Auswirkungen von Massenstürzen und Lawinenniedergängen auf Stauhaltungen

Autor(en): **Huber, Andreas**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **79 (1987)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940684

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Auswirkungen von Massenstürzen und Lawinenniedergängen auf Stauhaltungen

Andreas Huber

1. Einleitung

Massenstürze und Lawinen in Stauseen mit spektakulärem Ausgang gehören eher zu den seltenen Naturereignissen. Die Bergsturzkatastrophe mit einer Sturzmasse von 200 bis 300 Mio m³ in den Stausee Vajont in Oberitalien aus dem Jahre 1963 ist eines dieser wenigen und auch tragischen Beispiele.

Kleine Massenbewegungen im Uferbereich sind meistens nur dem Werkeigentümer bekannt, und unbedeutende Lawinen, die im Winter auf abgelegene Stauseen niedergehen, werden oft gar nicht wahrgenommen.

Häufiger tauchten Felsmassen in natürliche Seen mit vielerorts dicht besiedelten Ufern ein. Die Öffentlichkeit wurde darauf aufmerksam, weil vereinzelt Menschen ihr Leben verloren und die direkten Schäden im Bereich der Sturzbahn und die indirekten Schäden infolge der ausgelösten Schwallwellen zum Teil beträchtlich waren. Einige grössere Ereignisse dieses Jahrhunderts von Felsstürzen in Seen aus der Schweiz sind in Tabelle 1 aufgezählt [1].

Tabelle 1. Einige grössere Felsstürze in Schweizer Seen.

Jahr	*Örtlichkeit*	*See*	*Sturzvolumen in m³*
1923	Ostufer	Davosersee	280000
1924	Mühletal	Walensee	30000 + 300000
1931	bei Sarneraamündung	Alpnachersee	30000
1946	Quinten	Walensee	300000
1963	Obermatt	Vierwaldstättersee	20000
1964	Obermatt	Vierwaldstättersee	70000
1965	Ringgenberg	Brienzersee	50000
1982	Fallenbach	Vierwaldstättersee	70000

Berichterstattungen von Geologen und von der Presse liefern über diese Beobachtungen wertvolle Informationen. Sie geben Anhaltspunke für die Bearbeitung zukünftiger Prognosen über die Folgen sturzbedingter Schwallwellen in Stauseen.

Die Auswirkungen von Massenstürzen auf Stauhaltungen lassen sich nicht in allgemeingültiger Form voraussagen. Jedem einzelnen Fall muss ein Platz in einer verzweigten Systematik zugeordnet werden. Eine strenge Klassierung ist kaum möglich. Mannigfaltig und in weiten Grenzen variabel sind die Kenngrössen der Massenstürze und der Seebecken (Tabelle 2).

Für die Beurteilung der Auswirkungen von Massenstürzen und Lawinenniedergängen auf Seen und Stauhaltungen sind also nicht nur absolute Zahlen massgebend. Ebenso entscheidend sind bestimmte dimensionslose Kenngrössen oder Zahlenverhältnisse.

2. Die Bedeutung des Sturzvolumens

Wohl eine der ersten Fragen, die sich in einem akuten Fall stellen, ist jene nach dem Volumen der instabilen Masse und nach dem Verhältnis Sturzvolumen/Seeoberfläche. Tabelle 3 stellt zwei grundsätzliche Fälle einander gegenüber. In der Wirklichkeit spielen beide Aspekte zugleich eine Rolle, wobei dem einen oder dem andern mehr Gewicht zufällt.

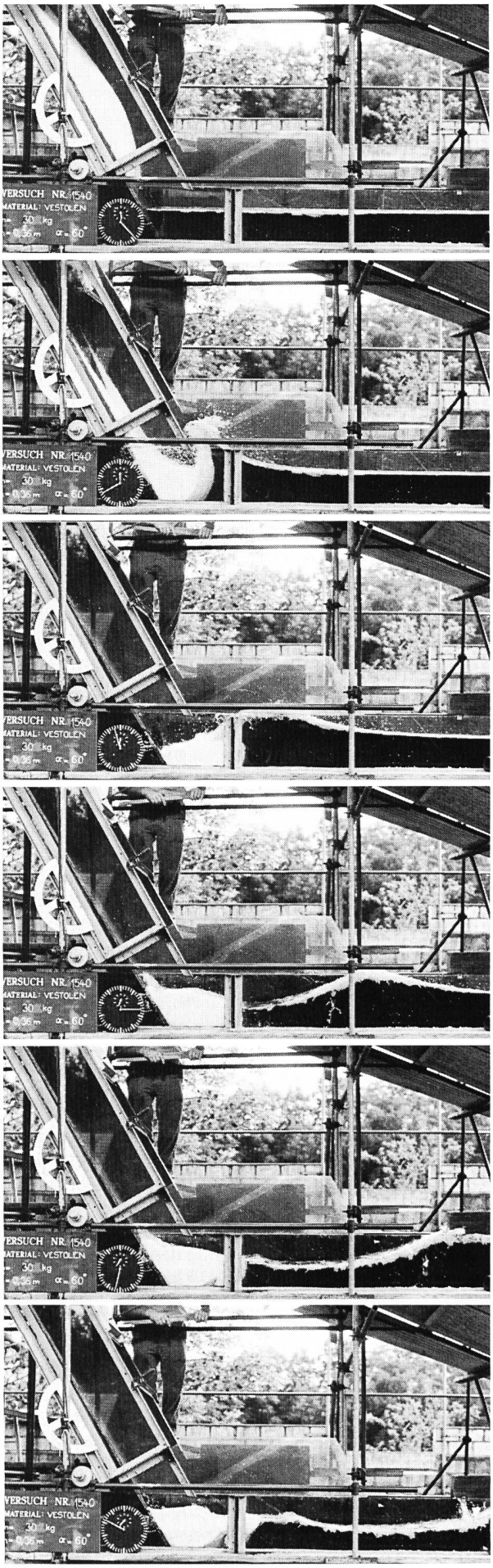

Bild 1. Serie von Momentaufnahmen im Zeitabstand von ⅛ s eines zweidimensionalen Schwallwellenversuches in einer Messrinne. Das Sturzmaterial besteht aus schwimmfähigem Kunststoffgranulat (Vestolen, Dichte von 0,955 t/m³) und dient der Nachbildung einer Fliesslawine. Erzeugt wird eine Einzelwelle.

Bild 2. Spektrum der Wellentypen.

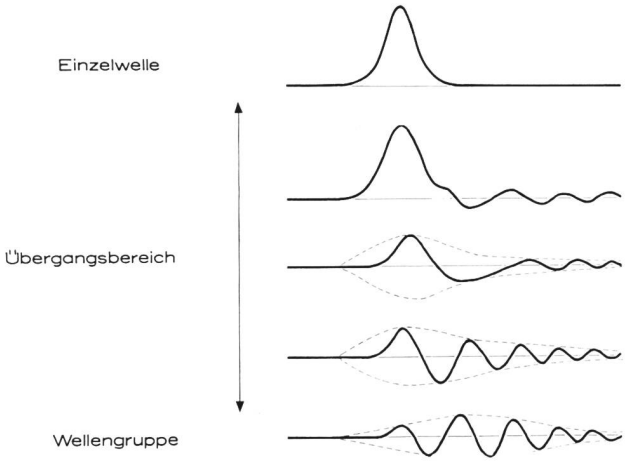

Bild 3. Uferabbruch am nördlichen Ufer des Davosersees.
(Bild: «Schweizerische Bauzeitung» 4.8.1923)

Das mögliche Sturzvolumen genauer vorauszusagen ist nicht immer einfach und mit Unsicherheiten behaftet. Es ist deshalb ratsam, die Auswirkungen einer Sturzmasse auf einen See im Sinne einer Empfindlichkeitsanalyse aufgrund mehrerer Sturzvolumina zu untersuchen. Wie die Erfahrung lehrt, taucht meistens nicht das gesamte Sturzvolumen im See unter. Der eingetauchte Teil ist abzuschätzen oder in Versuchen zu bestimmen.

Der Seespiegelanstieg infolge der Wasserverdrängung lässt sich direkt aus dem eingetauchten Massenvolumen und der Seeoberfläche berechnen. Die Oberflächen der 50 grössten Schweizer Stauseen bewegen sich zwischen 10,85 km² am Sihlsee und 0,54 km² am Stausee Lucendro. 80% davon sind kleiner als 3 km². Gewaltige Massen in der Grössenordnung mehrerer Mio m³ sind also erforderlich, um die Stauhaltungen zum Überlaufen zu bringen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Stauseen nur an wenigen Tagen des Jahres randvoll sind, ist die Wahrscheinlichkeit des Überlaufens gering. Die Schadenerwartung kann jedoch gross sein. Es sei an die Überflutung des Staudammes und des untenliegenden Tales gedacht. Vermehrtes Gewicht hat die Frage des Überlaufens bei den kleineren Becken mit begrenzter Oberfläche.

3. Zur Voraussage der sturzbedingten Schwallwellen

Ist die eintauchende Masse im Vergleich zum Seevolumen klein, so ist der statische Seespiegelanstieg vernachlässigbar. Hingegen entstehen an der Eintauchstelle energiereiche Schwallwellen. Sie unterscheiden sich grundlegend von den Windwellen und den Bootswellen. In der Wellentheorie nennt man sie Seichtwasser- oder Grundwellen. Die Wellenlänge ist im Vergleich zur Seetiefe gross, und der gesamte Seeinhalt bewegt sich bis auf den Grund. Je seichter das Wasser, um so höher werden diese Wellen, ähnlich den Meereswellen im Brandungsbereich am Ufer. Die hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit c in m/s hängt vorwiegend von der Wassertiefe h in m ab. Sie lässt sich nach der einfachen Formel

$$c = (g \cdot h)^{0,5}$$

Tabelle 2. Charakterisierung von Massenbewegungen, Seen und Schwallwellen.

Kriterium	*Bandbreite der Parameter*		
1. Ausmasse der bewegten Masse	Bergsturz $>10^6$ m³	Felssturz $10–10^6$ m³	Steinschlag <10 m³
2. Lage des Anrisses bezüglich Seespiegel	unter Wasser	über Wasser	
3. Zustand der potentiellen Sturzmasse	kompakt (gesunder Fels, massiges Eis)	zerklüftet, verwittert, auseinanderfallend	
4. Dichteverhältnis bewegte Masse zu Wasser	>1 absinkend	<1 schwimmfähig	
Art des Materials	(Gestein)	(Schnee, Eis)	
5. Sturzbahnneigung	steil (felsiger Untergrund)	flach (Untergrund aus Lockergestein)	
6. Fallhöhe	gross	klein	
7. Mutmassliche Bewegungsart der Masse	Fallsturz, Schlipfsturz, Rutsch, Eisabbruch, Eislawine, Kalbung, Neuschneelawinen, Grundlawinen usw.		
8. Zu erwartende Eintauchgeschwindigkeit	gross	klein	
9. Mächtigkeit des Seebeckens	tief	seicht	
10. Beschaffenheit der Seeoberfläche	eisbedeckt	freier Wasserspiegel	
11. Form des Seebeckens	länglich, rundlich	verzweigt mit Buchten, Halbinseln	
12. Verhältnis Eintauchgeschwindigkeit zu Wellenausbreitungsgeschwindigkeit	>1	<1	
13. Verhältnis Sturzmasse zu Seeoberfläche	gross (Verdrängungsproblem)	klein (Impulsproblem)	
14. Verdrängungszahl (Verhältnis eingetauchtes Sturzvolumen je Längeneinheit des Ufers zum Quadrat der Seetiefe)	gross	klein	
15. Spektrum der zu erwartenden Wellentypen entsprechend der Verdrängungszahl	Einzelwellen	Cnoidalwellen	Gruppe von Sinuswellen

Tabelle 3. Einfluss des eingetauchten Sturzvolumens auf den Seespiegel.

Verhältnis Sturzvolumen zu Seeoberfläche	*Problembezeichnung*	*Dominante Auswirkungen*
gross	Verdrängungsproblem	Starke Seespiegelanhebung Bei hohen Seeständen und geringem Freibord länger andauernde Überfallwassermenge, unterwasserseitig als Hochwasser oder als Flutwelle auftretend.
klein	Impulsproblem	Erzeugung von Schwallwellen infolge des Impulsaustausches zwischen Sturzmassen und Wassermassen im See, bei hohen Seeständen und geringem Freibord ist kurzzeitiges Überschwappen der Dammkrone möglich.

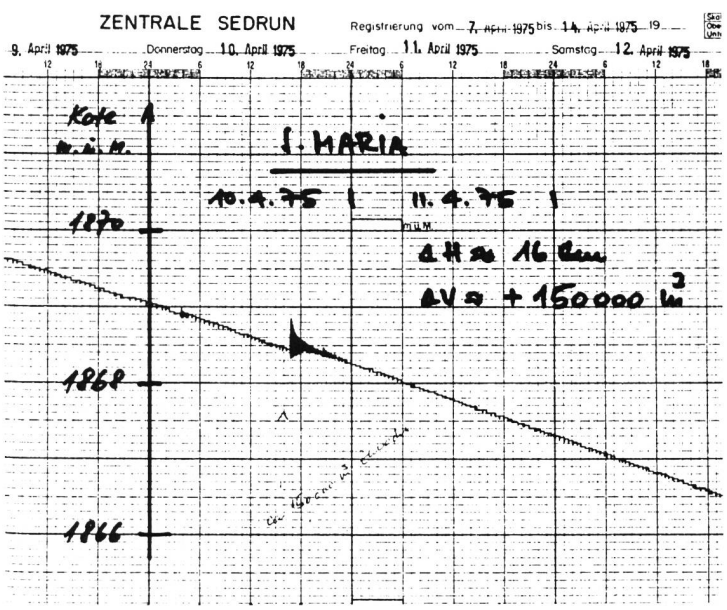

Bild 4. Aufzeichnung des Seespiegelanstieges und der abklingenden Wellenbewegungen an der Staumauer Sta. Maria. Die ausserordentliche Grösse der Lawine mit einem Wasservolumen von 150000 m³ vom 10. April 1975 vermochte den Seespiegel um 16 cm zu heben.

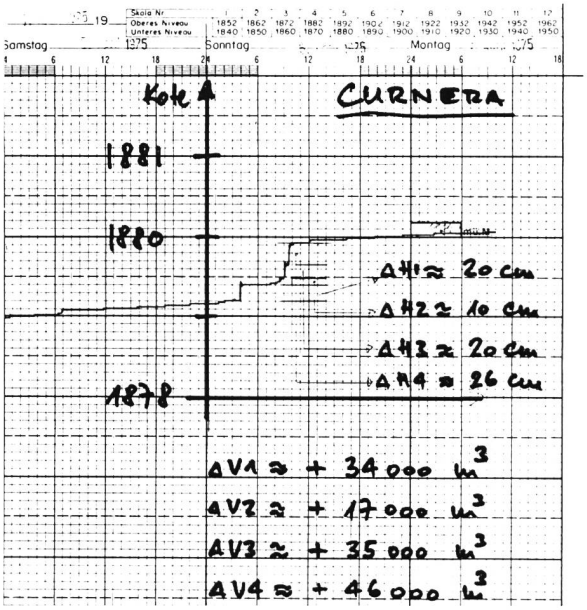

Bild 5. Am 6. April 1975 tauchten 4 Lawinen in kurzer zeitlicher Staffelung in den Stausee Curnera. Bei einem gesamten Wasservolumen der Lawinen von 132000 m³ stieg der Seespiegel um 76 cm.

mit der Erdbeschleunigung g = 9,81 m/s2 in guter Näherung berechnen. Die Längen bewegen sich in der Grössenordnung von einigen 100 Metern, und die Höhen erreichen mehrere Meter. Längs ihres Ausbreitungsweges klingen diese Wellen nur langsam ab. In Bereichen grösserer Seetiefen sind sie flach, und die Neigung der Wasseroberfläche beträgt weniger als ein Prozent. Am Entstehungsort und an den Gegenufern sind die Wellen steiler und die Wasserspiegelanstiege deshalb augenfälliger. Der relativen Höhe der Wellen ist eine Stabilitätsgrenze gesetzt. Die Wellenhöhe kann höchstens 78% der Wassertiefe erreichen, ohne dass die Welle bricht.

In zahlreichen an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich durchgeführten Modellversuchen wurde der Zusammenhang zwischen der Bewegung der Sturzmasse und des Wasserkörpers im See näher bestimmt. Das Versuchsprogramm umfasste zweidimensionale Versuche in einer Messrinne und dreidimensionale Versuche in einem Becken. Die folgende Bildserie dokumentiert einen dieser Versuche, das Eintauchen einer schwimmfähigen Masse in eine Messrinne und die durch den Impulsaustausch entstehende Schwallwelle (Bilder 1a bis 1f). Die Versuche zeigten folgende Erkenntnisse:

- Grössere eintauchende Sturzmassen erzeugen grössere Schwallwellen.
- Bei geringen Seetiefen entstehen verhältnismässig höhere Wellen.
- Hohe Wellen breiten sich schneller aus als niedrige Wellen.
- Wellen in tiefen Seen breiten sich schneller aus als Wellen in seichten Seen.
- Die Eintauchgeschwindigkeit des Massensturzes beeinflusst die Wellenhöhe nur wenig.
- Ebenfalls wenig Einfluss auf die Wellenhöhe hat die Sturzbahnneigung.
- Verschiedene Wellentypen sind möglich (Bild 2). Grosse Sturzmassen bei geringen Seetiefen erzeugen Einzelwellen, kleine Sturzmassen bei grösseren Seetiefen eine Gruppe kleinerer Wellen. Zwischen diesen Extremen liegt ein Übergangsbereich.
- Von der Eintauchstelle breiten sich die Wellen im Halbkreis aus. In der Richtung des eintauchenden Sturzes, d.h. in der Hauptimpulsrichtung sind die abgehenden Wellen am höchsten, während sie in seitlicher Richtung entlang dem Ufer mehrfach niedriger sind.
- Schnell und tief eintauchende Massen wandeln ihre Bewegungsenergie vorwiegend in Turbulenzenergie um. Bei langsamer eintauchenden Massen in seichten Seebecken fällt ein relativ grosser Anteil der umgewandelten Energie auf die ausgelösten Schwallwellen.
- Gelingt es einer Lawine, die Eisdecke zu durchstanzen, so werden die Wellen durch die zertrümmerte Eisdecke nur wenig gedämpft. Letztere macht die Wellenbewegung mit.

Aufgrund dieser Versuche ist es in einfachen Fällen möglich, innerhalb eines Gültigkeitsbereiches das Ausmass der Schwallwellen rechnerisch mit guter Genauigkeit abzuschätzen. Beobachtungen an mehreren früheren Naturereignissen stimmen mit den nachträglich berechneten Schwallwellenhöhen überein [1].

Die Lösung der komplizierteren Fälle geschieht auch im Zeitalter der Rechenelektronik immer noch am zuverlässigsten und am anschaulichsten im wasserbaulichen Versuchsmodell. Hierzu gehört die Bestimmung reflektierender Schwallwellen in verzweigten Seebecken und die Voraussage der Wellenbildung in seichten Becken oder infolge grosser Sturzmassen, wo mit extremen relativen Wellenhöhen und brechenden Wellen zu rechnen ist.

4. Rückblick auf Naturereignisse an Stauseen

Massenstürze und Lawinenniedergänge in Stauhaltungen mit zerstörerischen Auswirkungen sind in unserem Land selten, und noch seltener wurden sie dokumentiert. Die nachfolgend gezeigten Belege einzelner Ereignisse sind deshalb wertvoll.

Der Davosersee war ursprünglich ein natürlicher See. Mit dem Ausbau der Gefällstufe Davos–Klosters durch die Bündner Kraftwerke wurde der Seespiegel um 6 m höhergestaut. Zur Ausführung der Seewasserfassung war vorerst eine Seespiegelabsenkung erforderlich. Das Wasser wurde

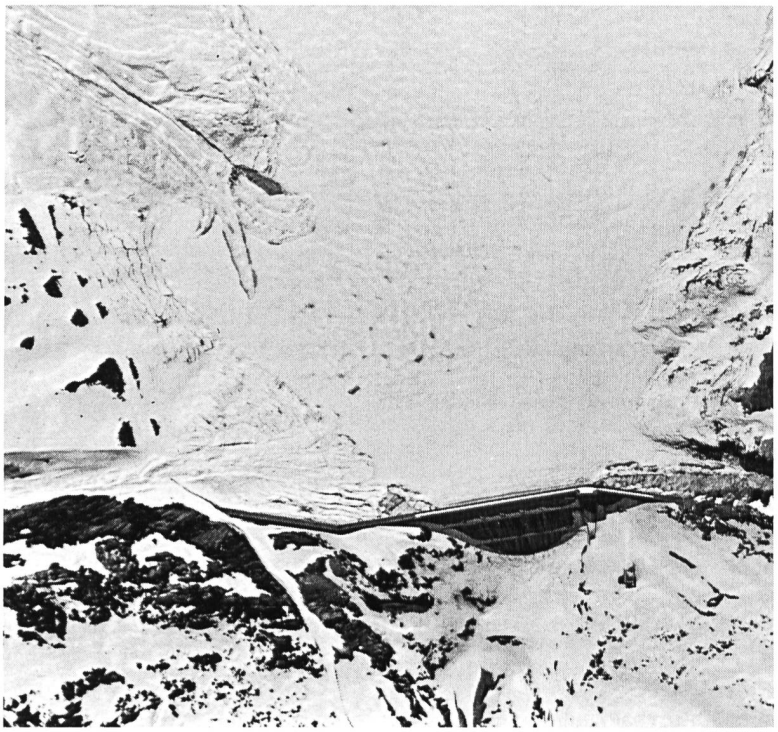

Bild 6, links. Kleinere Fliesslawinen am linken und am rechten Ufer des Limmernstausees lagerten sich auf der Eisdecke ab.
(Bild: Photoswissair 3.5.1962)

Bild 7, rechts. Die Gerstenbachlaui aus dem Frühjahr 1965 endete auf der Eisdecke des Räterichsbodenstausees am rechten Ufer unmittelbar oberhalb der Staumauer.
(Bild: Photoswissair 14.5.1965)

mit einer schwimmenden Pumpanlage nach dem Landwasser gefördert [2].

Am 7. Februar 1923 um 5.15 Uhr, nachdem der Seespiegel bereits 12 m unter dem natürlichen Pegel abgesenkt worden war, erfolgte ein gewaltiger Uferabbruch. Über einer Breite von 330 m hatte sich eine Rutschmasse von 900000 m³ bewegt. Davon tauchten 280000 m³ unter den abgesenkten Seespiegel. Die statische Anhebung des Seestandes betrug 0,6 m. Mit diesem Uferabbruch erhöhte sich das nutzbare Seevolumen um 450000 m³. Die Schwallwelle wies am gesamten Seeumfang eine Höhe von etwa 3 m auf, riss die schwimmende Pumpanlage von den Verankerungen los und überflutete sie. Dabei verlor einer der Maschinisten das Leben. Die 0,8 m starke Eisdecke wurde in unzählige Stücke zerbrochen. An einzelnen Uferstellen trug die Welle bis zu 3 m Seeschlamm ab (Bild 3).

Das Frühjahr 1975 war reich an Lawinen. Einige gingen in die Stauseen Sta. Maria und Curnera der Kraftwerke Vorderrhein nieder. Die Bilder 4 und 5 zeigen Limnigraphenaufzeichnungen mit Seespiegelanhebungen bei den Staumauern von jeweils einigen cm bis dm. Das Wasservolumen der Lawinen bewegte sich zwischen wenigen 10000 m³ und 150000 m³. Bemerkenswert ist, dass innerhalb weniger als 24 Stunden eine Reihe einzelner Lawinen in den Stausee Curnera zu verzeichnen waren. Ob die Eisdecke in jedem dieser Fälle durch die Schneeauflast nur deformiert oder ob sie durchgestanzt worden war, konnte nachträglich nicht mehr nachgewiesen werden. Schäden an den Stauanlagen hinterliessen diese Lawinen nicht.

Aus den Luftaufnahmen des Limmernstausees und des Räterichbodenstausees ist ersichtlich, dass die niedergegangenen kleineren Lawinen die Eisdecke nicht zu durchstossen vermochten (Bilder 6, 7). Sie lagerten sich als Schneekegel auf dem Eis ab. Die Eisdecken sind meistens nicht mächtig, denn der daraufgefallene Schnee bildet eine isolierende Decke und verhindert ein weiteres Anwachsen der Eisschicht.

Auf kleinere Staubecken wirken sich niedergehende Schneemassen im allgemeinen nachteiliger aus. Am 22. Dezember 1962 erreichte die Gerstenbachlaui mit einem aussergewöhnlichen Ausmass die linke Seite des Räterichbodenstausees. Die Seeoberfläche von 650000 m² stand nach dem Ereignis um 0,48 m höher, was einem Wasservolumen der Lawine von 314000 m³ entspricht. Die Spuren an der Stauanlage waren beachtlich: 150 verbogene Geländerrohre auf der Mauerkrone, eingedrückte Blechtüren, nicht mehr begehbare Treppenaufgänge, abgerissene Kabel, ein beschädigtes Schwimmerhäuschen. Die Kraftwerke Oberhasli bezifferten die Schäden auf 17000 Franken.

Durch die Schwallwelle wurden unzählige Eisblöcke auf die 3,4 m über dem Seespiegel liegende Mauerkrone und sogar auf ein 2,5 m darüberliegendes Podest angehoben. Die Luftseite der Staumauer war ebenfalls mit Schnee und Eisblöcken übersät, woraus geschlossen werden kann, dass die Lawine die gefrorene Seeoberfläche durchbrach und die erzeugte Schwallwelle an der Mauer überschwappte [3].

Eine Neuschneelawine ähnlicher Grösse, die zu einem Seespiegelanstieg von 0,42 m führte, ging am 18. Februar 1979 in den gleichen Stausee nieder.

Kalbungen an eingestauten Gletscherzungen sind eine weitere Ursache von Seespiegelerhöhungen und Schwallwellen. Wesentlich ist dabei die Lage des Schwerpunktes der abbrechenden Eismassen bezüglich des Seespiegels. Während abstürzende Eismassen beträchtliche Schwallwellen zu erzeugen vermögen, sind die Auswirkungen unter Wasser abbrechender und aufschwimmender Eismassen auf die Seeoberfläche gering.

Am 19. September 1966 brach am Griesgletscher unter der Wirkung der Auftriebskräfte eine 160 m breite und 120 m lange Eiszunge ab. Die Bruchfläche befand sich vorwiegend unter dem Seespiegel. Die gesamte Kubatur wurde auf 150000 m³ geschätzt. Ein hierzu an der Staumauer montierter Limnigraph in 600 m Entfernung von der Abbruchstelle registrierte eine Wellenhöhe von 0,16 m. Der Seespiegel

hob sich um 0,03 m an [4]. Diese bescheidenen Wellen erklären sich einerseits durch die geringe Kräftedifferenz zwischen Auftrieb und Eisgewicht. Entsprechend klein ist somit die Aufsteiggeschwindigkeit des Eises. Andererseits wandelt das aufschwebende Eis einen Teil der Bewegungsenergie in Turbulenzenergie um, so dass der Wellenbildung weniger Energie zur Verfügung steht.

Literatur

[1] *Huber A.:* Schwallwellen in Seen als Folge von Felsstürzen. VAW Mitteilung 47. Zürich 1980.

[2] *Moor R.:* Der Uferabbruch am Davosersee. «Schweiz. Bauzeitung» 4. August 1923.

[3] Kraftwerke Oberhasli AG: Aktennotiz über die Lawinenschäden an der Staumauer Räterichsboden. Innertkirchen 1963.

[4] *Vischer D.:* Kalbungswelle beim Aufbrechen einer überstauten Gletscherzunge. VAW Mitteilung 41, Zürich 1979.

Vortrag, gehalten anlässlich der Studientagung des Nationalkomitees für grosse Talsperren vom 25./26. Juni 1987 in Lugano.

Adresse des Verfassers: *Andreas Huber,* Dr. dipl. Bauing. ETH, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.

Das Kraftwerk Filisur–Tiefencastel

der Albula-Landwasser Kraftwerke AG

Benno Obrist

Die bestehenden Kraftwerke Bergün-Filisur und Glaris-Filisur mit gemeinsamer Zentrale in Filisur wurden in den Jahren 1961 bis 1966 erbaut. Sie nutzen das Wasser aus dem Albulatal und dem Landwassertal. Das mit einem Bruttogefälle von 423 m turbinierte Werkwasser von max. 16 m³/s wird heute direkt neben der Zentrale Filisur in die Albula zurückgegeben. Mit einer installierten Leistung von 58 MW wird im Mitteljahr eine Energieproduktion von 260 Mio kWh erreicht.

Das im Bau stehende Kraftwerk Filisur-Tiefencastel ist eine sinnvolle Erweiterung dieser Kraftwerkgruppe. Das genutzte Werkwasser aus dem Kraftwerk Filisur wird direkt in den Druckstollen Filisur-Tiefencastel geleitet. Das Wasser aus dem Zwischeneinzugsgebiet der Albula unterhalb Bergün wird 170 m flussabwärts der Zentrale Filisur teilweise gefasst. Durch die Wasserfassung, ausgebaut für eine Fassungsmenge von 2 m³/s, gelangt dieses Wasser durch einen Entsander direkt ins Ausgleichbecken Filisur. Dieses weist ein Nutzvolumen von 19000 m³ auf. Es dient der sicheren Betriebsführung der beiden Kraftwerkstufen Filisur und Tiefencastel. Vom Ausgleichbecken gelangt das Werkwasser durch einen 210 m langen Verbindungsstollen in den Druckstollen.

Das Wasser aus dem Zwischeneinzugsgebiet des Landwassers unterhalb Glaris wird nicht gefasst und verbleibt im Landwasser, respektive in der Albula nach deren Zusammenfluss. Aus Landschaftsschutzgründen wird zudem auf die Fassung der linksufrigen Bäche, insbesondere des Schaftobelbaches, verzichtet.

Der Druckstollen Filisur–Tiefencastel, ausgebaut für eine Wassermenge von 18 m³/s, weist eine Länge von 8,6 km und einen lichten Durchmesser von 2,80 m auf und leitet das Werkwasser in der linken Talflanke Richtung Wasserschloss. Bei Kilometer 1,90 und 4,05 sind Fensterstollen von 300 m bzw. 200 m Länge angeordnet. Vom Druckstollenende führt eine 450 m lange, eingegrabene und vollständig überdeckte Druckleitung von 2,20 m Durchmesser zur Zentrale Tiefencastel. Das Bruttogefälle beträgt 150 m.

Die oberirdische Zentrale Tiefencastel liegt am linken Albulaufer rund 260 m oberhalb der Brücke in Tiefencastel. Der Zentralenzugang erfolgt von der rechtsufrigen Strasse Tiefencastel–Surava her über eine neu zu bauende Brücke über die Albula. Das Werkwasser wird durch einen überdeckten Unterwasserkanal auf Kote etwa 844 m ü.M. rund 150 m oberhalb der Brücke in Tiefencastel der Albula zurückgegeben. Druckstollen, Druckleitung und Unterwasserkanal sind, aus Rücksicht auf Natur- und Landschaftsschutz, unterirdisch angeordnet und somit nicht sichtbar.

Die Zentrale Tiefencastel wird mit zwei Maschinengruppen ausgerüstet, die für eine Wassermenge von 18 m³/s dimensioniert werden. Die installierte Leistung beträgt 2×12 MW, die Energieproduktion im Mitteljahr rund 100 Mio kWh. Davon werden 71% im Sommerhalbjahr und 29% im Winterhalbjahr erzeugt.

Die Energieableitung erfolgt in 50 kV von Tiefencastel nach Filisur. Dazu wird auf zwei Dritteln der Strecke das Trasse der heutigen Talversorgungsleitung verwendet, die gleichzeitig auf eine höhere Spannungsebene von 16 kV gebracht wird, um die Sicherheit der Talversorgung auch in Zukunft zu gewährleisten. In der bestehenden Schaltanlage in Filisur wird die Energie auf 380 kV transformiert und über die heutige 380-kV-Leitung Filisur–Sils im Domleschg abtransportiert, um von dort nach den schweizerischen Konsumzentren zu gelangen.

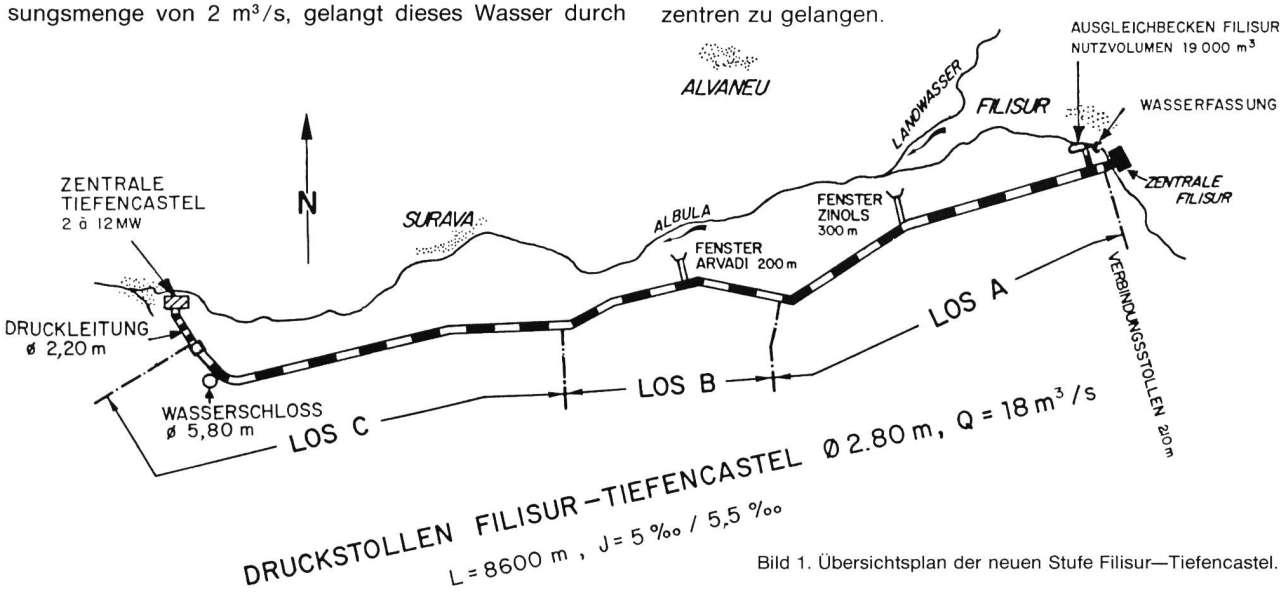

Bild 1. Übersichtsplan der neuen Stufe Filisur—Tiefencastel.