Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 101 (2009)

Heft: 3

Artikel: Sedimentausleitung aus dem Speicher Gübsensee über die Triebwasserleitung

Autor: De Cesare, Giovanni / Baumann, Remo / Zuglian, Reto

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941942

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sedimentausleitung aus dem Speicher Gübsensee über die Triebwasserleitung

■ *Giovanni De Cesare, Remo Baumann, Reto Zuglian, Fernando Binder*

1. Einleitung

Die Verlandung des Gübsensees ist schon seit längerer Zeit ein Thema, mit dem sich der Betrieb des Kraftwerks Kubel der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK) intensiv auseinander gesetzt hat. Von den ursprünglich rund 1.5 Mio. m^3 Nutzvolumen sind heute noch 1.1 Mio. m^3 vorhanden. Über 300 000 m^3 Sedimente konnten sich im Laufe der Zeit im See ablagern. Der Betreiber führte seit Längerem alle 10 Jahre eine bathymetrische Aufnahme des Gübsensees durch. Die letzte Folgemessung stand Anfans 2007 an. Dabei stellte sich heraus, dass innerhalb der letzten 10 Jahre knapp 100 000 m^3 Material zusätzlich im Gübsensee abgelagert wurden. Pro Jahr wird also im Schnitt 10 000 m^3 Material im See deponiert. Dass der See heute nicht schon gänzlich verlandet ist, kann auf den Umstand zurückzuführen sein, dass in den ersten Betriebsjahren regelmässige Spülungen durchgeführt wurden. Die letzte dokumentierte Spülung des Gübsensees erfolgte in den 70er-Jahren. Seither wurden Entleerungen vermieden, da Umweltaspekte immer mehr in den Vordergrund traten.

Aus Sicht des Betriebes sollen mindestens 100 000 m^3 Material aus dem Gübsensee entfernt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind verschiedene Massnahmen denkbar. Der vorliegende Bericht beschreibt eine im Herbst 2007 durchgeführte Testbaggerung im Gübsensee. Dabei wurden mit einem Saugbagger Sedimente aus dem Grundablassbereich bis vor die Fassung gefördert und dem Triebwasser direkt beigegeben. Während dem gesamten Versuch wurden periodische Trübstoffmessungen im Unterwasser, bzw. im Vorfluter, der Sitter genommen und diese ausgewertet. Der Versuch zeigte, dass es durchaus ein gangbarer Weg wäre, die gewünschte Menge Sedimente mit Saugbaggern aus dem Gübsensee zu fördern und direkt zu turbinieren. Aufgrund der kantonalen Grenzwerte für den maximalen Schwebstoffeintrag in die Sitter würde die Ausbaggerung mehrere Jahre dauern.

2. Beschreibung der Anlage

Das Kraftwerk Kubel bei St.Gallen, 1900 in Betrieb gesetzt, nutzt die Wasserkraft der Urnäsch und Sitter mit einem Bruttogefälle von 97 m und einer Ausbauwassermenge von 18 m^3/s aus, indem sie diese beiden Flüsse fasst und das Wasser in den Gübsensee oberhalb des Kraftwerks einleitet. Sowohl Urnäsch wie auch die Sitter entspringen im Säntisgebiet. Feste Wehre stauen die zwei Flüsse, und durch einen seitlichen Einlauf wird die konzessionierte Wassermenge gefasst. Beide Fassungen haben einen Kiesfang, aber keinen ausgeprägten Sandfang. Der Einlaufbereich beider Fassungen wird im Hochwasserfall oder während Unterhaltsarbeiten direkt wieder ausgeleitet. Dadurch erfolgt auch eine periodische Spülung des Fassungsbereichs. Der grösste Teil der in den Stollen eingetragenen Feststoffe wird schliesslich über kürzer oder länger bis in den Gübsensee transportiert und dort deponiert. Die Ablagerung findet hauptsächlich im Bereich zwischen den Stollenmündungen und der Fassung statt.

Der Gübsensee hat grundsätzlich keine natürlichen Zuflüsse und lediglich ein sehr beschränktes direktes Einzugsgebiet. Er kann durch folgende Stichwörter charakterisiert werden:

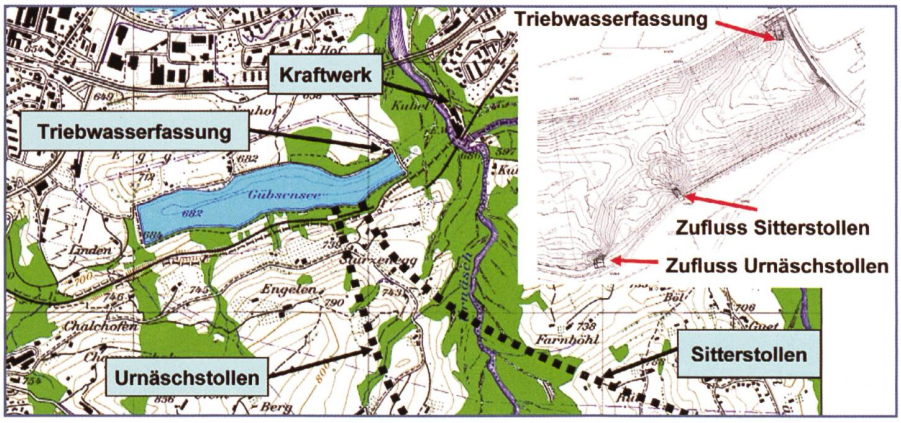


Bild 1. Situation Kraftwerk Kubel mit Zuleitungen und Gübsensee.

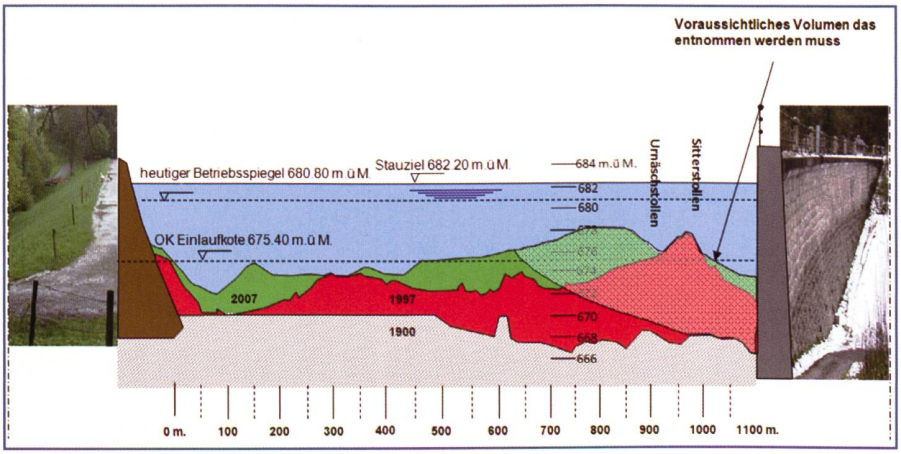


Bild 2. Schematischer Längsschnitt durch Gübsensee mit Darstellung der zeitlich versetzt eingetragenen Verlandungen.

Seeoberfläche:	0.17 km²
Stauvolumen:	
ursprünglich	1.47 Mio. m³
heutiges ca.	1.1 Mio. m³
genutztes Volumen	ca. 200 000 m³
Verlandung:	über 300 000 m³
Stauziel:	682.28 m ü.M.
Max Betriebsabsenkung:	680.88 m ü.M.
Einzugsgebiet:	
direktes	0.68 km²
Urnäsch bei Wehr	77 km²
Sitter bei Wehr	160 km²

3. Zustand der Verlandung

Bild 2 zeigt einen Längsschnitt durch den Gübsensee. Links im Bild ist der westliche Abschluss, ein Erddamm, dargestellt. Der östliche Abschluss stellt die Gübsenstaumauer dar. Die Fassung für das Kraftwerk Kubel ist nahe dieser Mauer. In der Abbildung sind die Stollenmündungen des Urnäsch- und des Sitterstollens beschrieben. Die Mächtigkeit der abgelagerten Sedimente sind denn auch in diesen Bereichen am grössten.

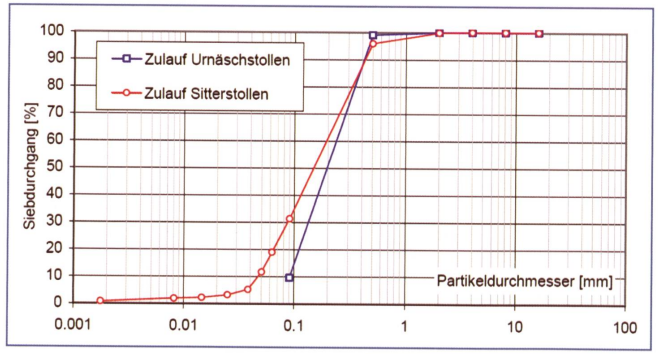


Bild 3. Korngrössenverteilung der Sedimente bei den Zulaufstollen im Gübsensee.

Bild 4. Aufnahme des anlässlich der Testbaggerung eingesetzten Saugbaggers SMART LIGHT auf dem Gübsensee.

Im 1976 wurden anlässlich allgemeiner Erneuerungsarbeiten des Kraftwerks Kubel Ablagerungen aus dem östlichen, fassungsnahen Bereich innerhalb des Sees umgelagert und im Bereich des Westdammes deponiert. Dies erklärt die in *Bild 2* zu erkennende Zunahme der Sedimente gegen den Erddamm hin. In *Bild 2* ist gestrichelt die maximale Absenkkote eingezeichnet. Bis 1997 stellten die Ablagerungen demzufolge noch kein wesentliches betriebliches Problem dar. Nur 10 Jahre später präsentiert sich das Bild allerdings schon wesentlich ungünstiger. Die eingetragenen Schwebstoffe setzten sich vor allem im östlichen, dem Einlauf nahen Bereich des Speicherbeckens ab und reduzierten in grösserem Ausmass das Nutzvolumen.

Anlässlich einer an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) durchgeführten Studie zum Verlandungsmechanismus des Gübsensee (De Cesare et al., 2006) wurde auch der Schwebstoffeintrag der einzelnen Zuflüsse untersucht. Dazu wurden sowohl beim Einlauf in die Stollen als auch beim Zulauf in den See Sedimentproben entnommen und im Labor deren Korngrössenverteilung untersucht. Wie das Diagramm in *Bild 3* zeigt, haben einzelne Partikel, welche bis zum See gelangen, einen maximalen Durchmesser von ca. 2 mm. 90% aller Sedimente weisen allerdings einen Durchmesser kleiner als ca. 0.4 mm aus. Das bedeutet, dass gemäss diesen zwei Proben über 90% der Ablagerungen aus Silt und Tonen bestehen. Über die Härte des Materials liegen keine Angaben vor. Kommt man zum Schluss, dass man die rund 100 000 m³ Ablagerungen, die man entfernen will, turbinieren wird, so sind allenfalls genauere Abklärungen noch nötig.

4. Sedimentausleitung über die Triebwasserleitung

Im Spätsommer 2007 wurde eine zweiwöchige Testbaggerung mit einem Saugbagger im Gübsensee durchgeführt. Der Saugbagger erlaubt es, bis maximal 40 m³

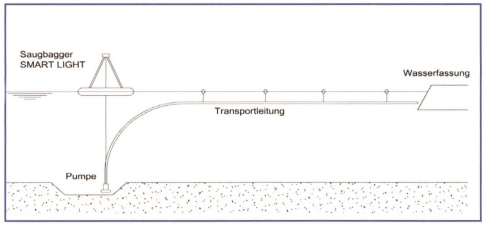


Bild 5. Schema der eingesetzten Geräte zur Sedimentaustrag und Transport bis zur Triebwasserfassung.

Bild 6. Das vor den Einlauf gepumpte Wasser-Sediment-Gemisch anlässlich der Testbaggerung (links) und Personal der SAK bei der Entnahme einer Wasserprobe in der Sitter, rund 300 m unterhalb des Eintritts des Unterwassers in den Fluss (rechts).

Sedimente, welche aus Sand und Ton bestehen, pro Stunde zu fördern, dies aus einer maximalen Wassertiefe von 110 m. Ein Jetring löst die Sedimente, und die Pumpe fördert das gelöste Material im Verhältnis 90% Wasser und 10% Feststoffe über die schwimmende Transportleitung (DN 200) bis dorthin, wo man die Ablagerungen entsorgen will. Sollte die Korngrössenverteilung der zu entfernenden Sedimente eine direkte Einleitung in die Wasserfassung nicht erlauben, so kann an Land eine Separierungsanlage zwischengeschaltet werden, welche sämtliche Komponenten >0.2 mm entfernt.

Für den Test wurde die in *Bild 4* gezeigte Installation eingesetzt. Von einem unbemannten Ponton aus, welcher vom Ufer durch Seile geführt und gehalten ist, wird eine elektrisch betriebene Pumpe mit einem Kettenzug ins Wasser gelassen und bis zum Seegrund abgesenkt. Das geförderte Material wurde bis direkt vor die Fassung des Kraftwerks Kubel transportiert und dem Triebwasser beigegeben *(Bild 5)*.

In der Sitter wurden rund 300 m unterhalb der Wasserrückgabe während der Baggerung stündlich Schwebstoffmessungen mit dem Imhofftrichter durchgeführt *(Bild 6)*. Die Meinungen über dessen Tauglichkeit gehen weit auseinander, allerdings ist er für den Testbetrieb ein einfach zu verwendendes Messgerät, welches sicherlich entsprechende Anhaltspunkte liefert. Während der gesamten Dauer wurden nur minimale Schwebstoffkonzentrationswerte gemessen *(Bild 7)*. Hierbei sollte die Entnahmemethode, resp. die Trübungsmessung noch genauer Untersucht werden, um ein repräsentatives Resultat zu erreichen.

Gemäss den festgehaltenen Werten wurden innerhalb der rund 10 Tage Betrieb knapp 20 m³ Material ausgetragen, allerdings wird die effektive Leistung auf rund 50 m³ geschätzt. Dies aus folgenden Gründen:

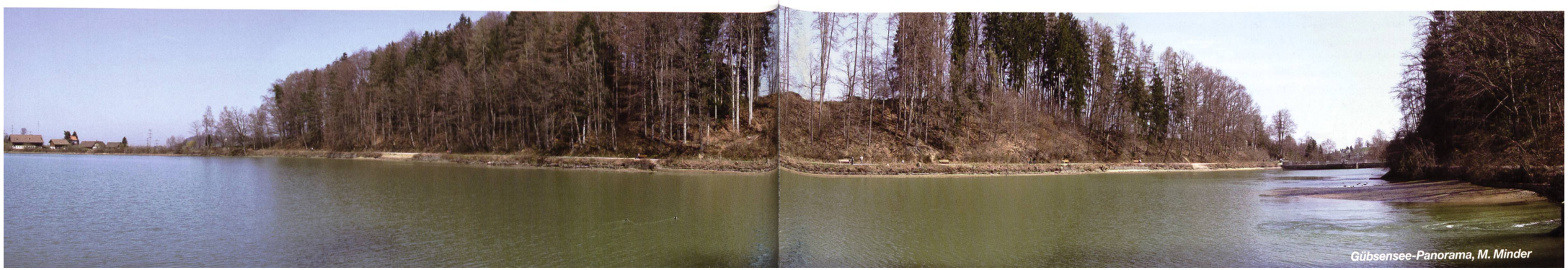
- Das ausgebaggerte Material wurde nicht direkt in die Fassung gepumpt, sondern in den Fassungsbereich, somit konnte vor Ort visuell geprüft werden, ob überhaupt und was für Material gefördert wird.
- Für den Test wurde eine relativ einfache Installation gewählt. Die Pumpe ist an einem Kettenzug aufgehängt. Ein Führen derselben war folglich nur über das Verstellen des Pontons möglich, was den Aktionsradius und die Präzision natürlich entsprechend eingeschränkt.
- Verschiedene weitere Tests, wie Aufnahmen und Kontrollen mit Robotern unter Wasser, erfolgten während derselben Zeit mit demselben Personal, so dass effektiv nicht 10 Tage, sondern lediglich drei bis vier Tage für die Saugbaggerung zur Verfügung stand.

5. Einfluss auf Maschinen

Nach dem Durchführen der Testbaggerung fanden keine Kontrollen des Triebwasserweges und der Turbinen statt. Allerdings kann ganz klar festgehalten werden, dass durch die geringe Mehrbelastung (schliesslich wurden lediglich zwischen 20 bis 50 m³ Schwebstoffe in geringer Konzentration turbiniert) keine spür- und messbaren Abnutzungserscheinungen eintraten. Das würde natürlich nach dem Turbinieren von 100 000 m³ nicht unbedingt gleich aussehen. Wie bereits einleitend festgehalten, sollten in einem allfälligen weiteren Schritt dazu Aussagen über die Härte der abzubauenden Sedimente (und die Abrasionsfestigkeit der Turbinen) anhand von Versuchen gemacht werden.

6. Potenzial des Sedimentaustrags über die Triebwasserleitung

Die behördliche Bedingung, dass die Sitter um maximal 200 mg/l mit Material dotiert werden kann, führt zu einem theoretisch maximalen Schwebstoffeintrag bei voller Turbinenleistung von 18 m³/s und von einem übers Jahr mittleren Abfluss von 10 m³/s von 5.6 kg/s. Die zulässige Schwebstoffmenge, die dem Triebwasser des Kraftwerks Kubel beigegeben werden kann, hängt also proportional von der verarbeiteten Wassermenge ab. Wie aus den Daten der Anlage hervorgeht, wird im jährlichen Durchschnitt 142 560 000 m³ Was-



Gübsensee-Panorama, M. Minder

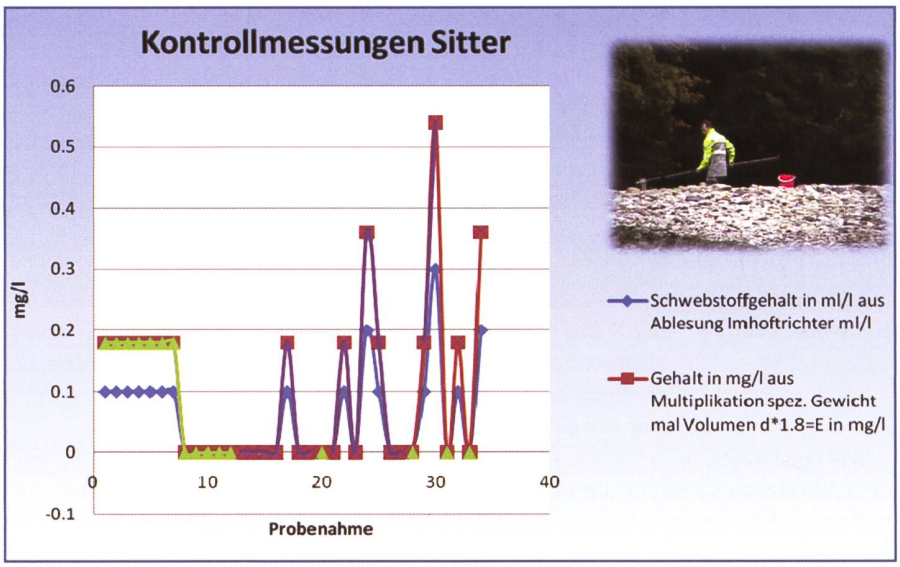


Bild 7. Gemessene Schwebstoffkonzentrationen während dem Testversuch.

ser zu insgesamt 33 GWh elektrischer Energie verarbeitet. Im Tag resultiert daraus ein theoretisches Mittel von 390 575 m^3 verbrauchtem Wasser. Da pro 18 m^3/s rund 5.6 kg/s Material in den Triebwasserweg zusätzlich eingeleitet werden dürfen, ergibt sich eine mittlere theoretische Baggerleistung von 120 m^3 pro Tag. Um die vom Betrieb geforderte Ausbaggerung von 100 000 m^3 Sedimenten zu erreichen, sind rund 833 Tage oder 2.2 Jahre zu pumpen. Während dieser Zeit werden weitere 20 000 m^3 Sedimente in den Gübsensee eingetragen.

Die Variante, die Ablagerungen im östlichen Bereich des Gübsensees mit Saugbaggern zu fördern und dosiert über den Triebwasserweg abzutransportieren, stellt eine mögliche Lösung des Problems dar. Angesichts der notwendigen langen Betriebsdauer und der Tatsache, dass über die Wintermonate nicht gebaggert werden darf (gemäss AFU Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen), scheint diese Lösung nicht sehr praktisch zu werden. Bedenkt man zudem die Aufwändungen über die gesamte Betriebsdauer, welche für das Monitoring der Schwebstoffkonzentrationen in der Sitter nötig werden, so dürfte die Lösung auch ökonomisch an Interesse verlieren. Hierbei sollte die Benützung eines vollautomatischen Trübungsmesssystems, wie es auf dem Markt vorhanden ist, geprüft werden. Zudem sollte als Referenzmessung ebenfalls oberhalb der Einleitung in die Sitter die natürliche Trübung gemessen werden.

7. Zusammenfassung

Die Beeinträchtigung des Betriebes sowie der Volumenverlust durch Sedimentablagerungen gehören zu den Hauptproblemen in Wasserkraftwerken mit Speichern. Beim Tagesspeicher Gübsensee im Kanton St. Gallen in der Ostschweiz gingen in über 100 Jahren Betrieb im betrieblich wichtigen Ost-Teil des Sees über 50% des Volumens verloren. Als Massnahme zur Beseitigung störender Ablagerungen wurden im Herbst 2007 Versuche durchgeführt, wobei mit einem Saugbagger Sedimente aus dem Grundablassbereich bis vor die Triebwasserfassung gefördert und durch die Turbinen ins Unterwasser geleitet wurden.

Die durchgeführten Versuche zeigten, dass es sehr wohl eine Möglichkeit darstellt, Sedimente durch den Triebwasserweg aus einem Speicherbecken zu spülen. Durch die relativ lange notwendige grob geschätzte Betriebsdauer, um die gewünschte Sedimentmenge abzuführen, mit gleichzeitiger neuer Sedimentzufuhr, erscheint diese Lösung als nicht unbedingt geeignet. Doch ist hierbei der Aufwand mit einem eventuellen Verlust der Anlage selbst durch Verlandung des Speichers und ebenfalls mit der schon über hundertjährigen Betriebsgeschichte aufzuwiegen. Auch sollte die Abschätzung der notwendigen Betriebsdauer aufgrund von Abflussdauerlinien gemacht werden, da sicherlich bei grösseren natürlichen Abflüssen im Vorfluter wesentlich mehr Feststoffe ausgeführt werden könnten. Dabei dürften die Einwirkungen auf die Umwelt abschätzbar und dank speziellen Massnahmen auch tragbar sein. Mögliche negative Einwirkungen auf die elektromechanischen Einrichtungen und die Druckleitung können anhand des Versuches nicht erkannt werden. Dazu sind allenfalls weitere Untersuchungen der zu fördernden Sedimente erforderlich.

Auch sollten bei der Abwägung der Machbarkeit der Entlandung durch das Triebwasser andere Massnahmen wie Ausbaggern, Abtransport per Camion oder Eisenbahn und Deponie behandelt werden (100 000 m^3 Sedimenten mit geschätzten 15 m^3 Camionkapazität ergeben grob gerechnet immerhin 6660 Camionfahrten, ohne jedoch den Wassergehalt der abgetragenen Feststoffe zu berücksichtigen).

In Anbetracht der eingetragenen Sedimente in den Speicher durch die Zuleitungen ist es ebenfalls prüfenswert, ob nicht bei den Wasserfassungen in der Sitter und Urnäsch jeweils eine Entsanderanlage mit einer Zielvorgabe von 200–300 μm eingebaut werden sollte, diese würde den Sedimenteintrag reduzieren, zudem könnte das eingetragene Feinmaterial eventuell direkt bis zu der Triebwasserleitung durchgeschleust und turbiniert werden.

Referenzen

De Cesare G., Awad I. M., Schleiss A. und *Zuglian R.* (2006): Verlandungsmechanismen und Lösungsansätze zum Sedimenttransfer im Speicher Gübsensee (Schweiz), Proc. Symposium Graz 2006 «Stauhaltungen und Speicher – Von der Tradition zur Moderne», 27–30.09.2006, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, ISBN 3-902465-50-6, 46/1, 210–221.

Anschrift der Verfasser

Dr. *Giovanni De Cesare,* dipl. Bauingenieur EPF, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), Station 18, CH-1015 Lausanne
giovanni.decesare@epfl.ch

Remo Baumann, dipl. Bauingenieur ETH
rebau engineering ag, CH-7742 Poschiavo
remo.baumann@rebauag.ch

Reto Zuglian, Leiter Kraftwerke
St. Gallisch Appenzellische Kraftwerke AG
Vadianstrasse 50, CH-9001 St. Gallen
reto.zuglian@sak.ch

Fernando M. Binder, dipl. Bauingenieur ETH
FMB Ingegneria SA, Ingegneri consulenti
Via Pico 28, CH-6900 Lugano
fernando.binder@fmb-ingegneria.ch