochwasser lieferten dem Amt für Umwelt des Kantons Freiburg wichtige Erkenntnisse, war dieses doch daran, ein künstliches Hochwasser zu planen, um das Bachbett von übermäßigem Algenwuchs zu befreien, die Flusssohle von abgelagertem Feinmaterial zu reinigen, Kies im Flussbett umzulagern und die Vegetation auf den Kiesbänken abzutragen.

Mit der Kraftwerksbetreiberin Groupe E vereinbarte der Kanton die der Saane zuzuführende Wassermenge. Der Kanton legte im Fluss mehrere Kiesdepots mit einem Volumen von je ca. 250 m<sup>3</sup> an. In einem Fluss mit Geschiebedefizit würde ein Hochwasser sonst



**Starkes Algenwachstum in der Restwasserstrecke der Kleinen Saane unterhalb der Staumauer Rossens infolge der fehlenden Abflussdynamik.**

primär die Flusssohle erodieren. Am 14. 9. 2016 war es so weit: Mit einem Spitzenabfluss von fast 200 m<sup>3</sup>/s rauschten 9.5 Mio. m<sup>3</sup> Wasser durch die Saane.

Für das Projekt «Nachhaltiges Auenmanagement und Wasserkraft» des Nationalen Forschungsprogramms «Energiewende» war diese künstliche Flut ein Glücksfall. Wissenschaftler der EPF Lausanne untersuchten, wie die Kiesschüttungen im Fluss anzuordnen sind. Dabei zeigte sich, dass eine alternierende Anordnung der Kiesdepots auf der linken und rechten Seite des Flusses innerhalb kurzer Distanz zu den besten Ergebnissen bezüglich Erosion und Verschiebung der Steine führt. Bei hohem Abfluss bewirken die Schüttungen eine

Pendelbewegung des Wassers, die sich flussabwärts fortpflanzt.

Die durch das Hochwasser bewirkten Veränderungen des Lebensraums erfassten Wissenschaftler der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) zusammen mit Kollegen des Eidgenössischen Wasserforschungsinstituts Eawag. Dabei stellten sie aus ökologischer Sicht erfreuliche Veränderungen fest. Allerdings kippte das System bereits wenige Wochen nach der Flut wieder in den alten Zustand zurück. Für eine dauerhafte Verbesserung der ökologischen Verhältnisse wären häufigere Hochwasser erforderlich. • Lukas Denzler



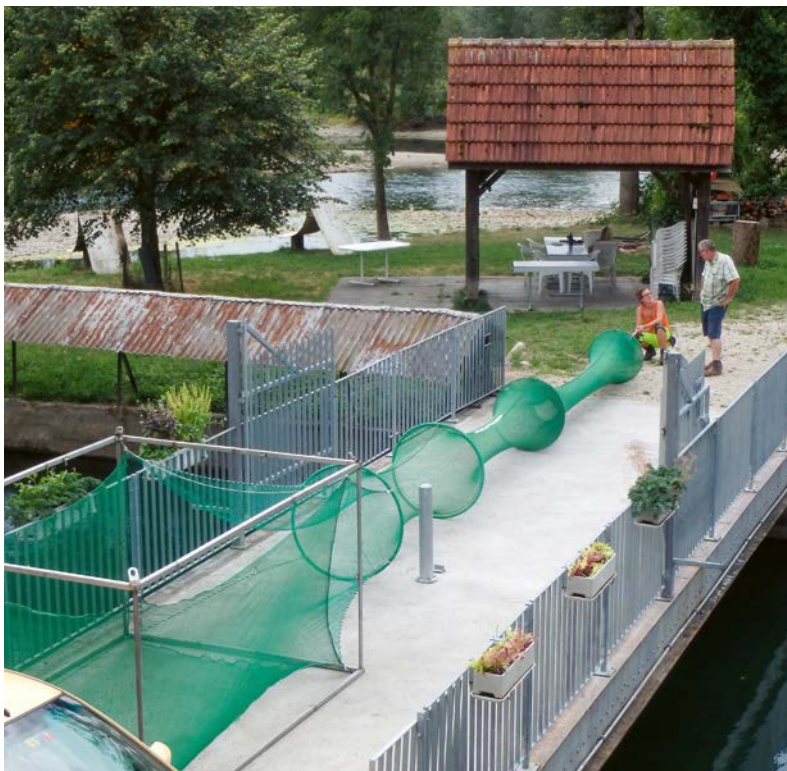
## Fischabstiegshilfen entwickeln

**Die Wirkungskontrolle am Horizontalrechen mit Bypass beim Kleinwasserkraftwerk Stroppe liefert wertvolle Erkenntnisse für künftige Fischabstiegshilfen an kleineren Anlagen.**

Beim Kraftwerk Stroppe an der Limmat in Untersiggenthal AG ging 2014 die erste Fischabstiegsanlage der Schweiz mit einem Rechen aus horizontal angeordneten Stäben in Betrieb. Die lichte Stabweite beträgt 20 mm. Damit die Fische nicht an den Rechen gedrückt werden, ist dieser schräg zur Fließrichtung angeordnet (der Anströmwinkel beträgt 38°). Der Bypass für den Fischabstieg ist ganzjährig offen und wird mit 0.69 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde dotiert. Die Ausbaumenge der drei Turbinen beträgt 33 m<sup>3</sup>/s. Solche Feinrechen können bis zu einer Ausbaumenge von 80 m<sup>3</sup>/s realisiert werden und eignen sich somit nicht für grosse Flusskraftwerke.

Da es bisher nur wenige Erfahrungen mit solchen Abstiegsanlagen gibt und es sich um eine Pilotanlage handelt, führte die Axpo als Anlagenbetreiberin 2015 bis 2017 eine Wirkungskontrolle durch. Die zentralen Fragen lauteten: Hält der Rechen die Fische von der Passage durch die Turbinen ab? Finden die Fische den Bypass? Wie viele Fische und welche Arten wandern ab? Wann wandern sie ab?

Für den Fang der absteigenden Fische wurde ein Fangkorb mit einer Netzreue an die spezifischen Verhältnisse beim Kraftwerk Stroppe angepasst. Die anfängliche Strategie, an festgelegten Daten während Neumondphasen jeweils 72 Stunden zu zählen, wie es aufgrund der bisherigen Erfahrungen empfohlen wird, erwies sich als wenig ergiebig. Daher wechselte man zu Testfängen, die zwei bis vier Stunden dauerten. Wurden absteigende Fische



**Fangkorb mit der 10 m langen Netzreue vor dem Einsatz:** Steigen viele Fische ab, müssen sie alle 15 bis 30 Minuten aus der Reuse befreit werden.

registriert, startete ein Untersuchungsblock von 38 bis 48 Stunden.

In allen Untersuchungsblöcken zählte man so insgesamt 11 348 Fische. Von den 34 in der Limmat nachgewiesenen Fischarten wurden 28 absteigende Arten ermittelt. Die überwiegende Anzahl der Fische war kleiner als 10 cm. An vielen Tagen im Jahr findet kaum Fischabstieg statt, während an gewissen Tagen ein Massenabstieg verzeichnet wurde.

Die Wirkungskontrolle ergab, dass der Rechen seine Funktion erfüllt.

Das bestätigen auch Infrarot-Videoaufnahmen der Fische vor dem Rechen. Hochauflösende Ultraschallaufnahmen mittels eines Sonarsystems ergaben, dass nur wenige Fische den Rechen passierten. Es zeigte sich aber auch, dass am Bypass selber Anpassungen nötig sind, denn einige Fische zogen sich in einer etwas engen Kurve Verletzungen zu. Zurzeit laufen die Projektierungsarbeiten, um diese Schwachstelle möglichst bald zu beheben. • Lukas Denzler

verlanden, ist eine Durchleitung der Sedimente eine Win-win-Situation. Davon profitieren der Anlagenbetreiber und die Ökologie gleichermaßen.

*Die ökologische Situation zu verbessern befürworten die meisten. Doch das hat finanzielle Konsequenzen.*

In der Schweiz werden die ökologischen Massnahmen über einen Fonds ausgeglichen. Dafür beneidet man uns im Ausland. Die künftigen Ausfälle der Stromproduktion, die mit der ökologischen Sanierung einhergehen, werden hingegen nicht dauerhaft vergütet. Auch beim Restwasser, das in den Gewässern verbleiben muss und nicht turbiniert werden kann, bestehen echte Zielkonflikte zwischen Gewässer- und Klimaschutz.

*Welche Regeln gelten beim Restwasser in den Nachbarländern?*

Die Situation in Italien und Frankreich kenne ich zu wenig. In Österreich wird im 3. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan, der sich an der EU-Wasserrahmenrichtlinie orientiert, jetzt mehr auf Restwasser fokussiert. Viele hochalpine Wasserfassungen hatten bisher null Restwasser. Das ist zukünftig nicht mehr erlaubt. Es gibt nun Diskussionen, wie hoch die Restwassermenge sein muss und wie viel aus ökologischer Sicht wirklich erforderlich ist, insbesondere in hochalpinen Gewässern. In Österreich gibt es, anders als in der Schweiz, noch keine national verbindlichen Regeln zur Festlegung der Mindestrestwassermengen.

*In der Summe hat die Umsetzung der neuen Vorschriften Auswirkungen auf die Stromproduktion.*

Das Bundesamt für Energie hat im vergangenen Sommer bei der Aktualisierung der Wasserkraftpotenzialstudie die Produktionsverluste infolge Restwasser erhöht (vgl. «Eine Gratwanderung», S. 22). Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) hat vier Szenarien mit Horizont 2035, 2050 und 2070 gerechnet und zeigt damit die Bandbreite der Produktionsverluste auf. Die Autoren stützen sich dabei auf die aktuellen Erfahrungen aus der Praxis. Die Umweltverbände sind bei dieser Frage hartnäckig, fordern viel, und die Gerichte geben ihnen oft recht.

« In der Schweiz sind Fisch-  
aufstiegshilfen schon relativ  
lang vorgeschrieben. Der  
Abstieg kommt neu dazu. »

*Kommen wir zu den eigentlichen Schwerpunkten der ökologischen Sanierung bei der Wasserkraft. Unzählige Wehre und Schwellen behindern die Fischwanderung. Bei den Kraftwerken sollen Fischtreppe, Fischlifte und Umgehungsgewässer Abhilfe schaffen. Wie beurteilen Sie die Situation?*

Für den Fischaufstieg sind schon ziemlich viele Anlagen in Betrieb. Sie funktionieren aber nicht immer und müssen verbessert werden. Technisch ist der Fischaufstieg leichter zu lösen als der Fischabstieg. Es braucht Lockströmungen, damit die Fische den Einstieg in die Fischwanderhilfe finden und hochkommen. Beim Fischabstieg wissen wir viel weniger. Ziel ist es, die Fische an den Turbinen vorbei zu leiten, denn in den Turbinen sind sie Gefahren ausgesetzt, wobei diese von Kraftwerk zu Kraftwerk und von Fisch zu Fisch sehr stark variieren. Um die Fische vom Hauptstrom, der zu den Turbinen hin führt, weg zu bekommen, muss man sie ablenken, ihnen eine Alternative anbieten und sie diese finden lassen. An kleineren Anlagen werden seit etwa zehn Jahren feinmaschige Rechen schräg in der Strömung angebracht, die die Fische in Bypässe lenken. Für grosse Anlagen haben wir hingegen noch keine unter realen Bedingungen erprobten Lösungen.

*Welche Ansätze gibt es für den Fischabstieg an grossen Flusskraftwerken?*

Gemeinsam mit dem Verband Aare-Rheinwerke lief dazu ein Forschungsprojekt, das wir im Rahmen eines europäischen Projekts mit anderen Partnern nun fortführen. Es geht vor allem um Laborversuche an verschiedenen Fischleitreechen und Bypässen in unterschiedlichen Konfigurationen und um Versuche mit Fischen unter Laborbedingungen. Wir haben die Leitreechen weiterentwickelt und die Produktionsverluste bei der Stromerzeugung mini-

miert, sodass die durch den Rechen bedingte Verluste nicht mehr massgeblich ins Gewicht fallen. Allerdings kommt der Wasserbedarf für den Bypass hinzu. Der nächste Schritt wäre nun, diesen neuartigen Leitreechen an einem grossen Flusskraftwerk zu testen. Das Problem ist, dass die Investitionskosten dafür mehrere Millionen Franken betragen. Deshalb planen wir zunächst einen Zwischenschritt mit einem Leitreechen an einem kleineren Kraftwerk im Toggenburg. Wenn es nicht funktioniert, kann man den Leitreechen dort mit relativ geringem Aufwand durch einen klassischen Feinrechen ersetzen.

*Fällt der Wasserbedarf für Fischtreppe oder für einen Bypass für den Fischabstieg ins Gewicht?*

Vor allem bei kleinen Kraftwerken fällt er schon ins Gewicht, weil dort eine Fischtreppe verhältnismässig stark dotiert ist. In der Schweiz sind Fischaufstiegshilfen aber schon lang vorgeschrieben. Der Abstieg kommt jetzt neu dazu. Die aktuellen Empfehlungen geben die Menge für das Wasser für den Bypass mit 1 bis 5% des Turbinendurchflusses an. Wir haben die Produktionseinbussen infolge der hydraulischen Leitreechenverluste und des Wasserbedarfs für den Bypass berechnet und für rund 200 schweizerische Niederdruck-Laufwasserkraftwerke abgeschätzt. Würden die Anlagen mit solchen Rechen-Bypass-Systemen ausgestattet, so ergäbe sich eine Produktionsminderung von rund 4%, wobei das je nach Szenario von knapp 2 bis 10% variieren kann.

*Ein wichtiges Anliegen ist die Minderung der Abflussschwankungen, die Speicherkraftwerke verursachen. Das Gesetz hält fest, dass die Probleme mit dem Schwall-Sunk nicht über betriebliche Anpassungen gelöst werden sollen, denn die rasche Bereitstellung von elektrischer Energie ist wichtig für die Deckung der Bedarfsspitzen. Welche alternativen Lösungen sind denkbar?*

Im Moment gibt es erst wenige realisierte Projekte. Das bekannteste Beispiel in der Schweiz ist das Schwalldämpfungsbecken der Kraftwerke Oberhasli an der Aare in Innertkirchen. In Österreich kenne ich ein Beispiel, wo eine Anlage grösstenteils in den Berg gebaut worden war. Oft ist eben der Platz dafür nicht vorhanden. Im Inntal in Tirol entsteht ein Ausgleichsbecken, wofür aber Landwirtschaftsland benötigt wird.

*Wie viel Volumen ist bei einem durchschnittlichen Kraftwerk für eine spürbare Dämpfung nötig?*

Das hängt von der Zeitperiode ab, in der man das ausgleichen möchte. Will man die Abflussunterschiede über längere Zeiträume ganz ausgleichen, so braucht es sehr grosse Becken, die unrealistisch sind. Für einen Tagesausgleich sprechen wir von Zehntausenden bis Hunderttausenden von Kubikmetern. In Innertkirchen fassen das Becken sowie der Stollen im Berg total 80000 m<sup>3</sup>. Die Abflussschwankungen lassen sich damit aber nicht vollständig ausgleichen.

## Ein Bypass für Sedimente

**Um der Verlandung im Stausee Solis entgegen zu wirken, erstellte das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich einen Geschiebeumleitstollen. Davon profitieren nun auch die Wasserlebweisen in den Flussabschnitten unterhalb der Staumauer.**

Der fjordartige Stausee Solis zwischen Tiefencastel und Sils im Domleschg dient dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) als Tagesspeicher, deckt also den Spitzenbedarf an elektrischer Energie ab. Dem 1986 in Betrieb genommenen See ging infolge Verlandung bis 2012 – also in nur 25 Jahren – die Hälfte des gesamten Stauvolumens verloren. Jedes Jahr gelangten durchschnittlich 80000 m<sup>3</sup> Sedimente (Geschiebe und Schwebestoffe) in den See. Um möglichst viel Stauvolumen zu erhalten, entschloss sich das ewz, für 37 Mio. Franken einen 968 m langen Umleitstol-

len für das Geschiebe zu bauen. Dieser ist seit 2012 in Betrieb und wird bei hohen Abflüssen mit Geschiebetrieb geöffnet.

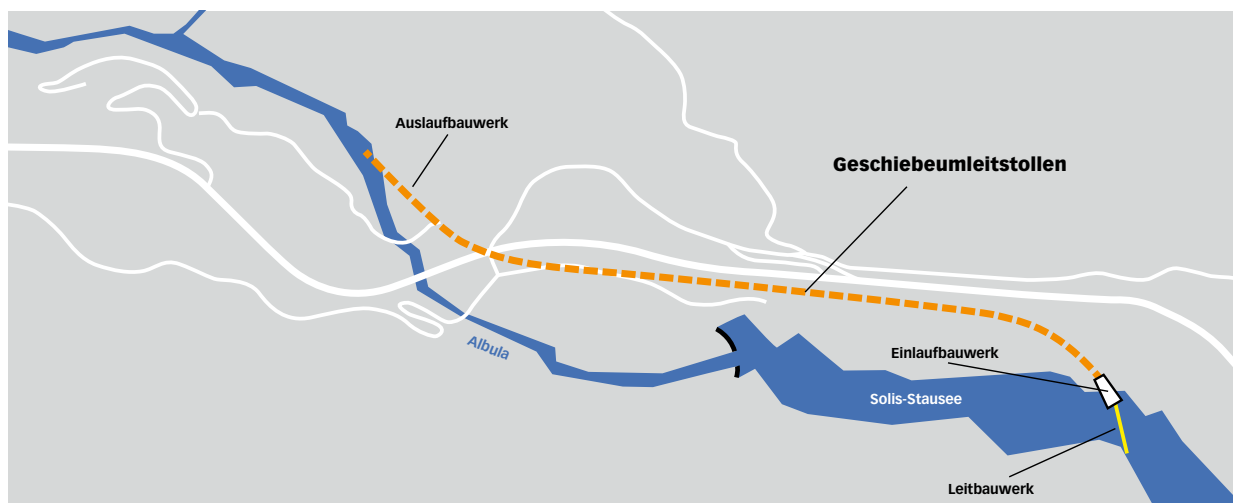
Nach Inbetriebnahme des Stollens ereignete sich 2014 ein erstes Hochwasser, das viel Geschiebe mobilisierte. Rund 100000 m<sup>3</sup> Kies und Steine schossen durch den Stollen. Damit dies möglich war, musste der See um rund 7 m abgesenkt werden.

In den vergangenen Jahren tastete sich die Verantwortlichen beim ewz an den optimalen Betrieb heran. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass sich der erhoffte und notwendige Sedimenttransport durch den Stollen noch nicht eingestellt hat. Deshalb erfolgen seit 2018 auch Spülungen bei tiefen Seeständen. Im Jahr 2019 gelangte zwar viel Material durch den Stollen, der Sedimenteintrag in den Stausee war aber ebenfalls gross. Das ewz möchte in den nächsten Jahren die Geschiebepflege im Stausee intensivieren, um den Verlandungskörper abzubauen. Das ist unter anderem

auch erforderlich, um geplante Sanierungsarbeiten an der Staumauer Solis durchführen zu können.

Vom zusätzlichen Geschiebe unterhalb der Staumauer profitieren verschiedene Arten, die an fließendes Wasser gebunden sind. Wissenschaftler des Eidgenössischen Wasserforschungsinstituts Eawag und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) konnten die positiven Wirkungen des Geschiebeeintrags auf die aquatischen Lebensräume nachweisen.

Der Umleitstollen wurde aus betrieblichen Gründen angelegt. Würde er heute gebaut, so würde das ewz vermutlich von Beiträgen im Rahmen der ökologischen Sanierung der Wasserkraft profitieren. Ähnliches gilt für die anderen in der Schweiz realisierten Umleitstollen. Derzeit gibt es etwa ein Dutzend Bauwerke dieser Art. Umleitstollen sind elegante Lösungen zur Sanierung des Geschiebetriebs. Sie sind aber teuer und anspruchsvoll im Betrieb. • *Lukas Denzler*



Der 968 m lange Umleitstollen für Geschiebe ist seit 2012 in Betrieb. Um den erhofften Geschiebetransport durch den Stollen zu erzielen, erfolgen seit 2018 Spülungen bei tiefen Seeständen.

*Ist es nicht etwas illusorisch, das Schwall-Sunk-Problem mit baulichen Massnahmen lösen zu wollen? Gibt es keine anderen Ansätze?*

Doch. Man kann das Wasser, nachdem es für die Stromerzeugung benutzt wurde, gar nicht in den Vorfluter zurückleiten, sondern gleich fürs nächste Kraftwerk benutzen. Das ist beim neuen Kraftwerk Chlus bei Landquart vorgesehen. Statt das im Kraftwerk Küblis turbinierete Wasser in die Landquart einzuleiten, fließt das Wasser in einem Stollen bis zum Rhein, wo man es noch einmal energetisch nutzt. Die Landquart bleibt damit schwallfrei, sie wird aber neu zu einer Restwasserstrecke. Eine noch ganz junge Idee besteht in einer Kombination der Speicherkraftwerke mit Grossbatteriespeichern. Der Schwall

entsteht in den Flüssen, weil man schnell viel Energie zur Verfügung stellen will. Wenn die Turbinen langsamer über mehrere Minuten hochgefahren werden, dann würde der nachgefragte Strom in der «Anfahrzeit» primär von den Batterien geliefert.

*Damit liesse sich die steile Anfangsspitze vermeiden, aber irgendwann wäre der Schwall doch da. Ist dieser erste Impuls so schädlich?*

Wenn der Schwall weniger abrupt ausfällt, wäre das von Vorteil. Derzeit läuft dazu an der VAW eine Masterarbeit, die das konkret für Schweizer Verhältnisse analysiert. Die Kombination eines Beckens, das eigentlich zu klein, aber leichter und günstiger zu bauen ist, mit einem Batteriespeicher könnte interessant sein.



## Künstliche Abflussschwankungen dämpfen

Das Schwalldämpfungsbecken der Kraftwerke Oberhasli bei Innertkirchen BE war die erste Schwall-Sunk-Sanierungsmaßnahme, die im Rahmen des neuen Gewässerschutzgesetzes realisiert wurde.



Schwalldämpfungsbecken bei Innertkirchen BE (Visualisierung); Bauzeit 2012–2016.

Die Aare entspringt den Aargletschern auf rund 2000 m Höhe und durchfließt anschließend mehrere Speicherseen (Oberaar-, Grimsel- und Räterichsbodensee), wo der Grossteil des Aarewassers gefasst und in den Kraftwerken Grimsel, Handeck und Innertkirchen je nach Strombedarf turbinert wird. In Innertkirchen wird das zur Stromerzeugung genutzte Wasser der Aare zurückgegeben. Dies führte bis anhin zu künstlichen Pegelschwankungen (Schwall-Sunk).

Die Kraftwerke Oberhasli (KWO) haben jedoch in den letzten Jahren die grösste Restwassersanierung der Schweiz umgesetzt. Eine deutliche Verbesserung in allen ökologischen Bereichen brachte die Schwall-Sunk-Sanierung mit dem Ausgleichsbecken in Innertkirchen (Eröffnung 2016) und der fischfreundlicheren Umgestaltung des darunter liegenden Flussabschnitts.

Das Schwalldämpfungsbecken mit einem Volumen von 22 000 m<sup>3</sup> und ein zusätzlicher Speicherstollen sorgen mit einem Rückhaltevolumen von insgesamt 80 000 m<sup>3</sup> dafür, dass die KWO das Wasser dosierter als bisher an die Aare zurückgeben kann. Dies verschafft den aquatischen Organismen eine längere Reaktionszeit, um sich auf die hydraulischen Änderungen einstellen zu können. Die Gefahr, dass sie abgeschwemmt werden, wird deutlich verringert. Zudem ermöglicht die neue Wasserrückgabe direkt in die Aare den Aufstieg der Seeforelle in das Gadmerwasser.

Das Ausgleichsbecken zur Dämpfung von Schwall-Sunk in Innertkirchen zeigt aber auch, dass die «isolierte» Lösung eines Problems oft noch nicht den erhofften Erfolg bringt. Die (kanalisierte) Aare muss als Ganzes ökologisch aufgewertet werden, was ja auch zunehmend erfolgt.

Die KWO plant derzeit ein neues Kraftwerk im oberen Gadmental. Dort wählte man einen etwas anderen Weg, nämlich die Betrachtung des ganzen Einzugsgebiets: Einige Bäche werden stark genutzt, andere bleiben unberührt, einige Abschnitte wiederum werden ökologisch aufgewertet. Möglich ist das im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung. Dafür muss man sich mit der Situation auseinandersetzen, diskutieren und einen Konsens finden. • (dd)

*Das andere Problem ist, wenn plötzlich wieder viel weniger Wasser abfließt.*

Dafür braucht es ein Becken, damit der Übergang zum Niedrigwasser nicht zu rasch erfolgt. Dieses kann aber vielleicht kleiner dimensioniert werden, denn beim langsamen Zurückfahren der Turbinen könnten die Batterien wieder geladen werden. Eine Herausforderung sind noch die Grössenordnungen, denn Grossbatterien mit mehreren 100 MW Leistung sind noch nirgends im Einsatz.

« Der Schwall entsteht in den Flüssen, weil man schnell viel Energie zur Verfügung stellen will. »

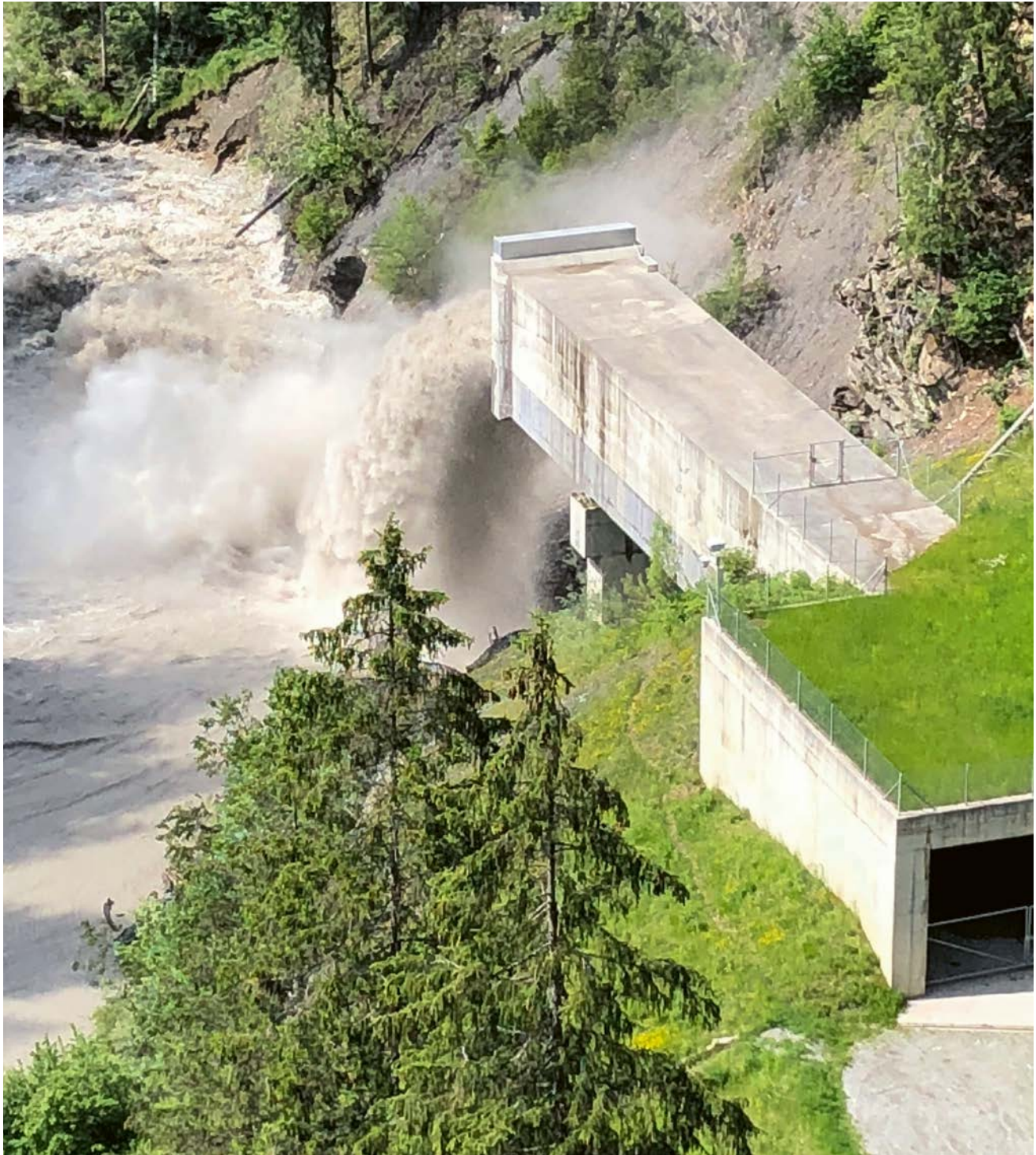
*Bei den Defiziten beim Geschiebetrieb ist nicht nur die Wasserkraft der böse Bub. Es gibt unzählige Schwellen und Geschiebesammler, die dem Schutz vor Hochwasser oder Murgängen dienen. Bei Stau-becken ist es hingegen offensichtlich, dass weder Kies noch Steine die Staumauer passieren können. Welche Lösungsansätze stehen im Vordergrund?*

Wie bei den Fischen ist die Wasserkraft ein wichtiger Player, aber nicht allein schuld. Querbauwerke und Geschiebesammler, die der Stabilisierung der Sohle und dem Schutz vor Naturgefahren dienen, gehen auf das Konto des Schutzwasserbaus. Bei den Geschiebesammlern gibt es Bestrebungen, diese besser durchgängig zu machen. Man kann sie auch als Dosiersperren bezeichnen. Bei kleineren Hochwassern soll das Material weitergeleitet werden; bei viel Geschiebe, das Probleme verursachen würde, muss es hingegen zurückgehalten werden. Im Wasserkraftbereich würde ich unterscheiden zwischen den grossen Speichern und den Laufkraftwerken. Die grossen Speicher im alpinen Raum halten tatsächlich alles Geschiebe zurück, Laufkraftwerke können hingegen eher geschiebedurchgängig gestaltet werden. Am Tiroler Inn senkt man zum Beispiel an mehreren Tagen im Jahr die Staukote ab, um frei fließende Verhältnisse zu schaffen. Das ist nötig, um abgelagertes Geschiebe zu mobilisieren und Hochwasserschutzproblemen vorzubeugen. Teilweise kann das Geschiebe hydraulisch durchgeleitet werden, teilweise muss es mit Baggern herausgenommen werden. Im letzteren Fall kann es dem Fluss weiter unten wieder zurückgegeben werden.

*Wann wird es problematisch?*

Wenn in einem Fluss zu wenig Geschiebe vorhanden ist, kann es zu Eintiefungen der Sohle kommen. 1970 stürzte eine Brücke bei Buchs ein, weil man dem Alpenrhein zu viel Kies entnommen und der Fluss sich eingetieft hatte. Geschiebe und vor allem Kies sind zudem aus ökologischer Sicht sehr wichtig.





Um der Verlandung im Stausee Solis entgegenzuwirken, erstellte das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich einen Geschiebeumleitstollen. Im Bild das Auslaufbauwerk am 12. Juni 2019 (vgl. «Ein Bypass für Sedimente», S. 31).

Im alpinen Raum ist oft mehr Geschiebe vorhanden, als transportiert werden kann. In einigen Speichern werden so viele Sedimente eingetragen, dass sie rasch verlanden. Das ist im Stausee Solis im Albultal der Fall. Um das Problem zu entschärfen, baute das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich einen Geschiebeumleitstollen. Davon profitieren aus ökologischer Sicht auch die Gewässerabschnitte unterhalb der Staumauer.

*Wäre das ein Modell auch für andere Talsperren?*

Schon, aber es ist eine teure Sache. Sedimentumleitstollen sind bei kleineren und mittleren Talsperren je nach Geschiebefracht und Gefälle interessant. Weltweit gibt es nur ein paar Dutzend Umleitstollen, in der Schweiz stehen einige, die aber alle aus betrieblichen Gründen gebaut wurden. Hydraulische Lösungen mit Spülungen, Umleitstollen oder Umleitgerinnen sind natürlich eleganter.

*Wo liegen in der Schweiz die Flussstrecken mit den grössten Geschiebedefiziten?*

Diese Flussstrecken sind im Rahmen der strategischen Planung zum Geschiebehaushalt identifiziert worden. Ein Geschiebedefizit weisen vor allem die Aare, der Hochrhein, die Saane, die Limmat und zum Teil die Reuss auf. Weniger kritisch sind Rhone und Ticino. Vor allem in der Nordschweiz betragen die Defizite im Vergleich zur natürlichen Situation oft 80 bis 100%. Das sind auch die Flüsse, wo sich Kraftwerk an Kraftwerk reiht. Bei diesen Stauketten fehlen uns noch intelligente Lösungen zur Geschiebedurchleitung. Derzeit werden in Rhein, Limmat, Aare und Reuss regelmässig Kiesschüttungen eingebracht. Diese erfolgen, um lokal bessere Lebensräume zu schaffen, etwa für kieslaichende Fische.

*Das ist ein Plädoyer, die Sanierung des Geschiebehaushalts mit dem grossen Projekt der Gewässerrevitalisierung zu koordinieren.*

Das gehört unbedingt zusammen. Die Frage ist: Was ist naturnah und was ist der anzustrebende Zielzustand? Geschiebe bringt unter Umständen nicht so viel, wenn die Gewässerbreite ungenügend ist. Manchmal lässt sich sehr viel erreichen, indem man einem Fluss wieder mehr Raum zugesteht. Geschiebe ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für mehr Biodiversität in den Flüssen.

« Bei diesen Stauketten fehlen uns noch intelligente Lösungen zur Geschiebedurchleitung. »

*Der Sanierungsfahrplan mit der Frist bis 2030 ist ehrgeizig.*

Wir sind jetzt auf halbem Weg. Der Startschuss erfolgte 2011 mit dem revidierten Gewässerschutzgesetz. Viele erachteten das damals als sportlich, vor allem, weil man zum Teil noch keine Lösungen hatte. Umgekehrt kann man aber sagen, dass der ehrgeizige Fahrplan auch viel Schub bewirkt hat. Wenn wir die Kosten betrachten, dann wird die Milliarde Franken, die vorgesehen ist, nicht reichen. Aber mit diesem Geld kann man erst mal viel Gutes bewirken. Wichtig ist eine Priorisierung. Zuerst sollten die Projekte mit viel Nutzen angepackt werden. Der Flaschenhals bei der Realisierung sind übrigens nicht nur die finanziellen Mittel, sondern oft auch die menschlichen Ressourcen und der Mangel an Fachleuten.

*Die Frage drängt sich auf: Wie kann die ökologische Sanierung der Wasserkraft vor dem Hintergrund der Energiestrategie 2050 gelingen?*

Ich frage mich, ob man nicht fragen muss: «Wie kann die Energiestrategie bezüglich der Ziele für die Wasserkraft vor dem Hintergrund der Ökologisierung der Wasserkraft gelingen?» Zunächst sind das ja schon Zielkonflikte. Durch mehr Ökologie bei der Wasserkraft geht bei der Produktion etwas verloren. Es fragt sich, wo denn der Wert der Wasserkraft für die Energiestrategie liegt. Nach meinem Dafürhalten stehen etwas zu einseitig immer nur die Jahreskilowattstunden im Vordergrund. Der Trumpf der Wasserkraft liegt aber vor allem in der Speicherung und der Winterenergie. Die zusätzlich benötigten Kilowattstunden müssen primär von anderen Technologien kommen. Zum Beispiel von der Photovoltaik. Diese wiederum benötigt Speichermöglichkeiten.

« Der Flaschenhals bei der Realisierung sind übrigens nicht nur die finanziellen Mittel, sondern oft auch die menschlichen Ressourcen und der Mangel an Fachleuten. »

*Könnte der Verlust an Stromproduktion anderswo kompensiert werden?*

Würden etwa 20 bestehende alpine Wasserkraftspeicher ausgebaut, könnten 2 bis 2.5 TWh mehr saisonal gespeichert werden. Ein solcher Ausbau würde die reine Jahresproduktion zwar nur unwesentlich erhöhen, aber zusätzliche Kapazitäten für wertvolle Winterenergie schaffen. Die Stau-mauern Mauvoisin und Luzzone wurden beispielsweise um einige Meter erhöht, für den Grimsel besteht ein Projekt. Die zweite Stossrichtung wäre, neue Speicher im hochalpinen Raum zu schaffen, dort, wo durch den Rückzug der Gletscher neue Standorte entstehen. Der Triftgletscher im Berner Oberland ist ein gutes Beispiel. Bei vielen potenziellen Standorten gibt es aber Konflikte mit den Schutzinteressen. Daher kann ich mir auch nicht vorstellen, dass am Alpenrhein oder am Hochrhein in bisher noch nicht genutzten Abschnitten neue Flusskraftwerke gebaut werden. Die Abwägung zwischen Schutz und Nutzung der Gewässer bleibt eine gesellschaftliche Aufgabe. •

*Lukas Denzler, dipl. Forst-Ing. ETH/ Journalist, Korrespondent TEC21*