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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 99 (2007)

Heft: 1

Artikel: Ausbrüche von Gletscher(vorland)seen : Diskussion anhand von Fallbeispielen

Autor: Kuntner, Richard / Teysseire, Philipp

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940111

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: 01.07.2025

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

Ausbrüche von Gletscher(vorland)seen, Diskussion anhand von Fallbeispielen

Richard Kuntner, Philipp Teysseire

Zusammenfassung

Neben Längen- und Geometrieveränderungen, Gletscher- und Eisstürzen stellen Gletscherhochwasser eine der wichtigsten von Gletschern ausgehende Gefahr dar. Gletscherhochwasser entstehen bei dem plötzlichen Auslaufen von auf, in, neben oder unter Gletschern gelegenen Schmelzwasserreservoirs. Die durch das mögliche Auslaufen der Schmelzwasserreservoirs bewirkten Flutwellen können grosse Geschiebemengen mobilisieren und Murgänge auslösen, welche an flussabwärts gelegenen Siedlungen und Infrastrukturanlagen beträchtlichen Schäden anrichten. Das Phänomen der Gletscherseen ist aus allen vergletscherten Gebirgsregionen bekannt.

Im vorliegenden Beitrag werden der Sirvoltesee, der Weingartensee und die Grubenseen vorgestellt. Für diese in den südlichen Walliser Alpen gelegenen Gletscherseen werden Ausbruchmechanismen aufgezeigt und die zum Schutz vor zukünftigen Ausbrüchen unternommenen Massnahmen vorgestellt. Die Erfahrung mit diesen Seen zeigt, dass das von Gletscherseen ausgehende Risiko mit Hilfe eines Schutzkonzeptes teilweise beherrschbar gemacht werden kann. Ein Schutzkonzept sollte neben allfälligen baulichen Massnahmen ein Interventions-, Beobachtungs- und Informationskonzept umfassen. Es muss den spezifischen Gegebenheiten eines Gletschersees Rechnung tragen.

Damit Sanierungsmassnahmen rechtzeitig realisiert werden können bedarf es eines frühzeitigen Erkennens allfälliger Gefahrenherde. Bisher gibt es jedoch noch kein funktionierendes Früherkennungskonzept für solche Gefahren.

1. Einführung

Am Abend des 25.6.2001 ereignete sich im Täschbach (Mattertal, Kanton Wallis) bei schöner und trockener Witterung ein Hochwasser mit intensivem Geschiebetrieb (T&C 2003). Das Ereignis verursachte in Täsch beträchtlichen Sachschaden und lagerte in der Ortschaft rund 12 000 – 16 000 m^3 Material ab. Ausgelöst wurde das Hochwasser durch den Ausbruch des Weingartensees, eines gut 1500 m über dem Dorf auf rund 3000 mü.M. gelegenen Gletschervorlandsees. Der See liegt in einem Altschuttgebiet des sich zurückziehenden südlichen Weingartengletschers und wird durch eine Stirnmoräne eines früheren Rückzugstadiums des Gletschers gestaut. Am 25. Juni 2001 führte starke Schneeschmelze zum Überlaufen des Sees, der Mobilisierung von Moränenmaterial und der Entstehung eines Murganges, der bis nach Täsch floss.

Die Bildung von Gletscher(vorland)seen wird gemäss (VAW 2000 / 2006) vermehrt seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts beobachtet. Das seit dieser Zeit zunehmende klimabedingte Abschmelzen der Gletscher führt zum Rückstau von Schmelzwasser in Senken auf oder in der Umgebung des Gletschers. Da diese Senken teilweise durch Eismassen oder instabile Moränen begrenzt werden besteht die Gefahr eines unkontrollierten Auslaufens und der damit verbundenen Gefährdung für tiefer gelegene Siedlungen und Infrastrukturanlagen.

Im vorliegenden Beitrag wird an drei Beispielen im Kanton Wallis gezeigt, welche Mechanismen zu einem Gletscherseeausbruch führen und wie vorgegangen wird, um das Risiko solcher Ereignisse zu reduzieren. Im ersten Teil des Beitrages werden die verschiedenen Gletschergefahren insbesondere die Gletscherhochwasser kurz beschrieben. Danach werden der Sirvoltesee beim Simplonpass, der Weingartensee oberhalb Täsch und die Grubenseen bei Saas Balen besprochen.

An dieser Stelle muss noch darauf hingewiesen werden, dass sich die Problematik der Gletscher(vorland)seen nicht auf die drei vorgestellten Fallbeispiele beschränkt. Alleine in den Schweizer Alpen stellte / stellt sich gemäss (VAW 2006) bei rund 50 Gletschern die Problematik von Gletscherhochwassern. Das Phänomen der Gletschervorlandseen ist darüber hinaus in allen vergletscherten Gebirgsregionen bekannt. So gibt es beispielsweise gemäss (WWF 2005) im nepalischen Teil des Himalaja 3252 Gletscher und sind 2323 Gletscherseen bekannt. Daher wird der Bildung von Gletscherseen weltweit grosse Beachtung geschenkt und zahlreiche Anstrengungen unternommen, um das von der Bildung solcher Seen ausgehende Risiko zu reduzieren. Beispielsweise wird im Auftrag des Umweltprogrammes der Vereinten Nationen (UNEP) ein Vorwarnsystem zum Schutz vor Gletscherseeausbrüchen für das Hindukusch Himalaja-Gebiet (Nepal, Indien, Pakistan, Bhutan, China) aufgebaut (www.rrcap.unep.org/issues/glof/). Im Rahmen des Europäischen Forschungsprogrammes «GLACIORISK» (EC 2003) an dem sich 11 Forschungsinstitutionen aus 6 Länder beteiligten wurden ferner wissenschaftliche Grundlagen zur Überwachung von Gletschern und dem rechtzeitigen Erkennen möglicher Gefahren zusammengetragen und ein neuartiges Verfahren zum Risikomanagement bei Gletschergefahren vorgeschlagen.

2. Gletschergefahren/ Gletscherhochwasser

In (VAW 2006) werden drei verschiedene von Gletschern ausgehende Gefahrentypen unterschieden. Es handelt sich dabei um Längen- und Geometrieänderungen, Gletscher- und Eisstürze und Gletscherhochwasser. Diese Gefahrentypen sind eng miteinander verknüpft und können auch von anderen Naturkatastrophen wie beispielsweise Bergstürzen und Lawinen ausgelöst werden.

Änderungen in der Gletscherlänge und der Gletschergeometrie werden von Gletschervorstössen und Gletscherschwund bewirkt. In der aktuellen Schwundphase gehen Gefahren dabei vor allem von Eisstürzen und von freigelegten Moränen,

Felswänden und dem freigelegten Sedimentbett aus. Eisstürze ereignen sich, wenn die Gletscherzunge beim Rückzug eine Steilstufe erreicht und abbricht. Das freigelegte Sedimentbett und die Moränen sind nicht mehr vor Erosion geschützt und können durch Gletscherhochwasser mobilisiert werden.

Gletscherstürze sind grosse Eisstürze, die ausschliesslich in steilem Gelände auftreten. Aus ihnen können sich Eislawinen bilden, welche grosse Flächen in Mitleidenschaft ziehen. Das gilt auch für Gletscherhochwasser, welche durch das plötzliche Auslaufen glazial bedingter Wasserreservoirs ausgelöst werden. Dabei wird zwischen Wassertaschen und Gletscherseen unterschieden. Wassertaschen sind im Gegensatz zu Gletscherseen von Auge nicht zu erkennen und umfassen alle grösseren Wasseransammlungen im Gletscher und unterhalb des Gletschers (subglaziale Seen).

Gletscherseen umfassen proglaziale, supraglaziale, randglaziale und periglaziale Seen (siehe *Bild 1*). Proglaziale Seen bilden sich beim Rückzug eines Gletschers durch Rückstau von Schmelzwasser hinter der zurückbleibenden Stirnmoräne. Sind die Moränen schmal und enthalten viele Toteisfragmente, so besteht die Gefahr einer Entleerung des proglazialen Sees über Grundwasserabfluss. Gelangen hingegen durch den Ausbruch eines weiter oben gelegenen glazialen Wasserreservoirs oder durch eine starke Eisschmelze in kurzer Zeit grosse Wassermengen in den See, so kann der See überlaufen. Das überschwappende Wasser erodiert aus der Luftseite der Moräne Material und bildet eine Bresche, die durch das nachströmende Wasser schnell vergrössert wird (rückschreitende Erosion). Die kurzfristig austretenden grossen Wassermengen können beträchtliche Materialmengen aus den Moränen mobilisieren und einen Murgang auslösen.

Randglaziale Seen bilden sich beim Rückstau von Schmelzwasser durch Gletschereis. Der Ausbruchmechanismus randglazialer Seen besteht aus dem Aufschwimmen des rückstauenden Gletschereises infolge Auftrieb und der Entleerung des Sees über einen Grundwasserabfluss im Gletscherbett.

Supra- und periglaziale Seen werden ebenfalls durch das Eis gestaut. Während sich supraglaziale Seen in Vertiefungen auf der Oberfläche des Gletschers bilden, werden periglaziale Seen durch Toteis oder Permafrost gestaut. Ein Spezialfall der periglazialen Seen bilden die Thermokarstseen. Sie entstehen meist an einer Störung der Permafrostschicht, bei der das Schmelzwasser nicht abfliessen kann. Das Schmelzwasser nimmt die Strahlungsenergie der Sonne auf und transportiert sie zu der umliegenden Eisschicht, die schmilzt. Die Seefläche wird dadurch grösser und der See vergrössert sich immer schneller.

Bei den nachfolgend vorgestellten Gletscherseen handelt es sich im Falle des Sirvoltesees und des Weingartensees um proglaziale Seen. Im Umfeld des Grubengletschers haben sich mehrere Gletscherseen gebildet. Neben einem proglazialen See können / konnten ein randglazialer See und ein periglazialer See (Thermokarstsee) beobachtet werden.

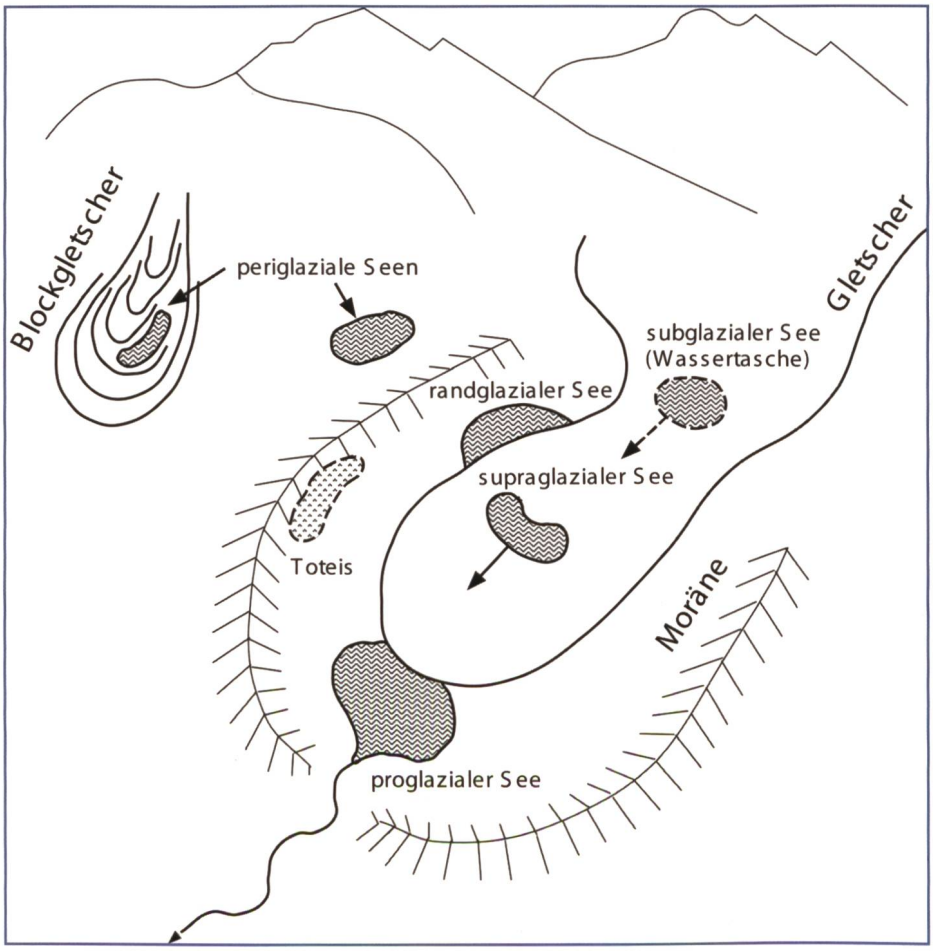

Bild 1. Schematische Darstellung verschiedener glazial bedingter Wasserreservoirs.

3. Sirvoltesee

Der östliche und der westliche Sirvoltesee befinden sich am Nordhang des Fletschhornmassivs im Simplongebiet. Sie liegen auf einer Geländestufe unterhalb einer steilen Felswand auf rund 2400 mü.M. innerhalb eines glazialen Altschuttgebietes (siehe *Bild 2*). Beide Seen werden von Schmelzwasser kleiner Gletscher- und Firnfelder auf dem Nordhang des Fletschhornmassivs gespiesen. Während der Ausfluss des westlichen Sees in einem Felsauschnitt liegt wird der östliche See durch eine Stirnmoräne der kleinen Eiszeit gestaut.

Der östliche See ist während des grossen Unwetters vom September 1993 (24.9.) ausgebrochen. Er wies vor dem Ereignis einen kleinen natürlichen Abfluss auf, der jedoch ungeeignet war, um als Hochwasserentlastung zu funktionieren. Es wird daher vermutet, dass wegen Überlastung des Ausflusses in diesem Bereich rückschreitende Erosion auftrat. In der Folge kam es in kurzer Zeit zum Versagen des Moränendammes und einem vollständigen Auslaufen des Sees. Die geschätzten 300 000 m^3 Wasser (Huggel et al. 2002) mobilisierten rund 150 000 m^3 Material welches als Murgang talwärts floss und sich auf den tiefergelegenen Hangterrassen wieder ablagerte. Nur ein unbedeutender Anteil gelangte bis ins Tal und den Chrummbach. Auch die auf der anderen Talseite gelegene Simplonpassstrasse wurde nicht in Mitleidenschaft gezogen. Die Abflussspitze des Murgangs wird auf einige 100 m^3/s geschätzt, wobei das Reinwasser rund 50–90 m^3/s ausgemacht haben dürfte. Das Ereignis hinterliess in der Moräne eine Bresche, die gut 200 m lang ist und eine Fläche von rund 800 m^2 aufweist (siehe *Bild 3*).

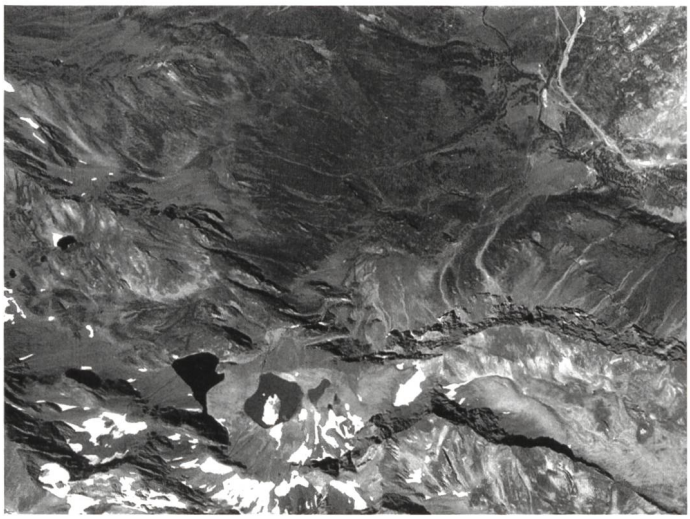

Bild 2. Luftaufnahme des östlichen und des westlichen Sirvoltesees vor dem Ausbruch.

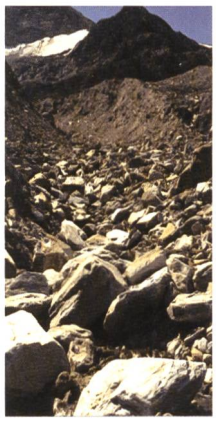

Bild 3. Während des Ereignisses durch rückschreitende Erosion gebildete Bresche.

Bild 4. Verstärkter Damm mit neuer Hochwasserentlastung beim Weingartensee.

Durch die Bresche geht von dem übrig bleibenden Rest-See keine Gefährdung mehr aus, weshalb auch keine Schutzmassnahmen ergriffen wurden. Der See wird jedoch photogrammetrisch überwacht, damit einer allfälligen negativen Entwicklung der Situation rechtzeitig entgegengewirkt werden kann.

4. Weingartensee

Der Weingartensee liegt auf rund 3060 mü.M. in einer Moränenhalde des südlichen Weingartengletschers oberhalb der Täschalp. Er wird durch eine der kleinen Endmoränen aus früheren Rückzugs-Stadien des Gletschers gestaut. Am 25. Juni 2001 führte eine starke Schnee- und Eisschmelze zum Überlaufen des Sees auf der linken Seite des Moränendammes. Leicht unterhalb der Überlaufstelle hatte sich bereits eine temporäre Quelle gebildet und das Dammmaterial lokal stark aufgeweicht. Das überschwappende Wasser konnte dieses Material sofort mobilisieren und so einen Murgang auslösen. Der Murgangdurchgang löste auf der gesamten Länge des Gerinnes bis nach Täsch verschiedene Erosions-Umlagerungs- und -Ablagerungsprozesse aus. Dabei wurde auch Material remobilisiert, das während des Hochwasserereignisses aus dem Jahre 2000 im Gerinneabschnitt oberhalb der Einmündung des Rotbaches abgelagert worden war. Die zur Bewältigung solcher Ereignisse errichteten sieben Sohlstufen zwischen Eggstadel und Stafelti und das Rückhaltebecken knapp oberhalb von Täsch reichten bei weitem nicht aus, um das anfallende Geschiebe aufzufangen. In der Folge lagerten sich wie bereits erwähnt, 16 000–20 000 m^3 Material in Täsch ab und verursachten beträchtlichen Schaden.

Mit der Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes für den Täschbach wurde 1999 begonnen. Die Untersuchung der aktuellen Gefahrensituation zeigte, dass im Einzugsgebiet des Täschbaches mächtige durch Hochwasser mobilisierbare Geschiebeherde liegen. Bei extremen Hochwassern mit einer Jährlichkeit über 300 (mögliche Ereignisse) können dabei auch ohne Ausbruch des Weingartensees bis zu 400 000 m^3 Material mobilisiert werden (T&C 2003). Die Existenz des Sees vergrössert die Auftretenswahrscheinlichkeit mittlerer bis grösserer Ereignisse. Das maximal im See gespeicherte Wasservolumen von rund 100 000 m^3 kann dabei bis zu 250 000 m^3 Material mobilisieren. In Geo7 / T&C 1999 wurde das bei einem möglichen Seeausbruchereignis zu erwartende Erosionsvolumen auf rund 170 000 m^3 geschätzt, wobei eine 350 m lange, 40–70 m breite und bis zu 25 m tiefe Erosionszone mit einem Erosionsquerschnitt von rund 480 m^2 zu erwarten wäre.

Um der Gefahrensituation zu begegnen wurden verschiedene Schutzmassnahmen erarbeitet und mittels numerischer Simulationen optimiert (Kolenko et al. 2004). So wurde der Damm beim Weingartensee verbreitert. Dadurch wurde der See zurückgesetzt und seine Fläche verkleinert. Ferner wurde der bestehende Auslauf als Hochwasserentlastung ausgestaltet und tiefer gesetzt (siehe *Bild 4*). Ausser den Massnahmen beim Weingartensee umfasst das Hochwasserschutzkonzept auch den Bau eines Dammes und Rückhalteraumes beim Rotbach (im Bau) und die Vergrösserung des Geschiebesammlers oberhalb von Täsch.

Eine regelmässige Überwachung des Gebietes zum frühzeitigen Erkennen möglicher Veränderungen ist auch nach der Realisierung der baulichen Schutzmassnahmen empfehlenswert.

5. Grubenseen

Die Zunge des Grubengletschers und des Grubenblockgletschers liegen auf rund 2800 bis 2900 mü.M. in einem Plateau oberhalb von Saas Balen (siehe *Bild 5*). Im Bereich der Gletscherzunge und des Blockgletschers haben sich mehrere Schmelzwasserseen gebildet. Ausbrüche dieser Seen haben verschiedentlich, zuletzt 1968 und 1970, Hochwasser und Murgänge ausgelöst. Als Reaktion auf das letzte Ereignis wurden verschiedene bauliche Sofortmassnahmen ergriffen. Ferner wurde die von den Seen ausgehende Gefahr mit aufwendigen Untersuchungen und baulichen Massnahmen vor allem im Zeitraum von 1990–1995 im Rahmen des Nationalen Forschungsprojektes NFP 31 genauer analysiert. Die Untersuchungen umfassten geoelektrische, seismische und gravimetrische Methoden. Daneben wurden auch Tiefbohrungen und Tracerversuche durchgeführt. Im Anschluss an die Untersuchungen wurde in Zusammenarbeit mit der Gemeinde ein Schutzkonzept definiert und umgesetzt, das verschiedene

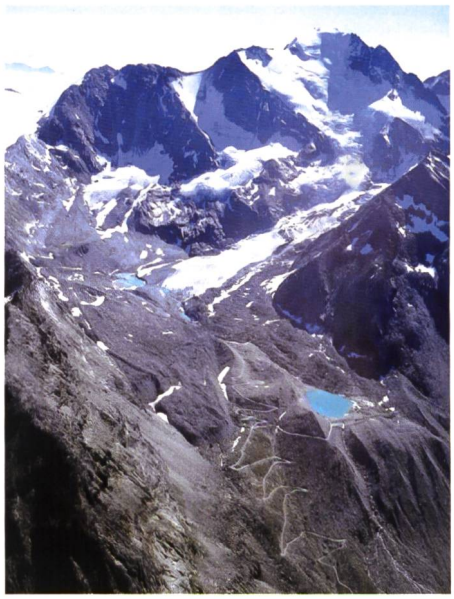

Bild 5. Grubengletscher mit gut sichtbarem unterstem randglazialen See.

Bild 6. Verstärken des Dammes bei Grubensee Nr. 1.

bauliche Massnahmen vorsieht. Seit dem letzten grossen Ereignis wird die Entwicklung der Seen auch regelmässig beobachtet, wobei seit 1998 eine detaillierte, alle Objektteile und mögliche Prozesse umfassende Checkliste verwendet wird.

In der Folge werden die Seen kurz beschrieben, von denen das grösste Gefahrenpotenzial ausgeht bzw. ausgegangen ist.

Sowohl beim Ereignis von 1968 als auch beim Ereignis von 1970 spielte der unterste See (See 1) eine wichtige Rolle. Es handelt sich um einen proglazialen See, der sich hinter einer kleinen Endmoräne aus der Zeit der vorletzten Jahrhundertwende gebildet hat. Durch ein schlagartiges Entleeren des weiter oben gelegenen Sees Nr. 3 flossen 1968 rund 170 000 m^3 mit maximal 10 m^3/s in See 1 (VAW (1999), Haeberli et al. (2001), (Teysseire 1999). Beim Ereignis von 1970 belief sich der maximale Zufluss sogar auf 15 m^3/s. Als Folge des starken Zuflusses schwappte See 1 über und das austretende Wasser mobilisierte 400 000 m^3 (1968) bzw. 100 000–150 000 m^3 (1970) des Moränenmaterials unmittelbar unterhalb des Sees. Die dadurch ausgelösten Murgänge richteten in Saas Balen grosse Schäden an.

In der Folge der Ereignisse von 1968 und 1970 wurde am See der bestehende Damm mittels grober Blöcke verstärkt und ein Auslauf gebaut, um eine weitere rückschreitende Erosion im Falle eines Überschwappens zu verhindern. Ferner wurde der Kern des Dammes aus Beton ausgestaltet. Die detaillierten Untersuchungen der Moräne ergaben ein aufgelockertes Gefüge nahe der Krone und eine gute Konsolidierung der Moräne in grosser Tiefe (Häberli et al. 2001). Sie enthält keine grösseren begrabenen Eiskörper und die begrenzte Perkolation beschränkt sich auf den Fuss der Moräne. Bei einem unkontrollierten Überschwappen des Sees auf Grund plötzlicher Entleerung der weiter oben gelegenen Schmelzwasserseen konnte jedoch eine Erosion des unmittelbar unterhalb des Dammes gelegenen Materiales nicht ausgeschlossen werden. Im Rahmen des Schutzkonzeptes wurde daher zwischen 1995 und 1997 beim Damm der bestehende 4–5 m tiefe Dichtungsschirm aus Beton mittels Injektionen auf gut 10 m verlängert (siehe *Bild 6*). Durch die Vergrösserung des Diaphragmas konnte eine Verlängerung des Sickerweges erreicht und die Stabilität des Dammes verbessert werden. Zusätzlich wurde das Vorland angehoben, wodurch das Retentionsvolumen des Sees auf 100 000 m^3 erhöht werden konnte. Ferner wurde auch der Auslauf als Hochwasserentlastung ausgestaltet und 2 m tiefer gelegt. Durch diese Massnahmen soll ein begrenzter Ausbruch der weiter oben gelegenen Gletscherseen gedämpft werden können.

Der randglaziale See Nr. 3 liegt oberhalb von See 1 auf der rechten Seite der Gletscherzunge. Die Ereignisse von 1968 und 1970 wurden durch ein partielles Aufschwimmen des den See eingrenzenden Eiskörpers und des dadurch ermöglichten subglazialen Ausfliessens des Sees ausgelöst. Im Rahmen der baulichen Sofortmassnahmen nach den Ereignissen wurde ein 200 m langer Drainagetunnel ins Eis gegraben und später mit einem Metallrohr versehen. Zu Beginn der Neunziger Jahre erfüllte diese künstliche Entwässerung wegen Beschädigung und Abschmelzen des rundherum gelegenen Eiskörpers nur noch bedingt ihre Funktion. Daneben hatte die schwindende Eismasse wieder einen kritischen Auftriebszustand erreicht, womit die Gefahr eines neuerlichen Seeausbruches bestand. Um dieser Gefahr zu begegnen, wurde durch Abtrag von 50 000 m^3 Permafrost und Schüttmaterial ein offenes Gerinne mit einer Länge von 200 m und einer mittleren Sohlbreite von 2 m erstellt und der Auslauf tiefer gelegt.

Im Jahre 2003 war wegen der grossen Hitze eine starke Eisschmelze zu verzeichnen, in deren Folge der See bis an den Rand gefüllt war. Um der Gefahr eines unkontrollierten Überschwappens des Eisdammes zu begegnen, wurde mit einfachen Massnahmen ein künstlicher Abfluss in den Eisdamm geschaffen, der sich durch das hindurchströmende Wasser und das dadurch bewirkte Schmelzen des Eises selbstständig vergrösserte wie die nachfolgenden *Bilder 7* bis *10* zeigen.

Oberhalb des Sees Nr. 3 auf der höchsten Stelle des Grubenblockgletschers lag der periglaziale Thermokarstsee (See Nr. 5). Er entstand aus einer Spalte zwischen dem Blockgletscher und Toteis.

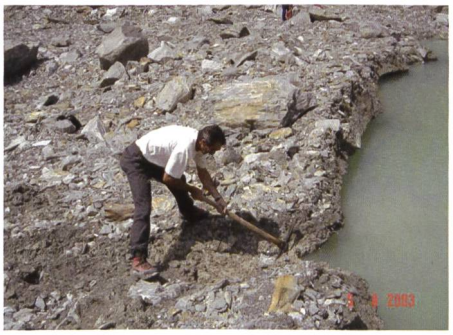

Bild 7. Schaffen eines künstlichen Ausflusses.

Bild 8. 4 Stunden später.

Bild 9. 9 Tage später.

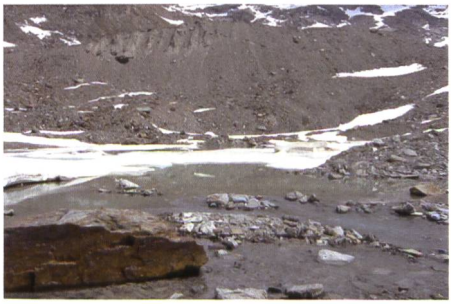

Bild 10. Rund ein Jahr später.

Bild 11. Auspumpen von Grubensee Nr. 5.

Das Toteis stammt aus historischen Hochständen des Grubengletschers als dieser sich über den oberen Teil des Blockgletschers geschoben hatte. Der See hat sich seit seiner Bildung Mitte der 60er Jahre ständig vergrössert, wobei seit 1989 ein verstärktes Wachstum der Seefläche zu beobachten war. Die Zunahme des Sees betrug so 1994 1500 m^2. Da bei einer Fortsetzung dieser Entwicklung insbesondere dem verstärkten Abschmelzen des Toteises bis in einigen Jahren voraussichtlich mit einem Ausbruch zu rechnen gewesen wäre wurde entschieden, den See vollständig zu leeren. In einem ersten Schritt (Sofortmassnahme) wurde der See daher 1995 ausgepumpt (siehe *Bild 11*). 1997 wurde die definitive bauliche Lösung realisiert. Im Toteis wurde eine Kerbe gegraben, die bis auf den Grund des Sees reichte und eine Querschnittsfläche von rund 650 m^2 umfasste. Insgesamt wurde dabei rund 15 000 m^3 Eis abgetragen (siehe *Bild 12*).

6. Schlussfolgerungen

Die Beispiele des Sirvolte-, des Weingarten- und der Grubenseen haben gezeigt, dass das Risiko von Gletscherseeausbrüchen nicht unterschätzt werden darf. Es lässt sich jedoch durch ein geeignetes Schutzkonzept grundsätzlich beherrschen. Den Kern des Schutzkonzeptes bildet ein Beobachtungskonzept, das eine kontinuierliche Erfassung / Beurteilung des aktuellen Zustandes erlaubt. Dabei empfiehlt sich der Rückgriff auf Satellitenbilder/ photogrammetrische Methoden und wo möglich eine jährlich durchgeführte Begehung. Anhand einer Checkliste lassen sich bei der Begehung die wichtigen Informationen erfassen.

Bild 12. Kerbe in Toteis bei Grubensee Nr. 5.

Daneben enthält das Schutzkonzept Dispositive zur unverzüglichen Umsetzung baulicher Sofortmassnahmen und der längerfristigen Planung und Umsetzung detaillierterer raumplanerischer/ organisatorischer und baulicher Schutzmassnahmen.

Neben den eher technischen Aspekten sollte das Schutzkonzept auch ein Informationskonzept umfassen. Dadurch kann verhindert werden, dass im Falle einer (vermeintlich) kritischen Situation durch ungeschickte Formulierungen in den Medien unnötigte Befürchtungen geweckt werden, wie im Jahre 2003 geschehen.

Die drei Fallbeispiele haben auch gezeigt, dass jeder Gletschersee einzeln betrachtet und ein Schutzkonzept den spezifischen Gegebenheiten angepasst werden muss.

Damit Sanierungsmassnahmen jedoch überhaupt rechtzeitig realisiert werden können bedarf es einer frühzeitigen Erkennung der Gefahrenherde. Dies umso mehr, als mit dem gegenwärtigen Gletscherschwund vermehrt neue Gletscherseen entstehen werden. Im Moment gibt es jedoch noch kein funktionierendes Früherkennungskonzept für solche Gefahren.

Der Ausbruch von grösseren Wasseransammlungen in oder unter Gletschern (Wassertaschen) ist kaum frühzeitig erkennbar, da sie nur schwer detektierbar sind.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die Bereitstellung von Bildmaterial sei Herrn Prof. Dr. Martin Funk herzlich gedankt.

Literatur

EC (2003) Fifth Framework Programme, Glaciorisk, EVG1 2000 00512 Executive Summary, section2, Survey and prevention of extreme gaciological hazards in European mountainous regions, http://glaciorisk.grenoble.cemagref.fr

Geo7, Teysseire & Candolfi AG (1999), Hochwasserschutzkonzept Täsch, Beurteilung und Massnahmen, Bern, Visp (provisorischer Bericht)

Haeberli W., Kääb A., Vonder Mühl D., Teysseire Ph., (2001), Prevention of outburst flood periglacial lakes at Grubengletscher, Valais, Swiss Alps, Journal of Glaciology, Vol 47(156), 111–122.

Huggel C., Kääb A., Haeberli W., Teysseire Ph., Paul F., (2002), Remote sensing bases assessment of hazards from glacier lake outbursts: a case study in the Swiss Alps, Can. Geotech. J. 39, 1–15.

Teysseire Ph. (1999), Gefährliche Gletscherseen im Kt. Wallis, CENAT/VAW Fachtagung Naturgefahren: Gletscher und Permafrost, Übersicht aus Forschung und Praxis März 1999, Zürich.

Teysseire & Candolfi AG (2004) Grubensee Saas-Balen, Inspektionsbericht 2004, Bericht Nr. 1585-46, Visp.

Teysseire & Candolfi AG (2003), Gesamtkonzept Täsch, technischer Kurzbericht, Bericht Nr. 1647e-1, Visp (Entwurf).

Kolenko A., Teysseire Ph., Zimmermann M., (2004), Schutzkonzept für Murganggefahr Fallbeispiel Täsch, Internationales Symposium Interpraevent, 2004, Riva, Trient.

VAW (1999), Schlussbericht über geophysikalische und photogrammetrische Untersuchungen an Gletscherseen im Gebiet Gruben, VAW-Bericht Nr. 52.42.

VAW (2000), Inventar von gefährlichen Gletschern im Kanton Wallis, Bericht Nr. 7641.5.01, Zürich.

VAW (2006) http://glaciology.ethz.ch/glacier-hazards/

WWF (2005) An Overview of Glaciers, Glacier Retreat, and Subsequent Impacts in Nepal, India and China, WWF Nepal Program.

Anschrift des Verfassers

Dr. *Richard Kuntner*, Dr. *Philipp Teysseire*
Teysseire & Candolfi AG
Terbinerstrasse 18
CH-3930 Visp
Tel. +41 (0)27 948 07 14
r.kuntner@t-c.ch, ph.teysseire@t-c.ch