

Sediment-Bypass schützt Stauseen

Bäche und Flüsse schwemmen Sand, Kies und Gestein in die Täler. Dieses Geschiebe ist für die Betreiber von Wasserkraftwerken in den Alpen ein grosses Problem, denn es führt zur Verlandung von Stauseen und beschädigt Kraftwerksturbinen. Abhilfe können Umleitstollen schaffen, die die Feststoffe bzw. Sedimente an Stauseen und Turbinen vorbeiführen. ETH-Forscher suchen nach Wegen, wie solche 'Sediment-Bypässe' langlebig und kostengünstig gebaut werden können.



ETH-Forscherin Michelle Hagmann begutachtet die Granitplatten am Boden des Geschiebe-Umleitstollens Pfaffensprung bei Wassen im Kanton Uri. Foto: B. Vogel

Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Eng ist das Reusstal zwischen Erstfeld und Andermatt, eingefasst von steilen, steinigten Hängen. Wenn hier ein starker Gewitterregen niedergeht, schwellen die Bäche an und schieben Gestein und Geröll mit gewaltiger Kraft ins Tal. Nicht selten beschädigen sie die Eisenbahntrasse oder die Autobahn. Eine leidige Sache sind die Massen an Gestein, Kies und Sand auch für die Betreiber der Wasserkraftwerke in Göschenen, Wassen und Amsteg. Denn wenn das Geschiebe in Stauseen

gelangt und diese auffüllt, schwindet das Volumen der Staubecken. Mit weniger Füllvolumen aber schrumpft das Potenzial der Stromproduktion. Ein Problem, das im erodierten Reusstal besonders virulent ist.

Steinblöcke in Kubikmetergrösse

Dieser Umstand beschäftigte die Ingenieure bereits vor knapp 100 Jahren, als die Kraftwerke an der Urner Reuss entstanden. Zur Abhilfe bauten sie unterhalb von Wassen am sogenannten Pfaffensprung im Jahr 1922 erstmals in der Schweiz einen Umleitstollen für Geschiebe. Dieser Sediment-Bypass ist

2 Sediment-Bypass schützt Stauseen

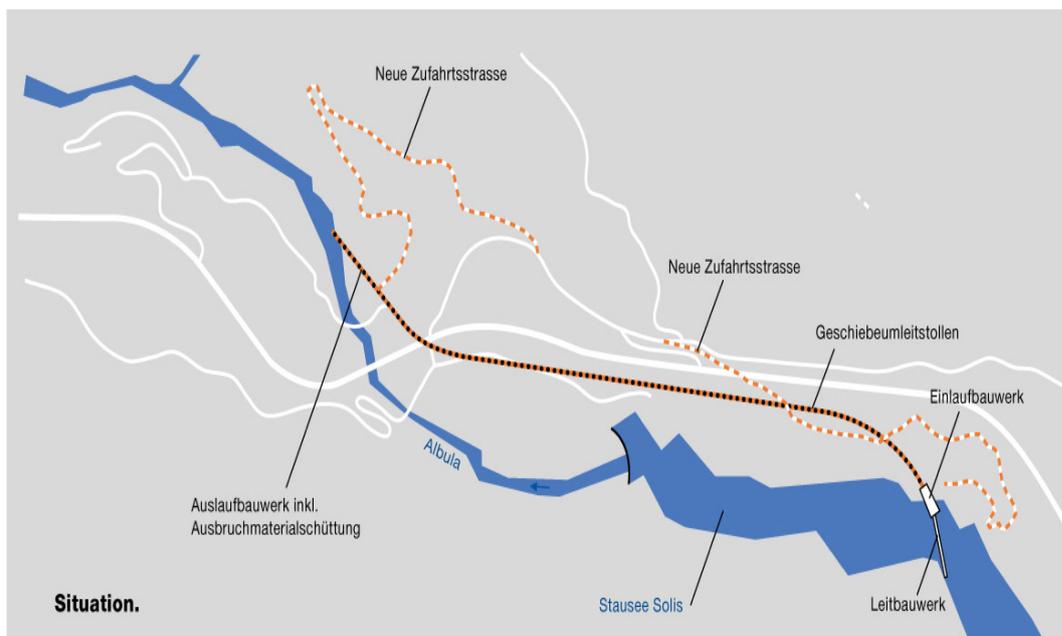
280 Meter lang und führt unterirdisch am Ausgleichsbecken vorbei. Zum Einsatz kommt er vor allem bei Reuss-Hochwasser: Dann lenkt ein Wehr das Geschiebe in den Stollen, bevor dieses in den See gelangen kann und bewahrt so das Ausgleichsbecken vor Verlandung. Der Stollen am Pfaffensprung hat einen hufeisenförmigen Querschnitt und ist gut fünf Meter hoch. Während eines starken Gewitters donnern hier pro Sekunde bis zu 250 Kubikmeter Wasser durch und tragen bis zu einen Kubikmeter grosse Steinblöcke mit sich.

Heute ist der Stollen trocken und kann betreten werden. Grund sind mehrmonatige Sanierungsarbeiten während der Wintermonate. Eine Frau mit Helm und Handschuhen kauert am Boden und zeigt auf eine Abplatzung an der Kante einer Granitplatte: „Ist der Boden des Stollens einmal beschädigt, können sich die Schäden durch die Wucht des nachfolgenden Geschiebes schnell ausbreiten.“ Michelle Hagmann ist Bauingenieurin und erforscht im Rahmen ihrer Doktorarbeit, welche Schäden ein Unwetter im Stollen anrichten, also wie stark das Geschiebe der Sohle des Stollens zusetzt. „Konkret untersuche ich hier Abrasionsresistenz und Wirtschaftlichkeit



Das Leitwehr bei Wassen (UR) staut die Reuss, damit Wasser und Geschiebe bei Bedarf in den Umleitstollen (rechts hinter der Mauer) geleitet werden können. Foto: B. Vogel

von Granit sowie hochfestem Beton mit und ohne Stahlfasern“, sagt die Forscherin der ETH Zürich. Seit 2012 kommt sie stets im Februar oder März zum Pfaffensprung und misst

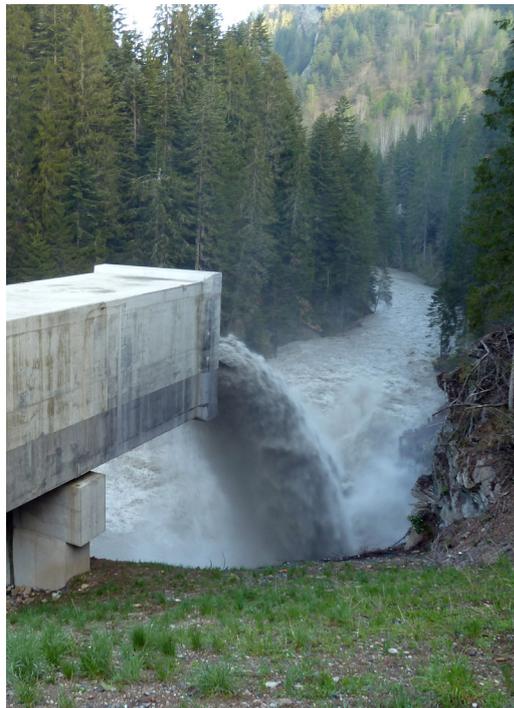


Sediment-Bypass in Graubünden: Der 2012 eröffnete Umleitstollen führt bei einer Hochwassersituation das Geschiebe am Stausee Solis vorbei. Grafik: ewz

3 Sediment-Bypass schützt Stauseen

mit einem 3D-Lasermessgerät, wie sich die Schäden am Stollen in den letzten zwölf Monaten entwickelt haben. Laut ihren Messungen betrug der mittlere Materialabtrag (Abrasion) im ersten Jahr bei den Granitplatten 0,3 mm und 1,5 cm beim Beton. Nun will sie herausfinden, wie die Schäden mit Abfluss- und Geschiebemengen in Beziehung stehen.

Hagmann macht ihre Erhebungen nicht nur im Urner Reusstal, sondern auch im Kanton



Das Auslaufbauwerk bildet das Ende des Umleitstollens beim Stausee Solis: Hier gelangen das umgeleitete Wasser und Geschiebe zurück ins Flussbett der Albula. Foto: ewz

Graubünden, wo 2012 unterhalb von Tiefencastel beim Solis-Stausee ein neuer Sediment-Bypass in Betrieb genommen wurde. Hier untersucht sie nicht nur drei verschiedene Sohlmaterialien wie am Pfaffensprung, sondern sieben: fünf Arten von Beton, daneben Stahl und Basalt. Zudem versucht sie an diesem zweiten Forschungsplatz auch den Geschiebetransport messtechnisch zu quantifizieren. Dies gelingt mit Geophonen, einer Messmethode, bei der die Schwingungen

von in der Sohle eingebauten Stahlplatten ausgewertet werden, um daraus auf die Geschiebemenge zu schliessen, die den Stollen durchquert.

Grundlagen für den Bau neuer Anlagen

Das Forschungsprojekt von Michelle Hagmann ist eines von drei Vorhaben mit ähnlicher Stossrichtung an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich. Die Wissenschaftler untersuchen mit finanzieller Unterstützung von Swisselectric Research, des Bundesamts für Energie, CemSuisse, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz), Gommerkraftwerke und Fondazione Lombardi, welche Schäden Geschiebe und Feinsedimente im Umfeld von Wasserkraftwerken anrichten. Christian Auel, ein Forscherkollege von Hagmann, hat an der ETH ein 12 Meter langes Modell eines Sediment-Bypasses im Massstab 1:15 aufgebaut. An dem Modell untersucht er Abflusscharakteristik und Bewegungsmuster der abgeführten Sedimente sowie den daraus resultierenden Materialabtrag an der Sohle. Seine Ergebnisse sollen künftig helfen, neue Sediment-Bypässe z.B. bezüglich Grösse, Gefälle und Ausbaudurchfluss so zu planen, dass der Materialabtrag minimiert wird, während die Sedimenttransportkapazität ausreicht, um die Verlandung des Sees zu stoppen und ein Verstopfen des Bypasses zu verhindern. Ein weiterer Forscher, David Felix, erforscht die Schäden, die Feinsedimente an den Turbinen von Wasserkraftwerken anrichten und wie diese durch gezielte Betriebseinstellungen bei hohen Sedimentgehalten minimiert werden können, ohne zu grosse Ertragsausfallkosten zu riskieren. Allen drei Forschungsarbeiten haben zum Ziel, langfristig zu einer noch nachhaltigeren und wirtschaftlicheren Energieproduktion aus Wasserkraft beizutragen.

Diese Forschungsaktivitäten kommen nicht von ungefähr. „Je älter Speicherseen werden, desto ausgeprägter tritt die Verlandungen zu Tage. Die Problematik dürfte sich in Zukunft verschärfen, wenn durch Klimaerwärmung, Rückgang von Permafrost und den Rückzug

der Gletscher noch verstärkt Sedimente freigesetzt werden“, sagt Prof. Robert Boes, Professor für Wasserbau an der ETH Zürich und Direktor der VAW. Bei der Stauanlage Mauvoisin im Unterwallis mussten vor rund zehn Jahren im Zuge der fortschreitenden Verlandung die Wasserfassung und der Grundablass angehoben werden. Beim Stausee im bündnerischen Solis ging man einen Schritt weiter und nahm Mitte 2012 einen 850 m langen Sediment-Bypass in Betrieb. Zuvor hatte der 1986 angelegte Speichersee die Hälfte seines Speichervolumens eingebüsst, da jährlich durchschnittlich 80 000 m³ Geschiebe in den See gelangt waren. Mit dem Umleitstollen hofft der Besitzer des Stausees – das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) – einer weiteren Verlandung vorbeugen zu können. „Wir erwarten, dass in Zukunft weitere Sediment-Bypässe gebaut werden, um der Stauraumverlandung Herr zu werden“, sagt Boes, „unsere Forschung wird helfen, hier wirksame und wirtschaftlich vertretbare Lösungen zu finden.“

Granit ist die erste Wahl

Der Umleitstollen am Urner Pfaffensprung ist 92 Jahre alt. Seit dem Bau musste er wiederholt instandgesetzt werden. Und bei jeder Sanierung versuchten die Bauingenieure, eine noch geeignetere Lösung zu finden. Erst trugen sie auf dem Boden eine Verschleisschicht aus Beton und Basaltplatten auf. Später versuchten sie den Materialabtrag durch einbetonierte Eisenbahnschienen, Stahlplatten und Spezialbeton zu begrenzen. Keiner dieser Bodenbeläge hat am Ende überzeugt. „Jetzt haben wir uns entschieden, den Stollen mit 30 cm starken Granitplatten auszulagern. Nur ganz oben, beim Einlauf, da werden wir wohl Beton einsetzen“, sagt Martin Walker von der Kraftwerk Amsteg AG. Diese Lösung verspricht Beständigkeit, billig ist sie nicht. Die fünfzig Laufmeter Granitplatten, die jüngst in dem 280 Meter langen Stollen verlegt wurden, kosten 500 000 Fr.

Hagmann unterstützt die getroffene Lösung aufgrund ihrer bisherigen Forschungsergeb-

nisse. „In diesem Stollen sind die Geschiebekörner sehr gross und rollen oder springen über die Sohle, da sind Granit und Beton eine gute Wahl. Anderswo, wo die Körner klein sind und im Wasserstrom schweben, würde ich zu Basaltplatten raten“, sagt sie. Mit ihren Messungen gelangt die ETH-Forscherin also vorläufig zum selben Schluss wie die Stollenbetreiber durch ihre jahrzehntelange Erfahrung.

Für die Sanierung dieses Stollens kommt die Arbeit, die Michelle Hagmann Ende 2015 abschliessen will, zu spät. Bei Bau und Sanierung anderer Sediment-Bypässe im In- und Ausland könnte ihr Wissen aber zum Tragen kommen. Denn dass solche Umleitstollen zunehmend gebraucht werden, scheint ausser Zweifel zu stehen. „Global geht mehr Speichervolumen durch Verlandung verloren als neu zugebaut wird“, sagt Klaus Jorde, Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wasserkraft.

- » Zusätzliche Auskünfte zur Thematik erteilt Dr.-Ing. Klaus Jorde, Leiter des BFE-Forschungsprogramms 'Wasserkraft': klaus.jorde@kjconsult.net
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wasserkraft unter: www.bfe.admin.ch/CT/hydro

Ausbaggern geht nicht

Geschiebe-Umleitstollen – auch Sediment-Bypässe genannt – sind noch wenig verbreitet, weil ihr Betrieb bei grossen Speicherseen nicht wirtschaftlich ist. Die acht Bypässe an Wasserkraftwerken in der Schweiz findet man denn auch bei mittleren bis kleinen Stauseen. Pfaffensprung und Solis, wo Michelle Hagmann ihre Feldforschung betreibt, sind zwei davon. Weitere Stollen gibt es in Runcahez (GR), Egschi (GR), Flims (GR), Hintersand (GL), Rempen (SZ) und Palagnedra (TI). Bypässe kennen auch andere Länder, insbesondere Japan, sowie Taiwan und Ecuador.

Sind Geschiebe und Sedimente einmal in einen Speichersee gelangt, könnte man sie im Prinzip auch durch Ausbaggern entfernen. Dies ist in der Regel aber zu aufwändig bzw. zu teuer. Ein anderer Weg, um die Sedimentablagerungen zumindest zu verringern, besteht darin, Stauseen regelmässig, z.B. einmal im Jahr, zu spülen. Diese Massnahme ist aber nur für kleinere Speicherseen sinnvoll. BV