

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 90 (1999)

**Heft:** 2

**Artikel:** Verlandung von Stauseen

**Autor:** Sinniger, Richard

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-901898>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

# Verlandung von Stauseen

Dieses Projekt des Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL Projekt Nr. 31) untersuchte die Mechanismen der Oberflächenerosion, den Sedimenttransport und die Verlandung von Stauseen. Das Erosionsverhalten von Böden infolge Regen und Oberflächenabfluss sowie der Wasser- und Feststofftransport im Staubecken durch Trübeströme wurden getrennt untersucht.

■ Richard Sinniger

## Erosionsstudie

Die Bestimmung der wichtigsten geotechnischen Eigenschaften anhand von Laboruntersuchungen an Bodenproben war Bestandteil der Studie zur Bodenerosion. Die Bodenproben wurden bei Feldbegehungen in vier alpinen Einzugsgebieten entnommen, darunter im Ein-

zugsgebiet des Stausees von Luzzone (Bild 1). Danach wurde der Abtrag eines typischen alpinen Bodens auf einer Versuchsanstalt mit Regensimulator gemessen. Diese Versuche fanden an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Birmensdorf (WSL) statt.

Aufgrund einer statistischen Analyse der Menge des abgetragenen Bodens in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften, Neigung und Regenintensität konnte eine

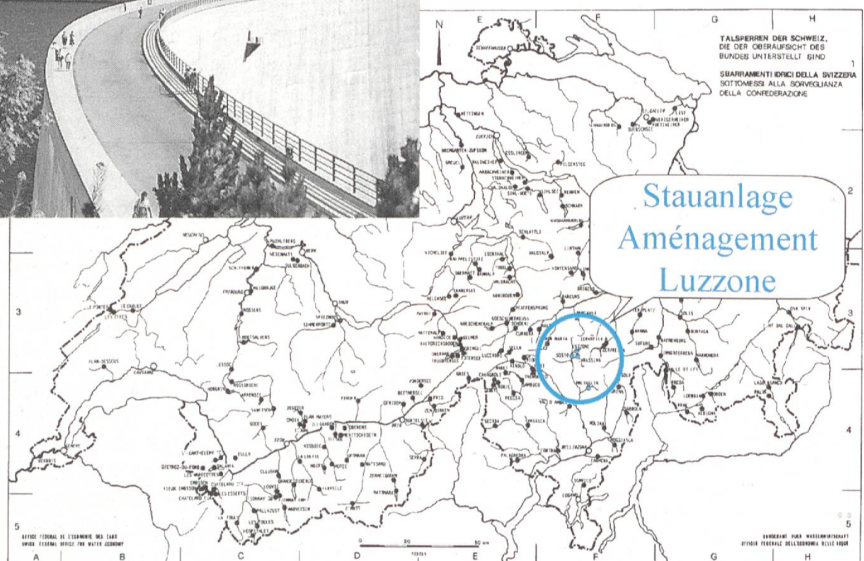
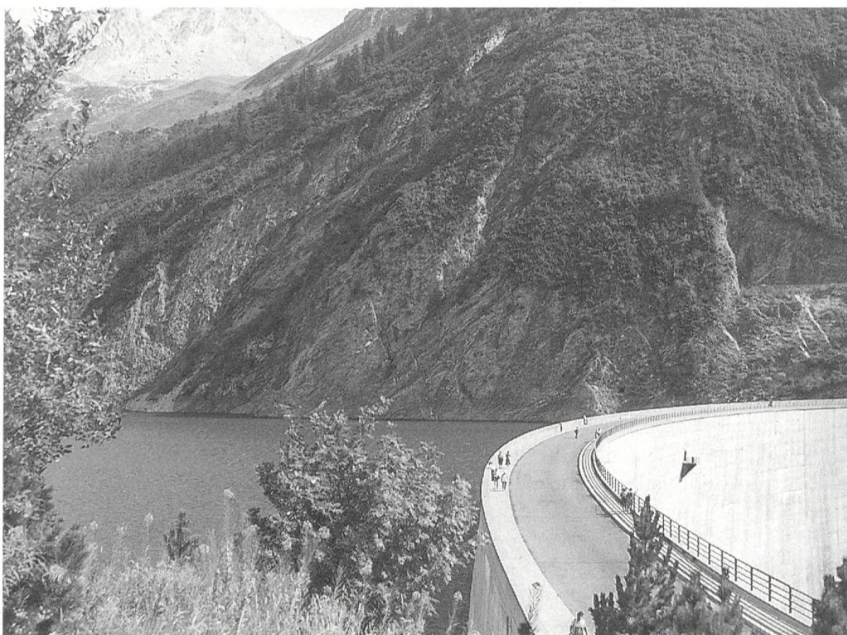
Erosionsgleichung analog der allgemeinen Bodenabtragsgleichung aufgestellt werden.

Die Ergebnisse der Studie erlauben es nun, die Menge an abgetragenen Feststoffen in Funktion der Hangneigung und Niederschlagsintensität für eine vegetationslose Fläche eines Einzugsgebietes zu bestimmen. Der Anteil an unbewachsener Fläche kann anhand der Bodennutzungskarten ermittelt werden (Bild 2). Dabei liefert der unbewachsene Boden den Hauptteil des Abtrags im Einzugsgebiet. Die mit Vegetation bedeckten Flächen können vernachlässigt werden.

## Untersuchung der Trübeströme

Die Erforschung der Trübeströme im Staubecken gliederte sich in Feldmessungen von Abfluss und Feststofftransport (Bild 3), die physikalische Simulation von Trübeströmen im Labor sowie in die numerische Modellierung derselben.

Die Feldmessungen bei der Stauanlage Luzzone im Tessin wurden dank enger Zusammenarbeit mit den Bleniokraftwerken AG (OFIBLE) und der Landeshydrologie und -geologie des Buwal (LHG) ermöglicht. Während der Messpe-



### Adresse des Autoren

Prof. Richard Sinniger  
Laboratoire de constructions hydrauliques  
EPFL  
1015 Lausanne

Bild 1 Situationsplan des Testeinzugsgebietes und des dazugehörigen Stausees Luzzone.

Figure 1 Situation du bassin versant test de Luzzone pour l'étude d'érosion et de sédimentation.

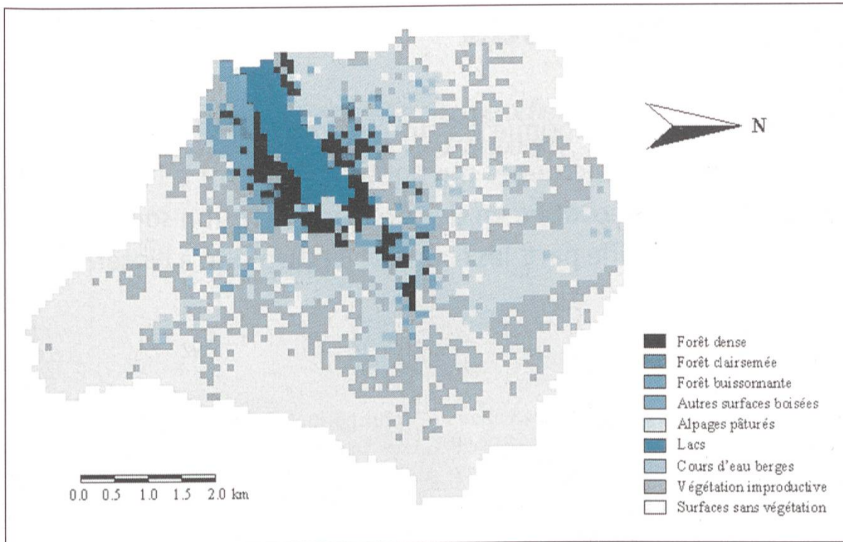


Bild 2 Bodennutzungskarte im Teseinzugsgebiet, Daten zur Berechnung des Bodenabtrages (gemäss Arealstatistik der Schweiz, BFS, GEOSTAT).

Figure 2 Carte d'utilisation du sol sur le bassin versant test de Luzone. Données utilisées pour la détermination du taux d'érosion (référence: Statistique de la superficie de la Suisse, OFS, GEOSTAT).

riode 1995–1996 wurde kein grösseres Hochwasserereignis festgestellt. Demzufolge ist es nicht möglich, anhand der Messresultate Rückschlüsse auf Extremereignisse mit ihrem grossen Einfluss auf die Staueeverlandung zu ziehen. Dennoch konnte die Beziehung zwischen Niederschlag, Wasser- und Feststofftransport sowie Trübeströme aufgrund mehrerer kleiner Hochwasser ermittelt werden. Daraus ergaben sich für den Wasser- und Feststofftransport einfache dimensionslose Gleichungen, welche den Eintrag ins Staubecken beschreiben. Diese dienen auch als Randbedingungen für die numerische Simulation.

Die Laborversuche bestätigten die Ergebnisse der gerechneten Trübeströme. Deren gleichmässige Fortbewegung konnte anhand der Theorie und mittels der numerischen Simulation vorausgesagt werden. Das numerische Rechenmodell basiert auf dem Programm CFX-

F3D. Die vorhandenen Mehrphasentransportgleichungen wurden durch Erosions- und Sedimentationsmodule ergänzt, welche Ablagerungen und Erosion am Seegrund bestimmen. Das Rechenmodell erlaubt die dreidimensionale Simulation von turbulenten zweiphasigen Abflussvorgängen in komplexer Geometrie. Die Laborversuche sowie die im Staubecken gemessenen Trübeströme wurden mit den numerischen Ergebnissen verglichen. Es ergab sich eine zufriedenstellende Übereinstimmung von Rechnung und Beobachtung.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie tragen wesentlich zum besseren Verständnis des Erosionsprozesses sowie der Staueeverlandung bei. Es konnten einige betriebliche Massnahmen formuliert werden,

die gewährleisten, dass ein Teil der Feststofffracht das Staubecken während eines Hochwassers durchquert.

Je nach Geometrie des Seegrundes durchläuft der Dichtestrom den Staubecken und erreicht in relativ kurzer Zeit die Talsperre. Wird zu diesem günstigen Zeitpunkt der Grundablass geöffnet, kann ein Teil der Feststoffe ins Unterwasser weitergeleitet werden, wie das vor dem Bau der Sperre der Fall war. Wenn auch nur ein geringer Anteil der Feststoffe auf diese Art mit dem Grundablass evakuiert werden kann, führt doch die häufigere Inbetriebnahme des Grundablasses zu einer Verhinderung oder einer Verzögerung der Verlandung dieses wichtigen Organes. Ein solches Vorgehen hat zudem den grossen Vorteil, dass das feststoffbeladene Wasser aus dem Grundablass in einen Vorfluter fliesst, welcher durch die Niederschläge bereits eine grössere Wasserführung aufweist und somit die Fauna und Flora nicht übermässig belastet. Bei vollem Staubecken erlaubt die Öffnung des Grundablasses, den Überfall von «sauberem» Oberflächenwasser zugunsten des sedimentführenden Wassers vom Seegrund zu reduzieren. Der Erfolg der Spülung ist jedoch stark von der Wahl des geeigneten Zeitpunktes des Öffnens und Schliessens der Grundablassschützen abhängig.

Die mit der Studie gesammelten Erkenntnisse erlauben, den genauen Ablauf solcher Ereignisse besser zu verstehen und dank dem Computermodell zu simulieren (Bild 4). Es können zu jedem Zeitpunkt und an einem beliebigen Punkt im Staubecken Angaben über den Abfluss und die Feststoffkonzentration in Abhängigkeit des Hochwassers und verschiedenen Betriebszuständen gemacht werden. Die Resultate können Hinweise auf sinnvolle Vorkehrungen zur Verminderung der Verlandung und zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Anlage geben.

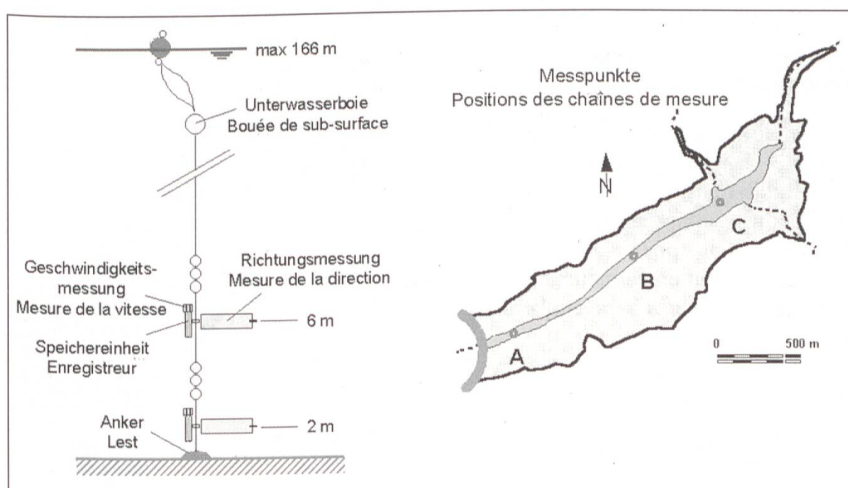


Bild 3 Zur Ermittlung von Dichteströmen im Staubecken verwendete Messkette.

Figure 3 Chaîne d'acquisition pour la mesure de courants de turbidité au fond du réservoir de Luzone.