



Über den Umleitstollen gelangen Sedimente zurück in die Albula.

Das Potenzial von Stauseen bewahren

Forschungsprojekt zur Verlandung von Stauseen | Steter Tropfen höhlt den Stein – das gilt auch für die Alpen: Durch witterungsbedingte Erosion gelangen Steine, Kies, Sand und Schluff in die Stauseen und schmälern das Speichervolumen. Ein Forscherteam der ETH Zürich hat nun nachgewiesen, dass Geschiebe-Umleitstollen das Problem deutlich entschärfen können.

BENEDIKT VOGEL

Klaus Jorde leitet beim BFE das Forschungsprogramm Wasserkraft und hat als Berater Erfahrung mit Wasserkraftprojekten weltweit. Ein Problem, dem er immer wieder begegnet, ist die zunehmende Verlandung von Stauseen: «Der Eintrag von Steinen, Kies und Feinsedimenten verringert über die Jahre das Stauvolumen der Seen und damit das Potenzial der Energiespeicherung. Weltweit geht durch Verlandung mehr Stauvolumen verloren als durch den Bau neuer Stauanlagen hinzugewonnen

werden wird», sagt Jorde. Wie stark ein Stausee von Verlandung betroffen ist, hängt von zahlreichen Faktoren (z. B. Geologie und Erosion im Einzugsgebiet, Transportfähigkeit des Zustroms, Grösse des Speichersees, mittlere Aufenthaltszeit des Wassers im See) ab. Bei gewissen Stauseen droht bereits nach wenigen Jahren eine starke Verlandung, andere haben auch nach hundert Jahren noch kein Problem.

Die Verlandung von Speicherseen ist auch in der Schweiz virulent. Gemäss einer kürzlich erschienenen Studie der

United Nations University in Kanada wird in Schweizer Stauseen 33% des Stauvolumens bis 2050 durch Verlandung verloren gehen. Prof. Robert Boes, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der ETH Zürich, beurteilt die Situation differenzierter: «Nach unserer Einschätzung wird die Verlandung im Durchschnitt aller Stauseen nicht so hoch ausfallen. Allerdings sehen wir Stauanlagen, die heute schon Probleme mit grossen Ablagerungen haben und wo wir dringlich Lösungen

brauchen.» Ablagerungen vermindern nicht nur das Speichervolumen, sie können auch zu einem Sicherheitsproblem werden, wenn sie bis zur Stau-mauer vordringen und dort die Einläufe bzw. Auslässe verstopfen, über die man den Stauseen Wasser entnimmt bzw. diese in kritischen Situationen entleeren kann.

Geschiebe vom Stausee fernhalten

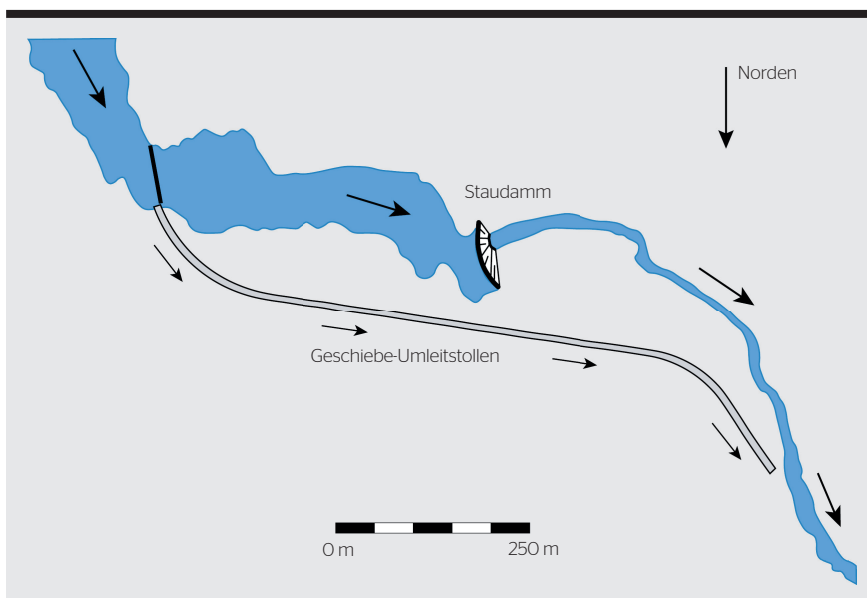
Bekannt für sein Verlandungsproblem ist der Solis-Stausee unterhalb von Tiefencastel (GR). Der Stausee wurde 1982 bis 1986 für damals 25 Mio. CHF erbaut und verlor in den folgenden 30 Jahren die Hälfte seines Speichervolumens, obwohl Kies regelmässig an der Stauwurzel ausgebaggert wurde. Berechnungen ergaben, dass die Albula so viel Geschiebe in den See trägt, dass der Speichersee nach 20 Jahren nicht mehr genutzt werden könnte. Um Abhilfe zu schaffen, wurde 2012 vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, das den Stausee über die Kraftwerke Mittelbünden betreibt, ein 968 m lange Umleitstollen in Betrieb genommen. Der 968 m lange Stollen führt Steine, Kies, Sand und Feinsedimente an der Stau-mauer vorbei ins Unterwasser, von wo sie von der Albula in natürlicher Weise flussabwärts geschwemmt werden. Der Umleitstollen ist nur während Hochwasserabflüssen in Betrieb, wenn grosse Wassermassen aus den Gipfel-lagen viel Sedimente talwärts bewegen.

Nebst dem Bau von Umleitstollen, von denen in der Schweiz zwölf an kleineren und mittleren Stauseen in Betrieb sind, gibt es noch weitere Instrumente, um die Verlandung von Stauseen einzudämmen:

- Massnahmen oberhalb des Stausees können den Eintrag von Sedimenten in den Stausee reduzieren. Beispielsweise lässt sich die Erosion im Einzugsgebiet durch Aufforstung vermindern. Steine, Kies und Sand können ferner mit Geschieberückhaltesperren abgefangen werden (die dann regelmässig geleert werden müssen). Denkbar wäre auch das Anlegen eines zusätzlichen «Entsandungssees» unterhalb von Gletschern, wo sich Sedimente absetzen, bevor sie in weiter unten gelegene Talsperren gelangen.



Der Einlass in den Umleitstollen ist links unten zu sehen. Blick gegen die Fliessrichtung der Albula.



Der Umleitstollen beim Solis-Stausee beginnt im Stausee. Andere Umleitstollen nehmen das sedimenthaltige Wasser bereits bei der Stauwurzel auf, was zwar sehr effektiv ist, aber auch teuer.

- Sedimente können aus dem Stausee gebaggert, abgepumpt oder ausgeschwemmt werden. Der kleine Gibidum-Stausee (VS) zum Beispiel wird alle ein bis zwei Jahre entleert, und dabei werden die Sedimente ausgespült. Die Möglichkeit, mit Feinsedimenten versetztes Wasser zu turbi-

nieren (wie in Bolgenach/Vorarlberg), wird bisher noch kaum genutzt, könnte aber in Zukunft eine Option sein, wenn die entsprechenden Forschungsprojekte erfolgreich verlaufen.

- Möglich sind auch bauliche Anpassungen, beispielsweise die Erhöhung einer Staumauer, um das Stauvolu-



Ein ferngesteuertes Boot mit Messgeräten u.a. für die Erfassung der Höhe des Stauseebodens und der Strömungsgeschwindigkeiten, das vom VAW-Forschungsteam auf dem Solis-Stausee eingesetzt wurde.

men zu erhöhen und damit das durch Sedimente verloren gegangene Wasservolumen zu kompensieren. Dies geschah beispielsweise 1989/91 beim Lac de Mauvoisin (VS). Bei Neuanlagen kann es günstig sein, diese in Nebentälern zu bauen und das Wasser des Hauptgewässers zu fassen und erst nach einer Entsandung beizuleiten. Somit können Sedimente effizient vom Stausee ferngehalten werden.

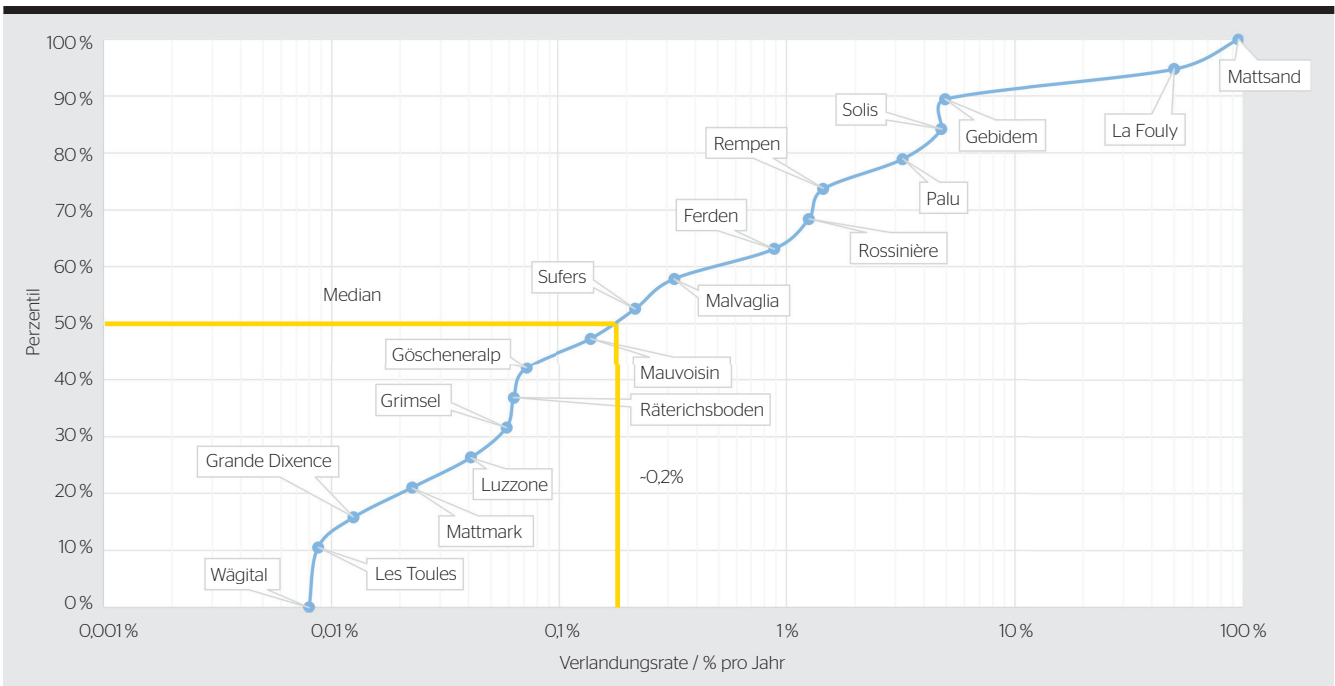
Wie effizient der Umleitstollen beim Solis-Stausee seine Arbeit verrichtet, untersuchte in den letzten zehn Jahren ein VAW-Forscherteam. Das Team suchte auch Optimierungsmöglichkeiten, die beim Bau neuer Umleitstollen beachtet werden sollten. Die Forscher setzten ausgeklügelte Methoden ein, mit denen sie die Geschiebemenge in einem Gebirgsstrom, aber auch den Sedimenteintrag im Stausee

zuverlässig bestimmen können. Das Projekt wurde vom BFE finanziell unterstützt.

Der Sedimenteintrag verringerte sich massiv

Die mehrjährigen Messungen zeigen: Von Oktober 2018 bis November 2021 wurden netto knapp 50 000 m³ Sedimente im Stausee abgelagert. Im gleichen Zeitraum wurden mittels Umleitstollen gut 200 000 m³ an Sediment um den Stausee geleitet. Ohne Umleitstollen wäre der Stauseegrund in dieser Zeit um durchschnittlich rund 1 m angehoben worden. Dank des Umleitstollens haben sich also nur noch 12 % des im Zufluss enthaltenen Sediments im Stausee abgesetzt; ohne Umleitstollen wären es 83 % gewesen (die restlichen 17 % hätten den See über das Turbinenwasser bzw. die Auslässe verlassen). Dank der Massnahme konnte die jährliche Verlandung von 81 000 m³ auf 17 000 m³ gesenkt werden.

Dass Umleitstollen wirksam sind, war schon früher bekannt. Interessant sind die neuen Ergebnisse insbesondere deshalb, weil der Solis-Umleitstollen das sedimenthaltige Wasser nicht beim Zufluss, sondern in der Mitte des Stausees aufnimmt und von dort um die Staumauer führt. «Wir konnten zeigen, dass auch dieser Typ von



Die Grafik zeigt die Verlandungsrate (abgesetztes Sediment pro Jahr im Vergleich zum Stauvolumen) für ausgewählte Schweizer Stauanlagen unter Berücksichtigung allfälliger Sedimentmanagement-Massnahmen.

Bilder: Schlussbericht RESEMO; Dähni (2022)/VAW mit Daten von Beyer, Portner, Schleich (1998)

Geschiebe-Umleitstollen einen Wirkungsgrad hat, der mit anderen Umleitstollen in der Schweiz oder zum Beispiel auch in Japan vergleichbar ist», sagt Projektleiter und VAW-Forscher Ismail Albayrak.

Empfehlungen an die Betreiber

Die Albula wird kurz nach Tiefencastel durch die Solis-Talsperre gestaut. Von der Mündung in den Stausee, der so genannten Stauwurzel, bis zum Einlauf des Umleitstollens sind es gut zwei Kilometer. Wenn der Gebirgsfluss Sedimente in den See einträgt, werden diese durch das Seewasser gebremst. Je höher der Wasserstand, desto grösser die Bremswirkung. Das bedeutet: Die Betreiber des Stausees können den Sedimenttransport von der Stauwurzel bis zum Beginn des Umleitstollens beschleunigen, indem sie den Wasserspiegel senken. Wird der See genügend stark abgesenkt, reisst die einströmende Albula sogar Sedimente mit sich, die früher im See abgelagert worden waren, und befördert diese zum Umleitstollen. Dadurch entweicht durch den Stollen mehr Gesteinsmaterial, als die Albula im gleichen Zeitraum in den See transportiert.

Der Umleitstollen arbeitet in dieser Situation also mit einem Wirkungsgrad von über 100%. Die ETH-Forscher konnten zeigen, dass der Wirkungsgrad bei günstigen Betriebsbedingungen (tiefer Wasserstand) bis zu 250% betragen kann. Der Umleitstollen wirkt

jetzt quasi wie eine Einrichtung, die Sedimente aus dem See «absaugt» und damit dessen Speichervolumen wieder erhöht. Auf der Grundlage dieser Beobachtungen können die Wissenschaftler den Betreibern des Solis-Stausees genaue Vorgaben machen: «Für hohe Wirkungsgrade zwischen 70% und 250% sollte der Mindest-Wasserspiegel um 813 Meter über Meer liegen», hält der Schlussbericht des Projekts fest.

Neue Forschungsansätze sind gefragt

Umleitstollen können die Verlandung von Stauseen wirksam eindämmen, wie das Beispiel Solis belegt. Die technische Lösung hat indes auch Nachteile: Wegen der beträchtlichen Kosten kommen Umleitstollen nur für kleinere Stauseen in Frage. Wirtschaftlich ungünstig ist zudem, dass das durch Umleitstollen geleitete Wasser nicht für die Stromproduktion genutzt werden kann.

Um der Verlandung entgegenzuwirken, sind also weitere Ansätze gefragt. Einen davon untersuchen die ETH-Forscher beim Bolgenach-Stausee in Vorarlberg: Die im Stausee abgelagerten Feinsedimente werden vom Seegrund hochgepumpt und dem Wasser in kleinen Dosen zugesetzt, das für die Stromproduktion genutzt wird. Die beteiligten Forscher wollen herausfinden, wie sich die Dosierung und die Sedimentpartikelgrößen auswirken

und ob der Abrieb der Turbinen in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden kann, wenn man sie mit einem robusten Schutzfilm beschichtet.

Literatur

- Der Schlussbericht zum Projekt «Reservoir sedimentation, management and operation at the case study reservoir Solis» ist abrufbar unter: www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=41723
- Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wasserkraft finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-wasser.

Autor

- Dr. **Benedikt Vogel** ist Wissenschaftsjournalist.
- Dr. Vogel Kommunikation, DE-10437 Berlin
- vogel@vogel-komm.ch

Auskünfte zum Forschungsprojekt erteilt Klaus Jorde (klaus.jorde@kjconsult.net), externer Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wasserkraft.

La version française de cet article sera publiée dans le prochain numéro du Bulletin.

Hintergrund

Sedimente

Der Begriff «Sedimente» umfasst mineralische Partikel aller Grössenordnungen: die grossen (Steine, Kies, Grobsand) werden als Geschiebe an der Gewässersohle transportiert, die feineren (feinerer Sand, Schluff, Ton) meist schwebend in der Wassersäule. Sedimente und Schwimmstoffe (vor allem Holz) werden im Begriff «Feststoffe» zusammengefasst. Für Schluff wird in der Schweiz gern auch die englische Bezeichnung Silt verwendet.



CO₂-reduziert in die Zukunft!

Im April 2023 wurde der erste CO₂-reduzierte Transformator erfolgreich in einem Verteilnetz in Betrieb genommen.

Durch die Verwendung von CO₂-reduziertem #bluemint® Steel Elektroband von @thyssenkrupp Steel konnten in der Produktion des Eisenkerns 2400kg CO₂ eingespart werden.

Dies ist unser Beitrag, um unsere Kunden in Ihrer Nachhaltigkeit zu unterstützen. Erfahren Sie mehr zu diesem ersten Erfolg und besuchen Sie die Rauscher & Stoecklin AG an der 10. EXPO Energietechnik.



Rauscher & Stoecklin AG - Reuslistrasse 32 - 4450 Sissach - www.the-group.com

