

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 101 (2009)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Entladung des Stausees Solis durch einen Geschiebeumleitstollen  
**Autor:** Oertli, Christof  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941905>

### **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:** 12.02.2026

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

parat zu beurteilen. Wird das Ziel verfolgt, die Verlandungen in beiden Stauseen der KSL nicht weiter ansteigen zu lassen, so ist in Zukunft von jährlichen Unterhaltskosten oder Kosten infolge von Wasserverlust von über einer Million Franken auszugehen. Werden keine Massnahmen umgesetzt, so muss von einer stetigen Zunahme der Verlandung in beiden Seen mit den entsprechenden Folgen ausgegangen werden. Der Gewinn oder der Nutzen der Massnahmen liegt somit in der Gewährleistung einer langjährigen, nachhaltigen und zuverlässigen Betriebsführung der Anlagen.

#### Referenzen

KOHS Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband

(2007): Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz, Wasser Energie Luft, 1-2007, Seiten 55–57.

Müller, Ph. (2007): Verlandungsproblematik in den Stauseen der Kraftwerke Sarganserland – Situationsanalyse und Lösungsvorschläge, Diplomarbeit, Master of advanced studies (MAS) in Water Resources Management and Engineering, EPFL-ETHZ, 2005–07.

Oehy, C. und Schleiss, A. (2003): Beherrschung von Trübeströmen in Stauseen mit Hindernissen, Gitter, Wasserstrahl- und Luftblasenschleier, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 95. Jahrgang 2003, Heft 5/6, 2003, Seiten 143–152.

Schleiss, A. (2005): Einführung in das Tagungsthema – Problematik der Stauseeverlandung, Communication 22 Interreg IIIB – Projet Alpreserv, Nachhaltiges Sedimentmanagement in al-

pinen Speichern, Laboratoire de Constructions Hydraulique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, ISSN 1661–1179, Seite 5–9.

#### Adressen der Autoren

Philippe Müller, dipl. Umwelt-Ing. ETH/MAS EPFL

Nordostschweizerische Kraftwerke AG  
Parkstrasse 23, CH-5401 Baden  
philippe.mueller@nok.ch

Dr. Giovanni De Cesare, dipl. Bau-Ing. EPFL  
École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH)

Station 18, CH-1015 Lausanne  
giovanni.decesare@epfl.ch

# Entlandung des Stausees Solis durch einen Geschiebeumleitstollen

Christof Oertli

## Zusammenfassung

Wegen des im Verhältnis zum Stauvolumen grossen Einzugsgebietes verlandet der Stausee Solis zusehends. Um diese Verlandungsproblematik anzugehen, wurden verschiedene Varianten untersucht und miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass ein rein wirtschaftlicher Vergleich dieser Varianten ein unvollständiges Bild ergibt. Der Entschluss zur Realisierung eines Geschiebeumleitstollens basiert vor allem auf einer pragmatischen Gewichtung der Variantenrisiken. Der Geschiebeumleitstollen wird so konzipiert, dass bei einem möglichst breiten Zuflusspektrum eine optimale Entlandungsleistung sichergestellt wird. Ebenfalls wird der Minimierung der Abrasionsschäden ein grosses Gewicht beigemessen.



Bild 1. Stauanlage Solis.

## 1. Ausgangslage

Die Stauanlage Solis wurde 1986 fertiggestellt (Bild 1) und speist seither die Kraftwerke Sils i. D. und Rothenbrunnen des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich (ewz) mit Triebwasser. Der Stausee Solis (Bild 2) liegt im Albulatal, unmittelbar un-

terhalb Tiefencastel. Der fjordartige, langgezogene Stausee wies ursprünglich ein Stauvolumen von 4.6 Mio. m<sup>3</sup> auf und wird als Tages- und Wochenendspeicher eingesetzt. Die Einzugsgebietsfläche beträgt rund 900 km<sup>2</sup>, was zu einem aussergewöhnlich ungünstigen Verhältnis See-

volumen zu Einzugsgebietsfläche führt. Entsprechend ausgeprägt ist die Verlandungsproblematik:

Jährlich gelangen im Mittel rund 110 000 m<sup>3</sup> Material in den Stausee, wobei die Kubaturen in Abhängigkeit der auftretenden Hochwasser stark variieren. Das





Bild 2. Stausee Solis.

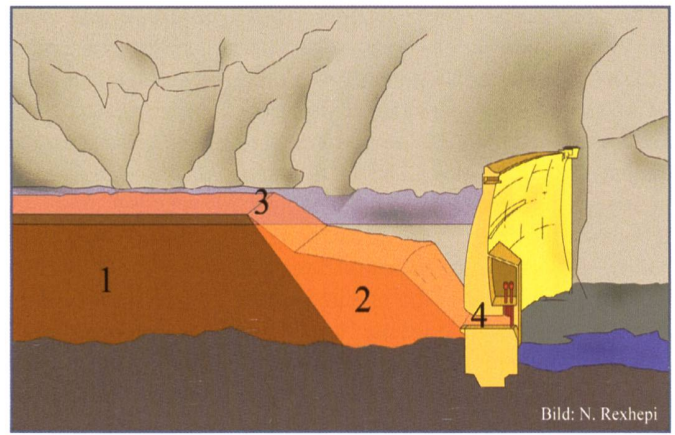


Bild 3. Aufbau Verlandungskörper; 1 Kiesiger Verlandungskörper; 2 Feinsedimente; 3 Böschungsoberkante; 4 Grundablässe.

entspricht einer jährlichen Abtragsrate von 0.12 mm im Einzugsgebiet. Diese eher kleine Rate kann durch die bestehenden Speicher im Oberlauf der Julia begründet werden. So dient beispielsweise der Stausee Marmorera als Absetzbecken zugunsten des Stausees Solis.

Durch die Abbautätigkeit eines Kieswerks im Stauwurzelbereich reduziert sich die eingetragene Menge im Mittel auf 80 000 m<sup>3</sup>, welche sich jährlich im Stausee ablagert. Dies entspricht einem Materialeintrag von knapp 10 m<sup>3</sup> pro Stunde, über die gesamte Lebenszeit des Stausees betrachtet. Erwartungsgemäss füllt das eingetragene Material dabei den Stausee von der Stauwurzel zur Staumauer hin auf. Bedingt durch die langgezogene Seeform läuft dieser Prozess im Wesentlichen zweidimensional ab (siehe Bild 3).

Der Verlandungskörper weist bis zur markanten Böschungsoberkante ein Längsgefälle von 0.6–1.0% auf, welches durch die massgebenden Hochwasserabflüsse, die Kornverteilung des Verlandungsmaterials und den Verzweigungsgrad des Gerinnes während der Hochwasserzuflüsse beeinflusst wird. Der Verlandungskörper besteht vor allem aus kiesigem Material. Die Böschungsoberkante bildet sich immer ein bis zwei Meter unterhalb des Stauseewasserspiegels aus, welcher bei einem massgebenden Hochwasser vorliegt und wandert mit jedem Hochwasser schubweise in Richtung Staumauer. Die Böschungsneigung beträgt typischerweise rund 6°, was darauf hindeutet, dass die kiesigen Ablagerungen des Verlandungskörpers durch Feinsedimente überlagert werden. Ob sich dabei eine deutliche Trennung der Kornverteilungen bildet, wie dies in Bild 3 schematisch dargestellt wird, ist eher unwahrscheinlich. Die erwähnten Feinsedimente füllen den Bereich zwischen Verlandungs-

körper und Staumauer auf und liegen über den Einlaufkoten der Grundablässe. Durch einen regelmässigen Einsatz derselben bildete sich jedoch ein Trichter in die Feinsedimente; eine unmittelbare Verstopfungsgefahr der Grundablässe besteht somit nicht.

Aus der Perspektive des Kraftwerksbetreibers verursacht die Verlandung zwei Probleme: Einerseits wird das Nutzvolumen des Stausees reduziert, was sich auf die Wirtschaftlichkeit der Stauanlage niederschlägt. So reduzierte sich das Nutzvolumen seit der Inbetriebnahme im Jahr 1986 von damals 1.46 Mio. m<sup>3</sup> auf 1.09 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2007. Andererseits wird der Böschungsfuss des Verlandungskörpers in wenigen Jahren die Staumauer erreichen und die Betriebsfähigkeit der Grundablässe unmittelbar gefährden. Aus diesen Gründen besteht ein zwingender Handlungsbedarf.

Nachfolgend werden verschiedene Lösungsansätze näher vorgestellt.

## 2. Lösungsansätze der Stauseebewirtschaftung

Die Höhenlage des Verlandungskörpers wird massgeblich durch die Höhe der Böschungsoberkante definiert. Diese wird – wie eingangs erwähnt – durch den Stauseewasserspiegel während der Hochwasserabflüsse bestimmt. Um der fortschreitenden Reduktion des Stauseenutzvolumens entgegenwirken zu können, ist eine Absenkung des Stausees deutlich unter den unteren Betriebswasserspiegel im Vorfeld eines geschiebeführenden Hochwassers sinnvoll. Damit wird das neu eintretende Geschiebe auf der nun trocken gelegten Verlandung in einem offenen Gerinne bis zur Böschungsoberkante transportiert und lagert sich sodann im Totraum des Stausees ab. Im Weiteren senkt sich die Böschungsoberkante ab, in dem sich

von dieser her ein Erosionsgerinne ausbildet, welches sich auf der Verlandung rückwärts entwickelt und weiteres Material aus der Oberfläche des Verlandungskörpers mobilisiert und umlagert.

Solche Wasserspiegelabsenkungen wurden 2007 und 2008 durchgeführt. Das Bild 4 stellt zur Illustration der beschriebenen Prozesse die Differenz zwischen dem Seegrund vor und nach der Wasserspiegelabsenkung 2007 grafisch dar. In den grünen und blauen Zonen des Seegrundes wurde Material erodiert und die Höhenlage abgesenkt. Dafür lagerte sich in den gelben und roten Zonen Material ab. Dies entstand während mehrstündlicher Zuflüsse im Bereich eines einjährigen Hochwassers (ca. 100 m<sup>3</sup>/s). Dabei wurden rund 80 000 m<sup>3</sup> Material eingetragen und umgelagert.

Damit kann das Problem der Reduktion des Nutzvolumens zwar temporär gemindert werden, gleichzeitig wird jedoch der Prozess beschleunigt, dass sich der Verlandungskörper in Richtung Staumauer entwickelt.

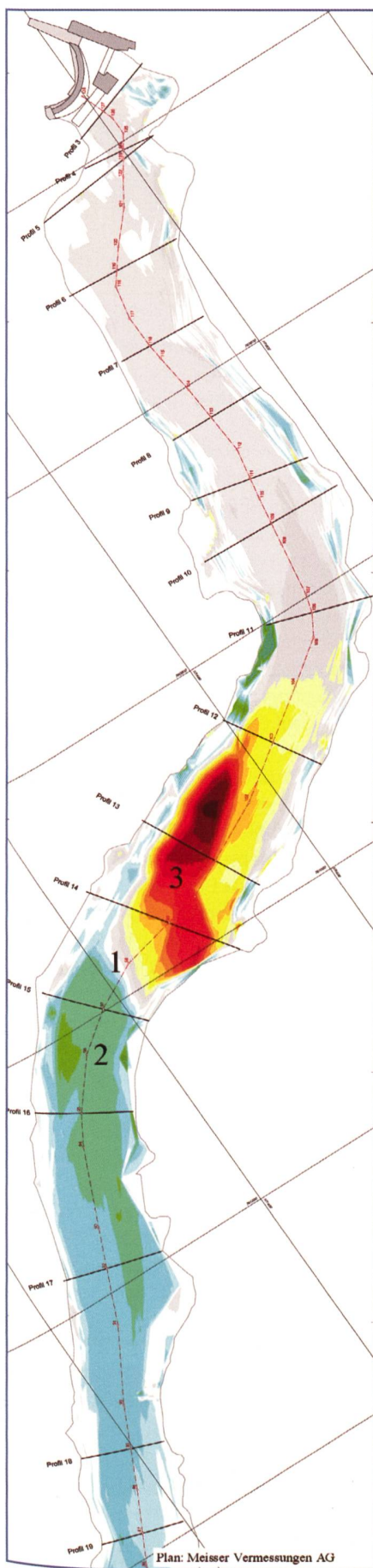
## 3. Technische Lösungsansätze

Das Material, welches in den Stausee Solis eingetragen wird, muss über kurz oder lang aus diesem wieder entfernt werden. Bedingt durch die grossen Kubaturen und das bestehende, erhebliche Geschiebedefizit im Unterwasser der Stauanlage muss das Material zwingend der Albula zurückgegeben werden.

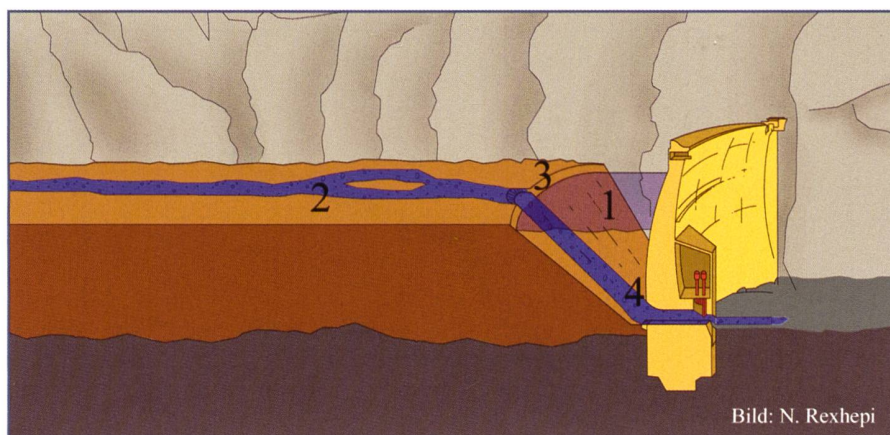
Eine mechanische Entfernung (Baggerung) verursacht starke Trübungen in den Gewässern während mehrerer Monate im Jahr und ist daher aus ökologischer Sicht nicht realisierbar. Zudem wären auch die Kosten vergleichsweise hoch.

Eine konventionelle Stauseespülung (Entleeren des Stausees) kommt ebenfalls nicht in Betracht. Der Stausee





**Bild 4. Differenzplot Seegrund;**  
**1 Böschungsoberkante**  
**2 Erosionsgerinne**  
**3 Auflandung im Totraum.**



**Bild 5. Spülen unter Druck; 1 Abgesenkter Wasserspiegel; 2 Trockengelegte Verlandung mit Albula; 3 Böschungsoberkante; 4 Sogbereich hinter den Grundablässen.**

kann zu wenig rasch abgesenkt werden, und die Grundablässe weisen im Freispiegeldurchfluss eine zu kleine Geschiebetransportkapazität auf. Zudem verursacht ein Entleeren des Stausees sehr hohe Produktionsverluste.

Im Gegensatz dazu erscheint eine Spülung unter Druck als realisierbar (siehe Bild 5): Die Verlandungsentwicklung wird bis zum Erreichen der Staumauer gewährt und der Verlandungskörper durch eine angepasste Stauraumbewirtschaftung tiefer gelegt. Sodann wird bei Hochwasser der Stausee so weit abgesenkt, dass die Verlandungsoberfläche trocken liegt und das Geschiebe führende Wasser in einem offenen Gerinne bis zur Böschungsoberkante gelangt. Von dort rutscht das Geschiebe die Böschung hinunter und gelangt zwingend in den Sogbereich der Grundablässe und von dort ins Unterwasser. Eine Spülung unter Druck weist offensichtlich einige Risiken auf, wie beispielsweise ein Verstopfen oder Verklemmen der Grundablässe. Diese Risiken wurden anhand eines hydraulischen Modells an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich (VAW) untersucht, wobei kein «Killerszenario» gefunden werden konnte, welches die Machbarkeit einer Spülung unter Druck grundsätzlich verneint hätte. Da die Grundablässe nicht dafür ausgelegt sind, jährlich rund 80 000 m<sup>3</sup> Material durchzuleiten, müssten diese umfassend verstärkt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist der Bau eines Geschiebeumleitstollens. Im Gegensatz zu realisierten Systemen wäre ein Stollen, der um den gesamten See führt, wirtschaftlich nicht tragbar. Am sinnvollsten erscheint ein Stollen, der die Hochwasserzuflüsse und das darin mitgeführte Geschiebe etwa 480 m oberhalb der Staumauer fasst und knapp 300 m unterhalb der Staumauer in die Schynsclucht

zurückgibt. Auch dieser Ansatz weist, neben der offensichtlich hohen Kosten, einige Risiken auf (beispielsweise unkalkulierbare Abrasionsschäden an der Stollensohle).

#### 4. Variantenvergleich

Um einen direkten Vergleich der beiden Entlandungsvarianten «Spülen unter Druck» und «Geschiebeumleitstollen» bewerkstelligen zu können, mussten zwei Grundlagen erarbeitet werden:

Einerseits musste der Wert des Nutzvolumens quantifiziert werden. Eine Entlandungsmassnahme mindert die Mindererträge, welche durch die Verlandung entstehen, was ökonomisch einem Ertrag gleichzusetzen ist. Dieser Ertrag entsteht durch die Veredelung der Stromproduktion (grundsätzlich: Speicherung bei tiefen Energiepreisen, Produktion bei hohen Energiepreisen). In Bild 6 wird der Zusammenhang zwischen diesen Erträgen und dem freien Nutzvolumen dargestellt, wobei die Barwerte der jährlichen Erträge bis zum Konzessionsende 2058 aufsummiert wurden. Die Qualität dieser Kurve wird durch die unsichere Entwicklung der Energiepreise und den sehr komplexen Energiehandel (und der entsprechend komplexen Stauseebewirtschaftung) beeinträchtigt. Bemerkenswert ist das «Minimal-Nutzvolumen», dessen Wert monetär nicht abgebildet werden kann, weil er durch Flexibilitätsansprüche und vertragliche Bindungen nicht angetastet werden darf. Ebenfalls wird offensichtlich, dass sich der Barwert in Abhängigkeit des Nutzvolumens asymptotisch einem Maximalwert nähert. Dies hat vor allem hydrologische Gründe: Ein übergrosses Nutzvolumen kann nur noch in sehr niederschlagsreichen Perioden voll ausgeschöpft werden.

Die andere Grundlage betrifft die Quantifizierung der Variantenrisiken. Ein



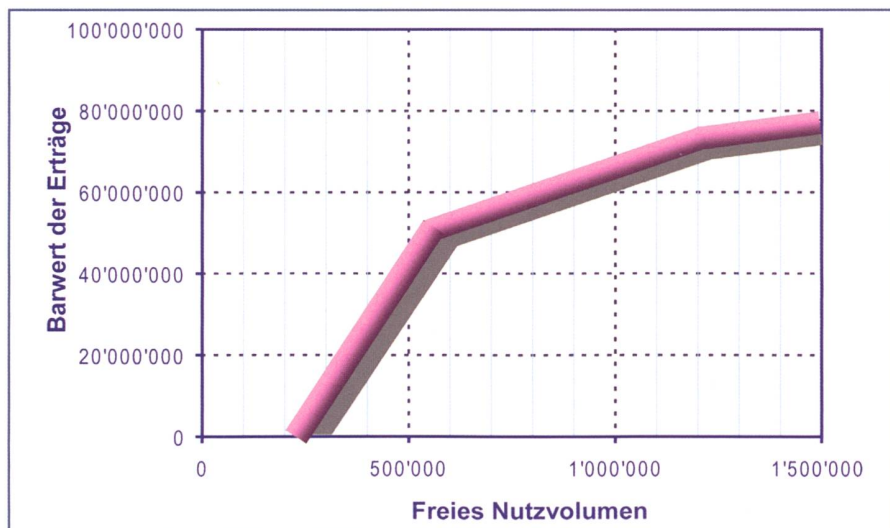


Bild 6. Barwert des Nutzvolumens.

Risiko ist grundsätzlich das Produkt aus der Eintretenswahrscheinlichkeit und dem Schadenspotenzial eines Szenarios. Da im vorliegenden Fall die Eintretenswahrscheinlichkeit und der tatsächliche Schaden nur sehr ungenau ermittelt werden können, wurde auf ein Schema zurückgegriffen, welches beim Umgang mit Naturgefahren Anwendung findet (Bild 7). Diese Risiko-Matrix stellt im Wesentlichen die obige Definition dar und verdeutlicht zudem, dass ein hohes Schadenspotenzial immer ein erhebliches Risiko widerspiegelt, unabhängig von dessen Eintretenswahrscheinlichkeit. Dieser Ansatz der Bewertung von Naturgefahren ist auch im Sinne des Kraftwerksbetreibers: Ein grosser Schaden (unkontrollierte Stauseeentleerung, Funktionsuntüchtigkeit der Grundablässe/Stauanlage) bedeutet ein erhebliches Risiko, auch wenn solche Fälle nur sehr selten eintreten. (Ein Kollaps der Staumauer kann gänzlich ausgeschlossen werden.) Der eigentliche Variantenvergleich basiert somit nicht nur auf einer monetären Betrachtung, in dem der Aufwand für eine Entlandungsmassnahme dem Ertrag durch das gewonnene Nutzvolumen gegenübergestellt wird, sondern auch auf einem Vergleich der Risiken.

Das Bild 8 versucht, eine Übersicht über die diversen Risiken zu schaffen. (Auf die einzelnen Risiken wird hier nicht näher eingegangen, es handelt sich um Gefahren der Verklausung oder Blockierung von Organen, übermässige Abrasionserscheinungen, Eindecken von Bauteilen durch Feinsedimente, usw.). Die Darstellung zeigt, dass bei beiden Varianten kein Szenario ausgemacht werden konnte, welches bei hoher Eintretenswahrscheinlichkeit ein grosses Schadenspotenzial aufweist. Ein Killerkriterium besteht somit nicht. Der

Entscheid läuft auf eine Gegenüberstellung der besseren Wirtschaftlichkeit der Variante «Spülen unter Druck» mit den geringeren Risiken der Variante «Geschiebeumleitstollen» hinaus. Auf dieser Basis wurde entschieden, als Entlandungsmassnahme einen Geschiebeumleitstollen mit folgenden Eckwerten zu realisieren:

- Länge: 856 m
- Kapazität: 170 m<sup>3</sup>/s (HQ<sub>5</sub>)
- Normgefälle: 1.8 ‰
- Breite Normalprofil: 4.4 m
- Normalabflussgeschwindigkeit: 10.7 m/s

Da die Betriebszuverlässigkeit der Stauanlage Solis für die gesamte ewz – Kraftwerksgruppe Mittelbünden sehr wichtig ist, überwiegen die kleineren Risiken des Geschiebeumleitstollens die deutlich bessere Wirtschaftlichkeit der Spülungen unter Druck. (Aus ökologischer Sicht sind beide Varianten sehr ähnlich zu gewichten.)

## 5. Wirkungsweise des Geschiebeumleitstollens

Grundsätzlich gilt, dass mit der Höhe der Böschungsoberkante und damit das freie

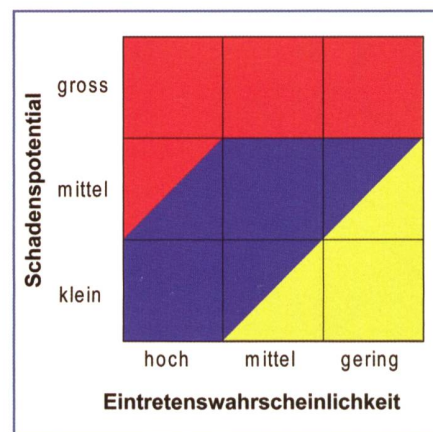


Bild 7. Risiko-Matrix.

Nutzvolumen definiert werden kann. Die Bauwerke werden so konzipiert, dass der See für eine Spülung auf den unteren Betriebswasserspiegel abgesenkt werden muss. Damit werden die Verlustwassermengen minimiert. Modellversuche an der VAW zeigen, dass der Betrieb des Einlaufbauwerks unter Druck die höchste Geschiebe-transportkapazität bietet und am wenigsten Verklausungsprobleme auftreten.

Das System weist folgende Bauwerke auf:

a) Umlenkbauwerk (siehe Bild 9): Damit das geschiebeführende Gerinne optimal in den Einlaufbereich geführt wird, ist im See ein Umlenkbauwerk vorgesehen (eventuell auch vorgesetzte Buhnen). Die Geometrie des Umlenkbauwerks wird massgeblich durch die Vorgänge im Überlastfall bestimmt. Falls mehr als 170 m<sup>3</sup>/s zufließen, wird ein Teil davon über eine Aussparung im Umlenkbauwerk in Richtung Staumauer entlastet. Diese Aussparung wird anhand von hydraulischen Modellversuchen so konzipiert, dass trotz einer grossen Entlastung Richtung Staumauer der überwiegende Teil des mitgeführten Materials in den Geschiebeumleitstollen gelangt. Diese Optimierung basiert auf dem Prinzip, dass die oberflächennahen Wasserschichten eines Hochwassers deutlich weniger Geschiebe beinhalten als die tiefer liegenden.

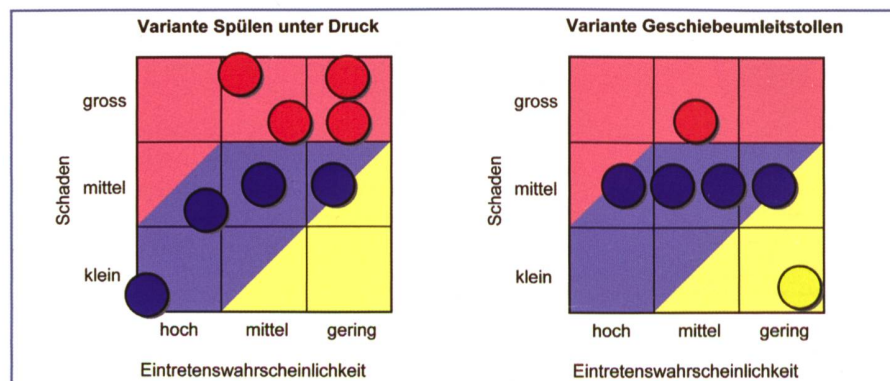
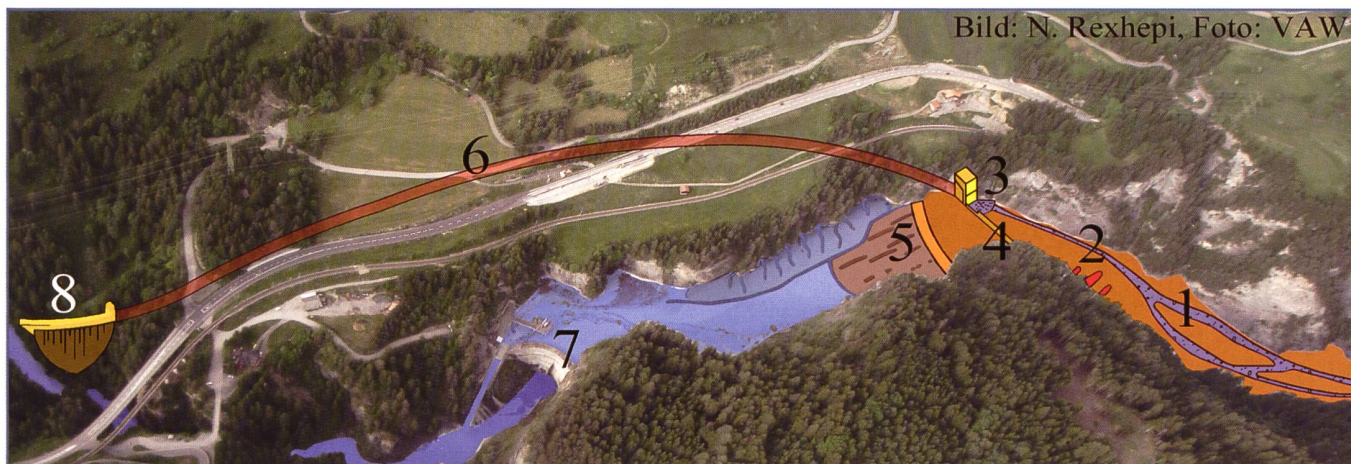


Bild 8. Übersicht über die Variantenrisiken.





**Bild 9. Geschiebeumleitstollen; 1 Trockengelegte Verlandung mit Albula; 2 Buhnen; 3 Einlaufbauwerk mit Segmentschütze; 4 Umlenkbauwerk; 5 Böschungsoberkante (ohne Feinsedimente); 6 Umleitstollen; 7 Stauanlage mit Schussrinne; 8 Auslaufbauwerk: Offenes Gerinne auf Schüttung Ausbruchmaterial.**

Im Weiteren kann über diese Aussparung Schwemmholz entlastet werden, welches sonst eine Verklausung des Einlaufbauwerks verursachen könnte.

b) Im Einlaufbauwerk ist eine Segment-schütze zur Regulierung der Durchflüsse vorgesehen. Diese Schützenart drängt sich auf, da sie keine seitlichen Nischen benötigt, in denen Geschiebe oder Holz eingeklemmt werden kann. Ansonsten wird der Einlaufbereich so gestaltet, dass sich keine Wirbel bilden, welche Schwemmholz unter die Schütze ziehen könnten.

c) Der eigentliche Stollen (siehe Bild 10) wird im Freispiegelabfluss betrieben. Es muss einerseits sichergestellt sein, dass es zu keinen Geschiebeablagerungen während des Betriebs kommen kann. Andererseits sollten die Abrasionsschäden minimiert werden (siehe Punkt 6). Da die Fließgeschwindigkeit in der Vena Contracta hinter der Schütze grösser ist als die Normalabflussgeschwindigkeit im Stollen, ist eine 50 m lange «Verzögerungsstrecke» mit nur 1.0% Gefälle vorgesehen. Damit kann die Abrasion im Stollen minimiert werden. Die ebene Sohle des Normalprofils verhindert eine Konzentration der Abrasionsschäden im Querschnitt und vereinfacht Instandhaltungsarbeiten.

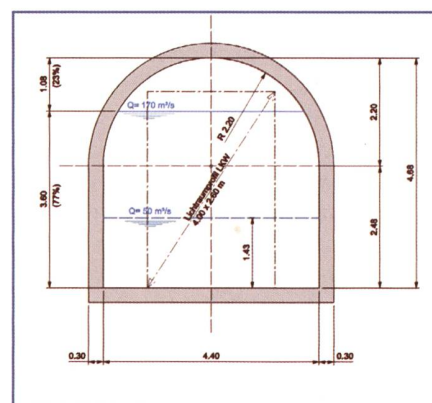
d) Das Auslaufbauwerk übergibt das Wasser-Geschiebe-Gemisch der Albula in der Schynsclucht. Sowohl für die Realisierung wie auch für spätere Instandhaltungsarbeiten muss das Auslaufbauwerk gut erschlossen sein. Dessen Lage liegt daher 300 m unterhalb der Staumauer. Die genaue Ausrichtung wird durch den erwarteten Kolk im Flussbett der Albula definiert. Dieser darf die bestehenden Uferpartien (insbesondere den Kriechhang auf der gegenüberliegenden Seite) und die neuen Bauwerke nicht gefährden.

## 6. Bautechnische Herausforderungen

Aus planerischer Sicht sind bei der Bemessung des Geschiebeumleitstollens einige Knacknüsse zu lösen:

Dem Erfordernis, durch möglichst kleine Fließgeschwindigkeiten minimale Abrasionsschäden zu erzeugen, steht die Gefahr von Geschiebeablagerungen im Stollen gegenüber, welche möglichst hohe Fließgeschwindigkeiten erfordert. Der übliche Ansatz, Lastfälle zu formulieren, welche die grösstmöglichen Gefährdungen widerspiegeln, führt in diesem Fall nicht weiter, da fast jeder beliebig grosse, kurzzeitige «Geschiebestoss» auftreten kann. Auch kann keine maximal zulässige «Abrasionsgeschwindigkeit» ermittelt werden. Es bleibt eine Aufgabe des projektierenden Ingenieurs, vernünftige Annahmen zu treffen und die Resultate mit bewährten Referenzobjekten im In- und Ausland zu vergleichen.

Ein wichtiges Element wird die Auskleidung der Stollensohle sein, obwohl für diese Frage schon gute Grundlagen vorliegen (VAW-Mitteilung 168). Die Sohle wird jährlich im Mittel mit 80 000 m<sup>3</sup> Geschiebebetrieb belastet. Im Bereich mit vorwiegend schleifender Sohlenbelastung von grosser Intensität ist der Einbau von Schmelzbalsalt-Platten denkbar. In Abschnitten mit hüpfender Geschiebebelastung oder geringen Abrasionsraten ist der Einbau von Spezialbeton sinnvoll. Dabei ist neben der Wahl der Betonrezeptur (Zuschlagstoffe) die Einbauqualität von grosser Bedeutung. Die Frage, wo im Stollen schleifende, rollende oder hüpfende Geschiebebelastungen auftreten, kann im bestehenden hydraulischen Modell ermittelt werden. Weiter steht die Wahl der Produkte für den Bau an. Kostengünstigere Produkte hät-



**Bild 10. Normalprofil Stollen.**

ten voraussichtlich häufigere Instandhaltungsarbeiten zur Folge als teurere.

Schlussendlich bleiben auch gewisse Risiken offen. Dies betrifft beispielsweise das Verhalten der eingetragenen Feinsedimente. Da Körner kleiner als 1.0 cm im hydraulischen Modell nicht nachgebildet werden können, kann nicht abgeschätzt werden, welcher Anteil der Feinsedimente durch den Geschiebeumleitstollen und die Grundablässe geführt wird und welcher Anteil sich weiterhin hinter der Staumauer ablagert. Ebenfalls kann trotz der hydraulisch optimierten Bauweise des Einlaufbereichs eine durch Schwemmholz verursachte Blockierung der Segmentschütze nicht ausgeschlossen werden. Mit dem Bau des Geschiebeumleitstollens Solis wird voraussichtlich Ende 2009 begonnen. Im Jahr 2011 sollte das Bauwerk in Betrieb genommen werden.

Anschrift des Verfassers  
Christof Oertli, dipl. Bau-Ing. ETH  
ewz Produktion, Tramstrasse 35  
CH-8050 Zürich  
christof.oertli@ewz.ch