

Wasserwege der Gemeinde Flims und ihre Einflüsse auf den Caumasee

Öffentlicher Bericht 2004-2008

Gemeinde Flims

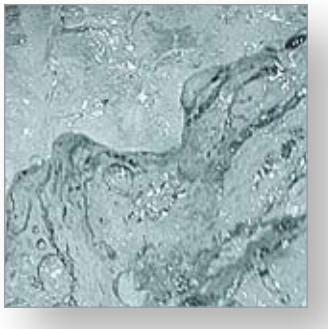
Schweizerisches Institut für Speläologie und Karstforschung



Lösungsformen im Kalkstein des Sur Crap



Der Lag Tiert war früher der Hauptausfluss eines Karstsystems



Einführung

Das Problem

Von den vier Bergseen, die sich in der näheren Umgebung von Flims finden, ist der Caumasee angesichts seiner Grösse und charakteristischen Farbe sicher der attraktivste. Zwischen 2003 und 2007 sank jedoch der Seepegel deutlich ab und erreichte die Minimalwerte der bisherigen Messperiode.

Der Umfahrungstunnel von Flims quert Kalk. Dort treten in verschiedenen Wasserzutritten insgesamt zwischen 150 l/s bis mehr als 800 l/s ein. Dieser grosse Zufluss und die tiefen Wasserstände im Caumasee hatten zur Frage geführt, ob nicht neben dem im 2004 nachgewiesenen Einfluss auf den Lag Tiert auch der Caumasee durch den Tunnelbau beeinflusst sei. Der Gemeindevorstand Flims hatte Ende 2005 das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung, in der Folge SISKA genannt, beauftragt, die hydrogeologischen Verhältnisse der Region Flims abzuklären. Damit sollte die Rolle des Tunnels beim Absinken des Caumaseepegels bestimmt werden. Der vorliegende Bericht fasst die in den Jahresrapporten 2006 bis 2008 vorgestellten Daten und Folgerungen zusammen und liefert eine Synthese der heutigen Erkenntnisse.

Dieser Bericht ist für die breite Öffentlichkeit bestimmt und sollte allgemein verständlich sein. Für Fachleute und weitere Interessierte steht ein umfassender Bericht bei der Gemeinde Flims zu Verfügung.

Übersicht

Vor ca. 9500 Jahren fand im Vorderrhein einer der grössten Bergstürze des gesamten Alpenraums statt. Dieser Bergsturz bedeckt mit ca. 10-15 km^3 Material den Fels auf Dutzenden von Quadratkilometern, so insbesondere im Gebiet westlich und südlich des Dorfes Flims. Die Flimser Seen befinden sich alle auf dem Bergsturzmaterial; der Caumasee und der Crestasee, die beiden grössten Seen, werden unterirdisch gespiesen. Oberhalb und seitlich des Bergsturzes befindet sich Kalkstein. Dieser löst sich in kohlensäurehaltigem Wasser auf und bildet Höhlensysteme. Das Wasser aus diesen Höhlen tritt sodann in grossen Quellen wieder ans Tageslicht. Systeme, bei denen der Kalkstein gelöst wird und das Wasser unterirdisch fliesst, werden Karstsysteme genannt. Die Region Flims besitzt gleich drei unterschiedliche Karstsysteme, deren Quellen am oberen Rand des Bergsturzes austreten und zum Teil Einfluss auf die Wasserverhältnisse des Bergsturzes (und somit des Caumasees) haben. Der Umfahrungstunnel von Flims durchquert und beeinflusst eines dieser Karstsysteme.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass vier Haupt-Grundwassersysteme im Raum Flims existieren:

1) Das System Vorab – Sur Crap – Lag Tiert-Tunnel

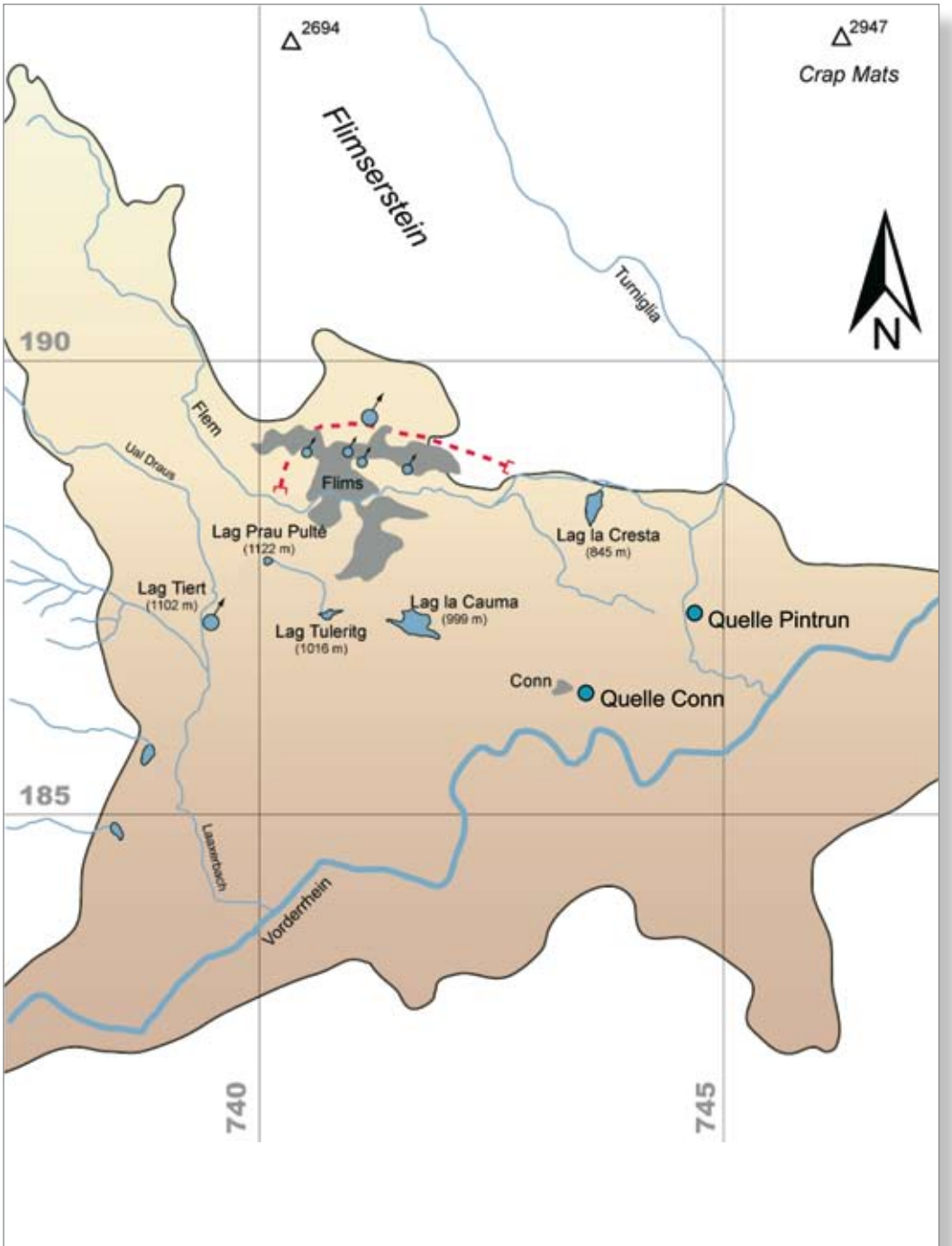
2) Das System der Trinkwasserquelle Tarschlims

3) Das System des Flimsersteins und von Bargis

4) Das Grundwassersystem des Bergsturzes.

Das Karstsystem Vorab – Sur Crap – Lag Tiert-Tunnel

Die Quellen dieser Karstzone sind Lag Tiert, Lag Prau Pulté, diverse kleine Quellen in Flims-Dorf und teilweise Pintrun (Fig. 1). Die Gesamtschüttung liegt bei Hochwasser um 2500 l/s, bei Niederwasser um 200 l/s. Die mittlere Schüttung des Systems liegt wahrscheinlich bei 1300 l/s. Dies würde auf eine ungefähre Grösse des Einzugsgebietes von ca. 15 km^2 hindeuten. Dieses Karst-

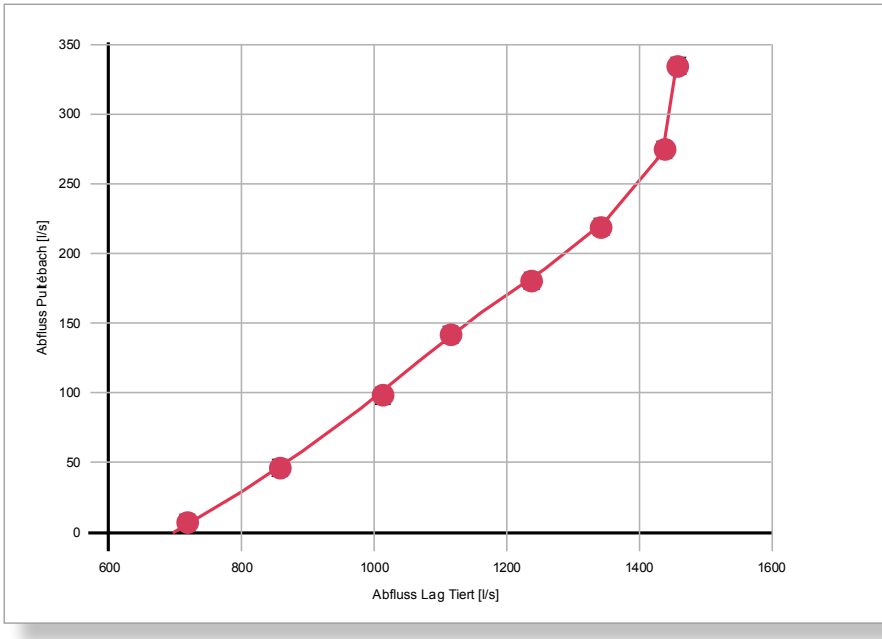


Figur 1:

Übersicht des Flimser Bergsturzes, seiner Seen und die Lage des Tunnels Flimserstein. Die Felsoberfläche unterhalb der Bergsturzmasse liegt nördlich des Flem generell nahe der Terrainoberfläche (hellbraun). Gegen Süden muss mit mehreren hundert Metern Lockergestein gerechnet werden (dunkelbraun).

Figur 2:

Beziehung zwischen der Schüttung des Lag Tiert und des Lag Prau Pulté (um 2 Stunden verschoben). Der Lag Prau Pulté ist ein Überlauf des Lag Tiert.



system erhielt 2002 eine neue Quelle, indem der Umfahrungstunnel einen Höhlengang anbohrte. Seither ist die grosse Tunnelquelle die tiefstgelegene Quelle dieses Systems.

Der Lag Prau Pulté und zu einem kleineren Teil die Quellen Flims-Dorf fliessen nur über, wenn viel Wasser im Berg fliesst, also während der Schneeschmelze und bei grösseren Regenfällen im Sommer und Herbst. Der Lag Tiert, der frühere Grundablass des Systems, fällt seit dem Tunnelbau im Winter manchmal trocken, während aus der Tunnelquelle das ganze Jahr Wasser fliesst.

Die Vergleiche der Schüttungsmessungen und Pegelstände des Lag Prau Pulté, des Lag Tiert und der Tunnelquelle erlaubten, eine hydraulische Verbindung zwischen dem Lag Prau Pulté und dem Karst zu zeigen (Fig. 2). Der Lag Prau Pulté ist ein direkter Überlauf des Lag Tiert. Die Verbindung wurde durch Färbversuche bewiesen, und die Schüttungsschwankungen der beiden Quellen sind praktisch gekoppelt.

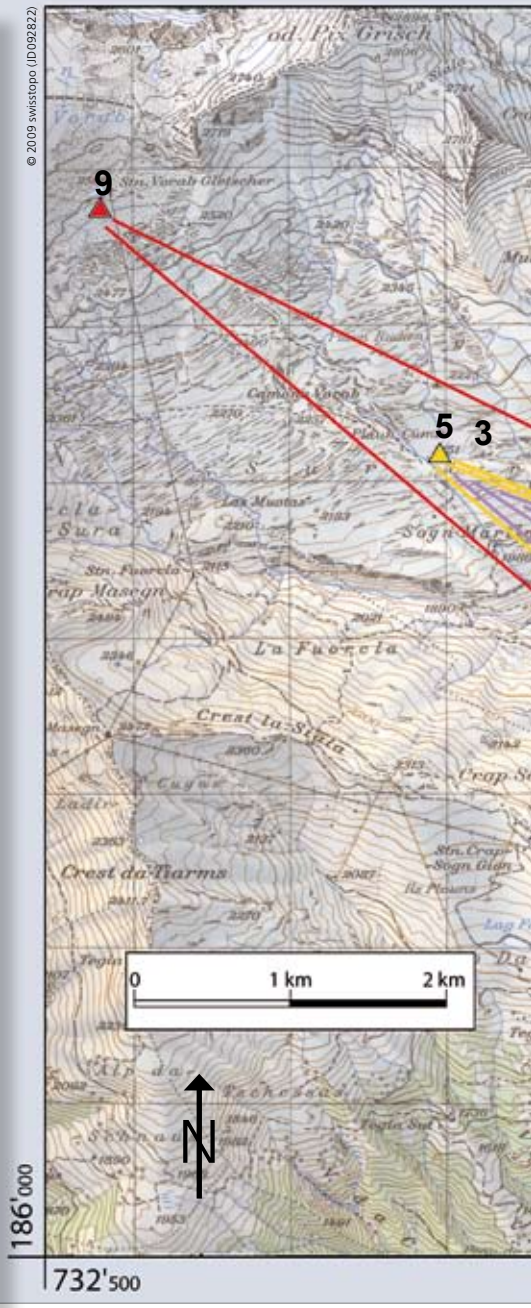
Der Lag Prau Pulté bleibt im Winter ausgetrocknet, bis Ende April oder im Mai das Wasserniveau sehr schnell anzusteigen beginnt und letztendlich überfliesst. Manchmal schwankt sein Spiegel mehrmals. Die Daten zeigen, dass die Schüttung des Lag Prau Pulté zwischen 0 und 300 l/s schwankt, mit Hochwasserspitzen bis 400 l/s.

Wie 1979 durch eine Wasserfärbung gezeigt wurde, kann das Vorab-Gebiet als Haupteinzugsgebiet des Karstsystems Lag Tiert-Tunnel betrachtet werden (Fig. 3). Spätere Untersuchungen erlaubten, das Einzugsgebiet besser zu charakterisieren. Eine Synthese aller uns bekannten Färbversuche in der Region Flims befindet sich auf Figur 3.



Der Crestasee wird vom Grundwasser des Bergsturzes gespiesen

Nr.	Eingabestelle	Farbstoff	Datum	Ort des Austritts	Distanz (m)	Höhen-diff. (m)	Erst-auftreten
1	Pultébach	Amidorhod-amin G	13.11.06	Caumasee	1400	83	negativ
2	Plaun Larisch	Eosin	13.11.06	Lag Tiert	3675	622	51
				Tunnelwasser	6000	637	45
				Flem (pt.786)	8050	921	720
				? Caumasee	5250	710	408
				? Lag la Cresta	7000	897	672
3	Plaun Cumin	Duasyn	22.05.07	Lag Tiert	5900	1055	7
				Lag Prau Pulté	6000	1020	30
				Tunnelwasser	5850	1010	8
				Laaxerbach	5900	1060	22
				Flem (ARA)	7500	1155	8
4	Flem Salein	Uranin	13.06.07	Quelle Salein	500	80	4.5
5	Plaum Cumin	Uranin	26.10.07	Lag Tiert	5900	1055	140
				Tunnel-wasser	5850	<1190	<170
				Quelle Pin-trun	10250	1370	315
6	Lag Tuleritg	Eosin	26.05.06	Caumasee	625	18	168
7	Nagens-Hütte	Fluorescein	09.07.74	Nagens Alp	650	232	2
	Laaxer Alp	Fluorescein	23.07.74	Startgels-station	970	370	5
				Tarschlims	1350	440	5
				Res. Muletg	2950	640	5
				Reservoir Runcs	3450	690	9
	Segnas-Hütte	Fluorescein	03.09.74				negativ
8	Flims (SB 3)	Fluorescein	27.10.87	Lag la Cresta	2400	248	528
				Flims (SB 6)	400	26	528
				Caumasee	1150	95	552
				SB 5	1250	98	552
	Flims (SB 6)	Kochsalz	27.10.87				
	Flims (SB 8)	Rhodamin B	27.10.87				
9	Vorab	Fluorescein	05.09.79	Lag Tiert	8500	1481	24
	Gletscher-wasser			Val Davos (Flims)	8375	1496	24
10	Nagens	Naphtionat	29.10.05	Val Vau (Park-hotel)	750	280	38
				Jommerihang (PH)	1500	500	31
				Tarschlims	1575	430	31

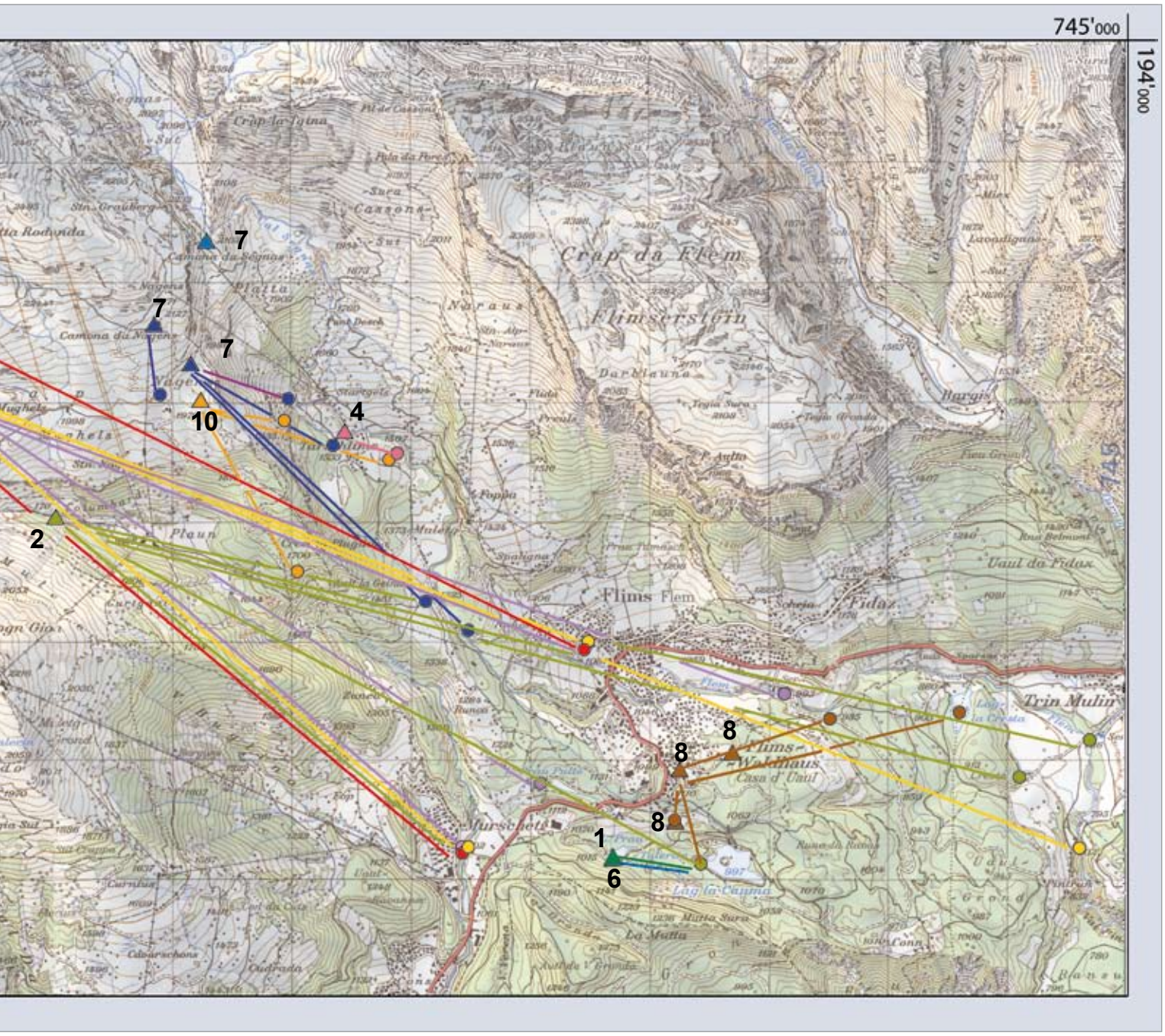


Figur 3:

Synthese aller uns bekannten Färbversuche im Raume Flims. Die Daten sind auf der Tabelle links zusammengefasst.

Figur 4:

Der Eingabeort bei der Schwinde von Plaun Cumin im Oktober 2007.

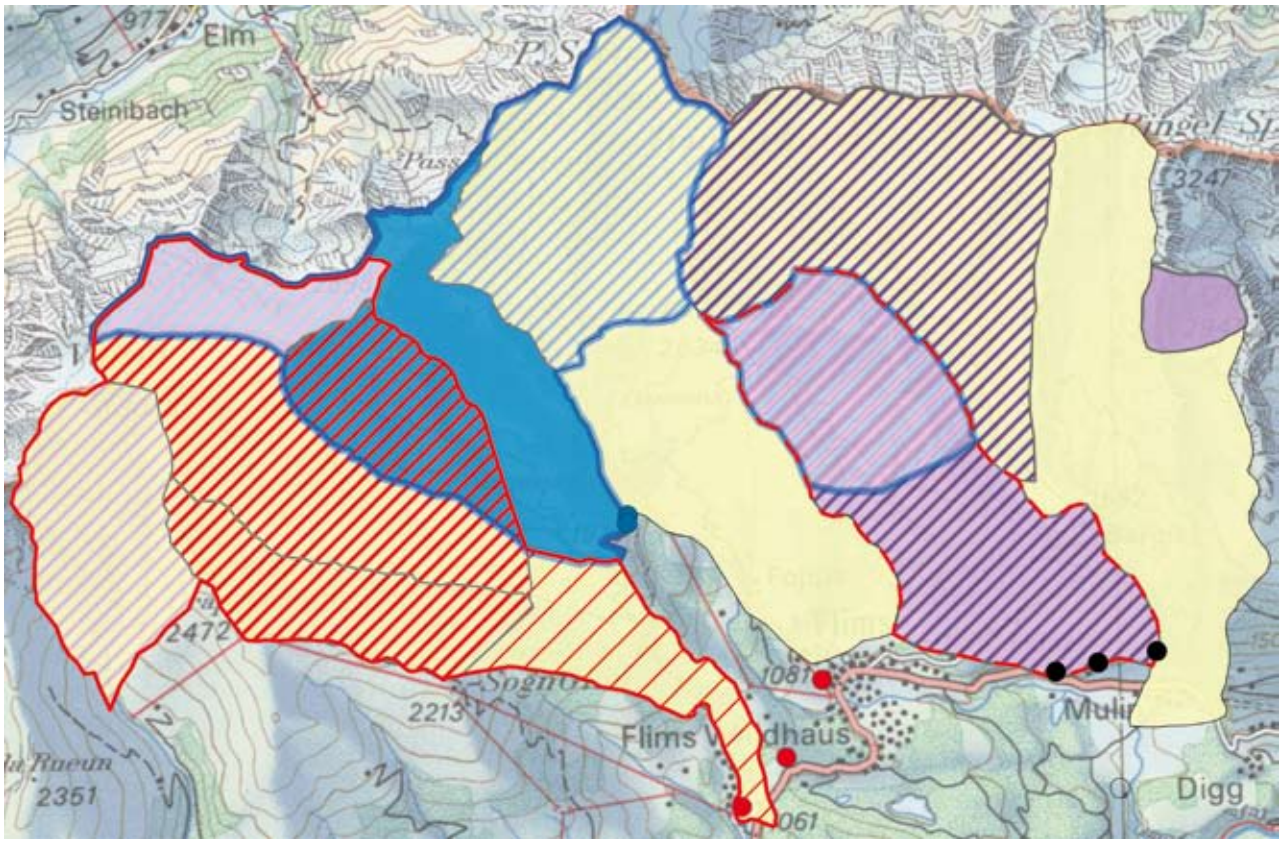

745'000
194'000
Crap da Flem
Flimserstein
Flims Flem
Trin Mulin
Flims-Waldhaus
Casa d' Uault
Lag la Cauma
7
7
7
10
4
2
8
8
8
1
6







© 2009 swisstopo (JD092822)



Legende

- Quellen Lag Tiert / Lag Prau Pulté / Tunnel
- Quellen Tarschlims / Platt Alva
- Quellen Trin Mulin

- Oberflächenentwässerung
- teils Tiert / teils Oberfläche, unsicher
- teils Tiert / teils Oberfläche
- teils Tiert / teils Tarschlims
- Einzugsgebiet Tarschlims
- teils Tarschlims / teils Oberfläche, unsicher
- Tiert / Tarschlims / Trin Mulin
- teils Trin Mulin / teils Oberfläche
- Einzugsgebiet Trin Mulin
- teils Trin Mulin / teils Tiert
- teils Tiert / teils Tarschlims, unsicher
- Oberfläche, teils ins Einzugsgebiet Tiert versickernd

Figur 5:

Das vermutete Einzugsgebiet der Karstsysteme der Region Flims. Diese Karte zeigt das Karstsystem des Lag Tiert-Tunnel (rot umrandet), dasjenige der Quelle Tarschlims (blau umrandet) und dasjenige des Flimsersteins (violett umrandet). Man sieht, dass sich die möglichen Einzugsgebiete überlappen können. Zonen in Gelb entwässern mindestens teilweise an der Oberfläche.

Aus diesen Daten lässt sich ein Einzugsgebiet des Karstsystems des Lag Tiert-Tunnel skizzieren (siehe Figur 5. Dieses Einzugsgebiet deckt einerseits Zonen ab, die voll verkarstet sind (d.h. alle Wässer fliessen in den Untergrund ab). Andererseits existieren Zonen, die teils an der Oberfläche, teils in den Untergrund entwässern. Die Aufteilung der Wässer in die verschiedenen Grundwasserleiter kann in diesen Zonen je nach Wasserstand stark schwanken. Hier ist als grösstes Gebiet Sur Crap zu nennen.

Schliesslich existieren Zonen, die offensichtlich mindestens teilverkarstet sind, die aber mangels Färbversuchen nicht eindeutig dem Karst des Lag Tiert-Tunnel zugeordnet werden können. Es handelt sich hierbei einerseits um den Osten von Sur Crap (die auch die Karstquelle Tarschlims speisen könnte), den Norden des Vorabgletschers (Tarschlims) und die Zone westlich des Crap Masegn (die weitere unbekannte Quellen speisen könnte).

Das Karstsystem des Lag Tiert-Tunnel wird zu einem kleinen Teil vom Vorabgletscher gespiesen. Dieser entwickelt sich in Funktion des Klimawandels. Die Klimaerwärmung führt zu einer Erwärmung des Sommers, die die Gletscherschmelze beschleunigt und somit die Schüttung vergrössert, während die Abflussspitze leicht verbreitert wird. Voraussichtlich werden aber keine grossen und schnellen Veränderungen stattfinden; total wird eine jährliche Verminderung von ca. 15 % der gesamten Abflussmenge im Einzugsgebiet erwartet (alle Faktoren zusammengenommen).

Das Karstsystem der Trinkwasserquelle Tarschlims

Die Quellen Tarschlims und Platt Alva entspringen im Schuttfächer. Gemäss einem Bericht von Scheiwiller (1990) liegt die minimale Schüttung von Tarschlims im Winter bei 64 l/s, die geschätzte maximale Schüttung im Sommer bei 830 l/s. Zusätzlich existieren einige ungefasste Wasseraustritte in der Umgebung. Die Quelle Platt Alva, die sich nördlich der Quellfassungen befindet, ist im Winter trocken, vermag aber im Sommer bis über 600 l/s zu schütten. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um eine Überlaufquelle der Trinkwasserfassung Tarschlims. Die maximale Gesamtschüttung dieses Quellsystems erreicht 1500 l/s, die mittlere Schüttung liegt zwischen 600 und 800 l/s. Die Abflussbestimmungen, die bis heute zur Verfügung stehen, sind aber ungenügend. Also können diese Zahlen nur als Grössenordnungen betrachtet werden.

1974 wurden diverse Wasserfärbungen durchgeführt (Scheiwiller 1974, siehe auch Figur 5). Sie zeigten, dass die Quellen von Tarschlims zumindest teilweise aus dem Gebiet der Alp Nagens gespiesen werden. Ein 2005 durchgeführter Färbversuch (Sieber Cassina Hantke, pers. Mitt.) zeigte auf, dass Tarschlims und die Quelle des Parkhotels im Val Vau zusammenhängen, da in beiden Quellen Farbe, der von der Region des Speichersees Nagens her stammt, gefunden wurde. Die Parkhotel-Quelle schüttet zwischen 3 und 15 l/s (gemäss G. Spescha / Scheiwiller AG).

Die Berechnung des Einzugsgebiets ergab eine ungefähre Grösse von 10 bis 12 km^2. Da in vielen Zonen ein Teil des Wassers versickert, ein anderer Teil aber an der Oberfläche weiterfliesst, entspricht diese Fläche nicht unbedingt derjenigen des tatsächlichen Einzugsgebietes. Die Zone um Nagens, die erwiesenermassen in die Quelle Tarschlims entwässert, reicht zur Speisung nicht aus. Es ist jedoch zurzeit nicht bekannt, wo das übrige Einzugsgebiet, das die beträchtliche Schüttung der Quelle erklären könnte, liegt. Eine unter vielen Möglichkeiten wäre, dass der nördliche Teil des Flimsersteins gegen Tarschlims hin entwässert. Dies wäre geologisch denkbar und würde das Problem lösen, dass für die Zone Flimserstein-Bargis die bekannten Quellschüttungen zu klein sind.

Das Karstsystem des Flimsersteins und von Bargis

Die zahlreichen Quellen dieses Systems befinden sich im Raum zwischen dem Tunnelportal Vallorca und dem östlichen Rand von Trin Mulin. Die meisten treten aus einem Horizont auf ca. 900 m ü.M. aus. Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit sind alle Quellen in der Region Trin Mulin karstisch. Die Schüttung aller Quellen zusammengefasst ist hoch; mindestens 1200 l/s am 27.6.2007. Dazu kommt der Turniglabach mit geschätzten 600 l/s.

Aus der Grösse des gesamten Einzugsgebiets Flimserstein plus Bargis (31 km^2) errechnet sich in Analogie zu den oben abgeschätzten Mengen eine Schüttung von ca. 3600 l/s, also ungefähr die doppelte Menge von Turniglabach plus Quellen! Die gesamte Schüttung der Quellen ist also zu klein für die Fläche der Region, dies ganz im Gegensatz zu der Quelle Tarschlims, wo wir zuviel Wasser für das bekannte Einzugsgebiet haben. Es ist deshalb grundsätzlich denkbar, dass der Flimserstein teilweise zum Karstsystem Tarschlims und/oder Lag Tiert-Tunnel hin entwässert.



Der Caumasee hat eine beinahe unwirkliche Farbe und Klarheit

Synthese der Einzugsgebiete

Aus allen Wasserfärbungen, Schüttungsabschätzungen und Beobachtungen kann man eine Übersichtskarte der Grundwassersysteme der Region Flims erstellen. Diese Karte (Figur 5) ist komplex, weil oftmals nur Teile eines Einzugsgebietes unterirdisch entwässern und Oberflächenbäche die Zone durchqueren können, ohne im Untergrund zu verschwinden. Die gezeigte Karte ist deshalb nur als Näherung an die Wirklichkeit zu verstehen.

Das System des Bergsturzes

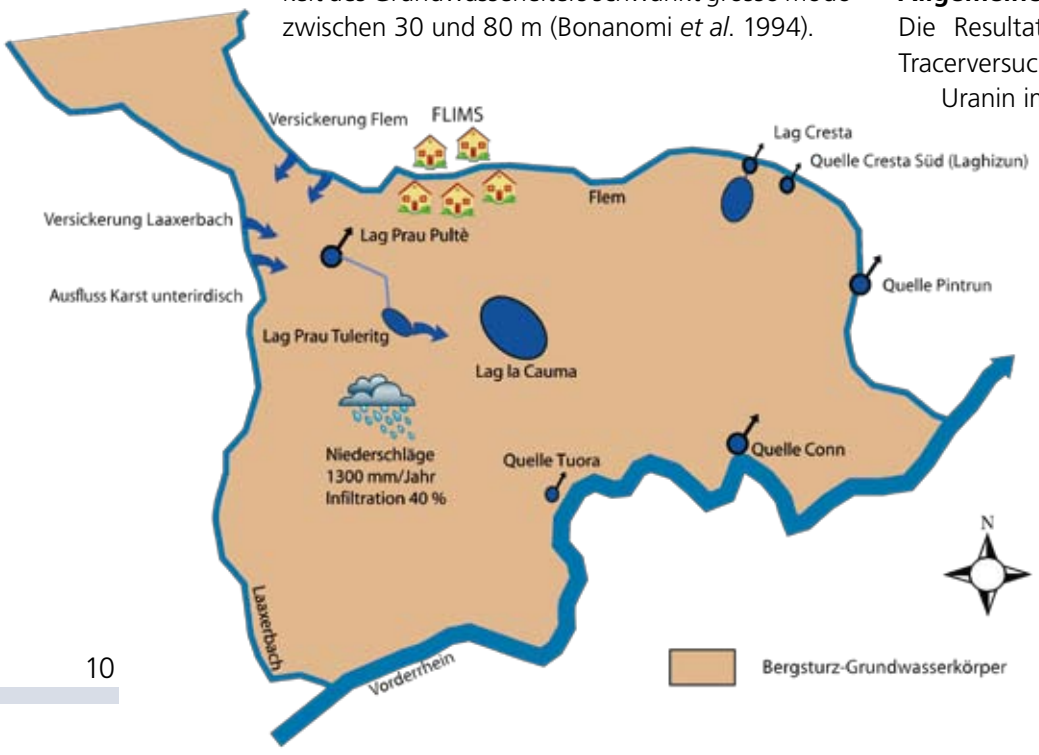
Der Grundwasserleiter südwestlich des Flem besteht aus relativ wenig beanspruchtem Bergsturzmaterial (Fig. 6). Das darunter liegende, kompakte Sturzmaterial dürfte nur wenig durchlässig sein. Die einzelnen Schichten des Grundwasserträgers sind ausgesprochen unterschiedlich durchlässig, und zudem können die Durchlässigkeiten sowohl vertikal wie horizontal stark variieren. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters schwankt grosso modo zwischen 30 und 80 m (Bonanomi *et al*. 1994).

Auf dem Bergsturzmaterial befinden sich zahlreiche Seen, von denen einige temporär sind (Lag Prau Pulté, Lag Prau Tuleritg) und einige das ganze Jahr Wasser führen (Caumasee, Crestasee, vor dem Tunnelbau auch der Lag Tiert). Mit Ausnahme des Lag Prau Tuleritg werden alle Seen unterirdisch gespiesen, und nur der Lag Prau Pulté, der Crestasee und der Lag Tiert haben einen oberirdischen Abfluss. Die Bergsturzmasse wird also mehr von Grundwasser durchströmt als von Bächen überflossen. Aus diesem Grunde befinden sich am talwärtigen Rand des Bergsturzes auch zahlreiche Quellen, von denen diejenigen von Pintrun und Conn die grössten darstellen. Da das Grundwassersystem des Bergsturzes den Pegel des Caumasees kontrolliert, wird in den nächsten Abschnitten das Verhalten dieses Systems näher erklärt.

Verhalten des Bergsturz-Grundwasserkörpers

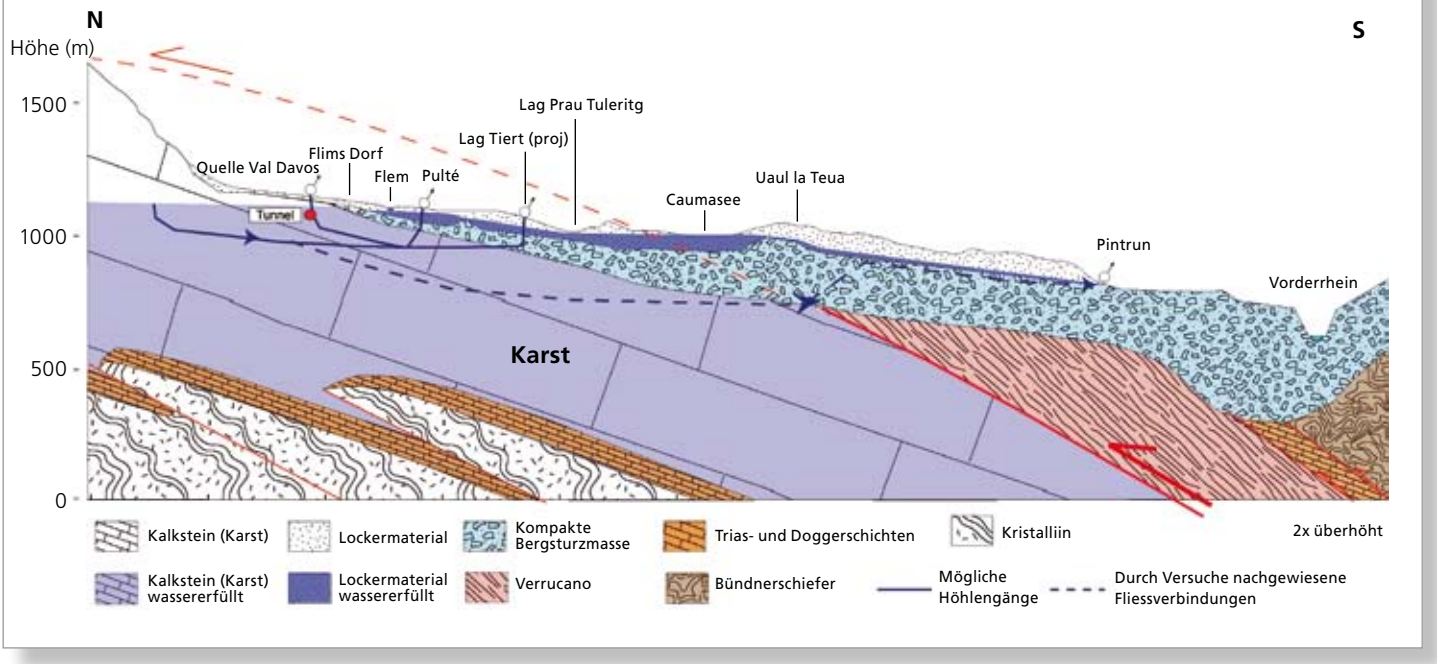
Allgemeines

Die Resultate (SISKA-Bericht 2006) sowie ein Tracerversuch (=Markierversuch/Färbversuch) mit Uranin im Bohrloch SB 3 (Nabholz & Scheiwiller, 1988) zeigen klar, dass der Caumasee und der Grundwasserleiter miteinander in Wechselwirkung sind. Der See bildet sozusagen ein Fenster aufs Grundwasser (Fig. 7). Die vorgenommenen Tracerversuche sowie die Pumpversuche, die für die Grundwasserfassung Staderas vorge-



Figur 6:

Schema des Bergsturzmaterials mit den hauptsächlichen Speisungen und Quellen.



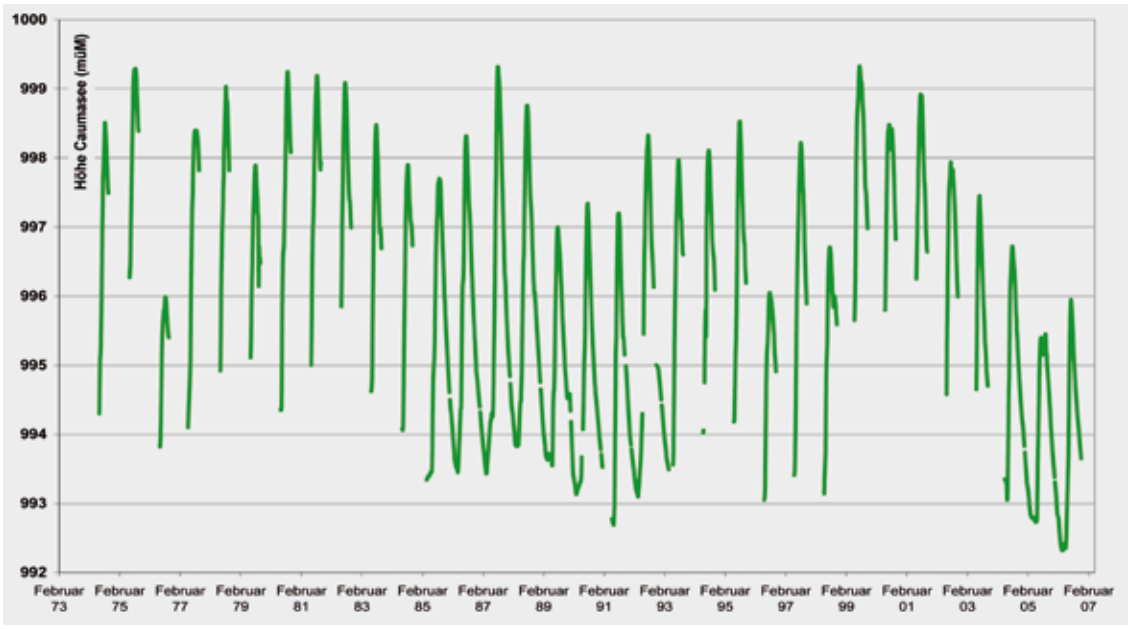
Figur 7:

Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch den Flimser Bergsturz. Die Basis der Bergsturz-massen ist als wenig durchlässig zu betrachteten (hellblau), was den Bergsturz-Grundwasserleiter (dunkelblau) wirksam vom Karst (blau) trennen sollte. An der Basis des lockeren Bergsturzmaterials zirkulieren grosse Wassermassen, welche in Beziehung zu den Seen stehen.

nommen wurden (Scheiwiller 1993), deuten darauf hin, dass der Bergsturz mehr oder weniger hangparallel gegen Südosten durchflossen wird und die Wässer in verschiedenen Quellen (von N nach S sind dies Crestasee, Laghizun, Pintrun, Conn und Tuora, siehe auch Fig. 6) wieder zum Vorschein kommen.

Der Zustand des Caumasees und seine Pegelschwankungen

Die uns vorliegenden Messungen zeigen alle, dass der Pegel des Caumasees jedes Jahr saisonal schwankt (siehe Fig. 8). Die tiefsten Werte werden im Winter zwischen Ende Januar und Mitte Mai gemessen. Allgemein steigt der Pegel ab Mai recht schnell bis auf ein Maximum im Juli/August (je nach Jahr) an, um dann langsam bis im Frühling des nächsten Jahres wieder zu sinken. Die jährlichen Schwankungen betrugen in den letzten 30 Jahren zwischen 4 und 5 m. Es zeigt sich, dass die Sommerhochstände und die Minimalstände des Frühlings zwischen 2003 und 2007 generell abgesunken sind.



Figur 8:

Pegelschwankungen des Caumasees zwischen 1974 und 2007.



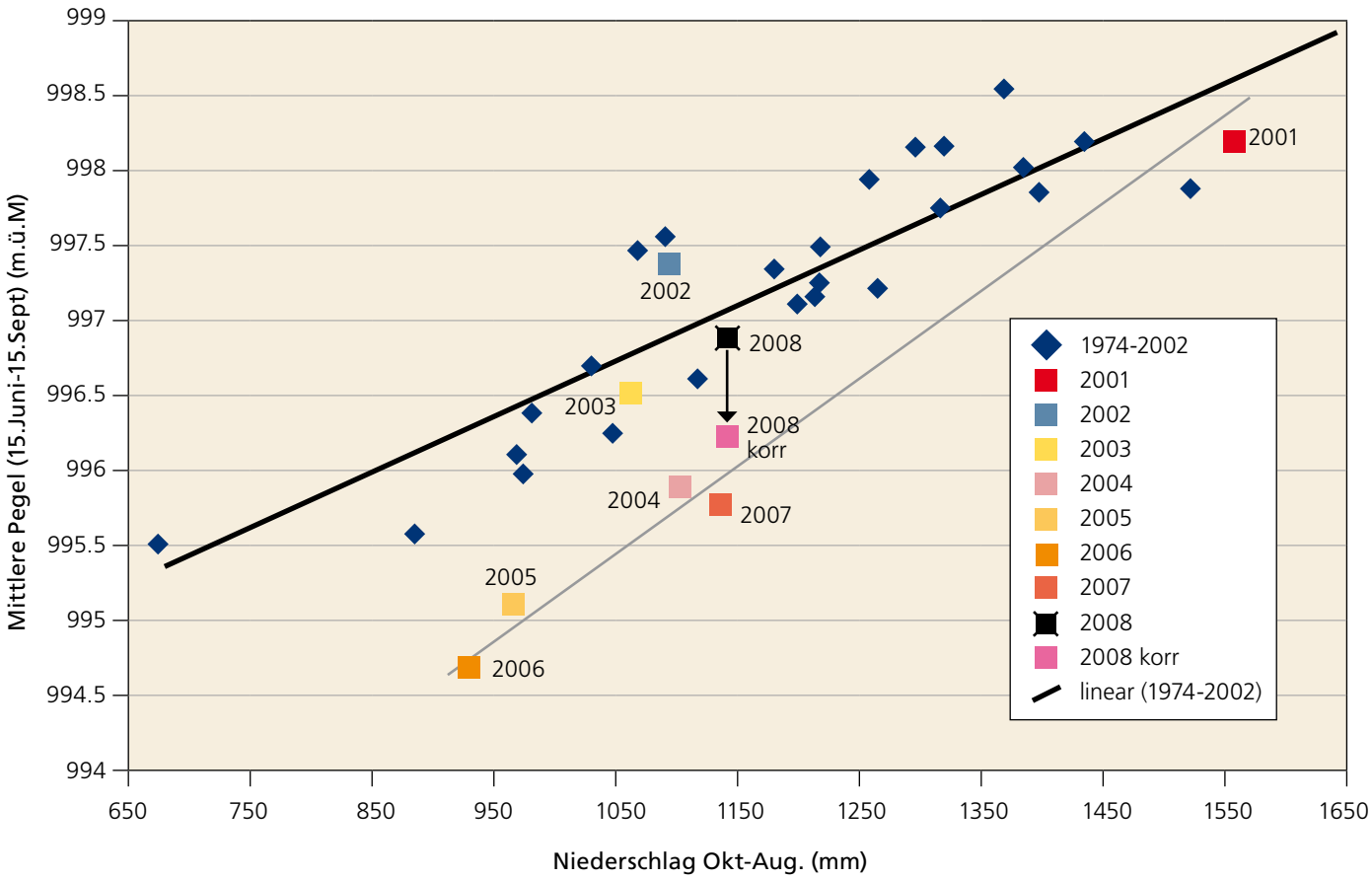


Figur 9:

Abhängigkeit des sommerlichen Seepegels vom Niederschlag. 2008 wurde zur Kompensation des Versickerungsversuchs 2007 korrigiert.

Die Jahre 2003 bis 2005 bilden eine Abfolge von tiefen Niederschlagsmengen (zwischen 900 und 1100 mm/Jahr), was für die gesamte Messdauer aussergewöhnlich ist. Es wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der jährlichen Niederschlagsmenge und dem Spiegel des Caumasees gibt. Dazu wurden die Niederschläge von Oktober bis August zusammengefasst, und der Wert wurde dem mittleren Sommerpegel zwischen Juni und September desselben Jahres gegenübergestellt (Fig. 9). Man erkennt schnell, dass die Niederschläge und die mittleren Pegelstände für die Periode vor dem Tunnnelbau (1974 bis 2002) einen Zusammenhang haben (obere Gerade). Schwache Niederschläge während eines jährlichen Zyklus führen zu einem Tiefstand, während grosse Niederschläge zu einem Anstieg des Sees führen.

Die Figur 9 zeigt, dass die Pegelstände der letzten fünf Jahre deutlich unterhalb der fett schwarz markierten Geraden liegen. Das Jahr 2003 scheint erstaunlich hoch im Vergleich mit den Folgejahren. Eine Erklärung liegt im ausserordentlich grossen (Regen-)Niederschlag vom November







Von links nach rechts: Die Tunnelquelle nach ihrem Anschnitt 2002 / Bau der Druckwand / Druckwand und Abflussröhren sind installiert / Der Ausfluss des Tunnelwassers gegen den Flem zu.

2002 (349 mm in Flims), der den Pultébach wieder anspringen liess und den Caumasee trotz des Tunneleinflusses auf einem hohen Niveau hielt. Leider fehlen Messungen des Caumaseepegels im Winter 2002/2003, es darf allerdings vermutet werden, dass der Anstieg 2003 wegen dieser Niederschläge auf einem bereits erhöhten Niveau begann. Eine zusätzliche mögliche Erklärung ist, dass das Jahr 2003 sehr heiss war und eine verstärkte Gletscherschmelze zur Folge hatte, die mithalf, den Caumaseepegel über dem erwarteten Stand zu halten.

Die Daten der Jahre 2004-2008 zeigen, dass im Vergleich mit den Werten vor 2003 die sommerlichen Caumaseepegel (15. Juni bis 15. September) zwischen 1.0 und 1.5 m unterhalb der fett schwarz markierten Gerade liegen.

Zahlreiche Pegel-, Schüttungs- und Niederschlagsmessungen erlaubten es zu zeigen, dass die Dauer des Pegelanstiegs des Caumasees von der Dauer des Überfliessens des Lag Prau Pulté abhängt. Messungen, Beobachtungen und hydrogeologische Modellierungen zeigen, dass die Speisung des Caumasees zu einem guten Teil vom Lag Prau Pulté gesteuert wird.

Eine ausführliche Analyse der Daten erlaubt zu sagen, dass die Speisung des Caumasees durch die folgenden Komponenten beeinflusst wird:

- Die Speisung durch direkten Niederschlag in den See repräsentiert 5-7 % der jährlichen Speisung.

- Die Speisung durch Regen und Schneeschmelze auf dem Grundwasserkörper um den See ist für 5-20 % der jährlichen Speisung verantwortlich.

- Der Rest (70 bis 90 %) stammt aus Versickerungen des Pultébachs (via ein schnelles und ein langsames Reservoir).

Der Einfluss des Tunnels auf das Karstsystem Lag Tiert-Tunnel

Im Oktober 2002 wurde im Tunnel Flimserstein eine Karströhre angeschnitten, die zwischen 200 und 700 l/s Wasser schüttet. Zudem bringen die anderen Wasserzutritte im Tunnel weitere 80-470 l/s. Dieses Anschneiden eines aktiven Karstsystems hatte ein Versiegen diverser Hochwasser-Quellen im Dorf zur Folge. Zusätzlich verringerte sich die Schüttung der bis anhin dauernd fliessenden Quelle des Lag Tiert deutlich.

Vor dem Tunnelbau wies der Lag Tiert eine permanente Schüttung von minimal 200 l/s auf. Ca. 16 Monate nach dem Anfahren der Quelle im Tunnel versiegte die Quelle zum ersten Mal komplett. Um den Beweis einer direkten hydraulischen Verbindung zu erbringen, wurde auf Drängen der Flims Electric AG vor der Quellnische im Tunnel eine Druckwand eingebaut, die es erlaubte, die Tunnelquelle bis zu einem Druck von ca. 2 bar aufzustauen.

Eine erste Serie von hydraulischen Versuchen wurde am 16. und 17. November 2004 im Auftrag der Flims Electric AG durchgeführt, mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen der Hauptquelle im Tunnel und dem Lag Tiert zu verifizieren. Die Druckerhöhungen führten zu praktisch unmittelbaren Reaktionen, indem innert 2 Minuten am 2.1 km entfernten Lag Tiert, an diversen Bergwasseraustritten im Tunnel sowie an Quellen im Raum Flims, die unterhalb der Kote 1080 m ü.M. austreten, die Schüttung zunahm. Die hydraulische Verbindung zwischen Tunnelquelle und Lag Tiert ist also belegt.

Um zu verstehen, wie der Tunnel und die diversen Quellen untereinander in Beziehung stehen, wurde ein Modell erstellt. Es ist nämlich so, dass verschiedene Quellen auf verschiedenen Höhen je nach Wasserdruck im Berg (und je nach Grösse der

leitenden Karströhre) sehr verschieden reagieren können, je nach der Geometrie des Röhrennetzes, der Röhrengrösse, des hydraulischen Gradienten und der Höhenlage der Quellen.

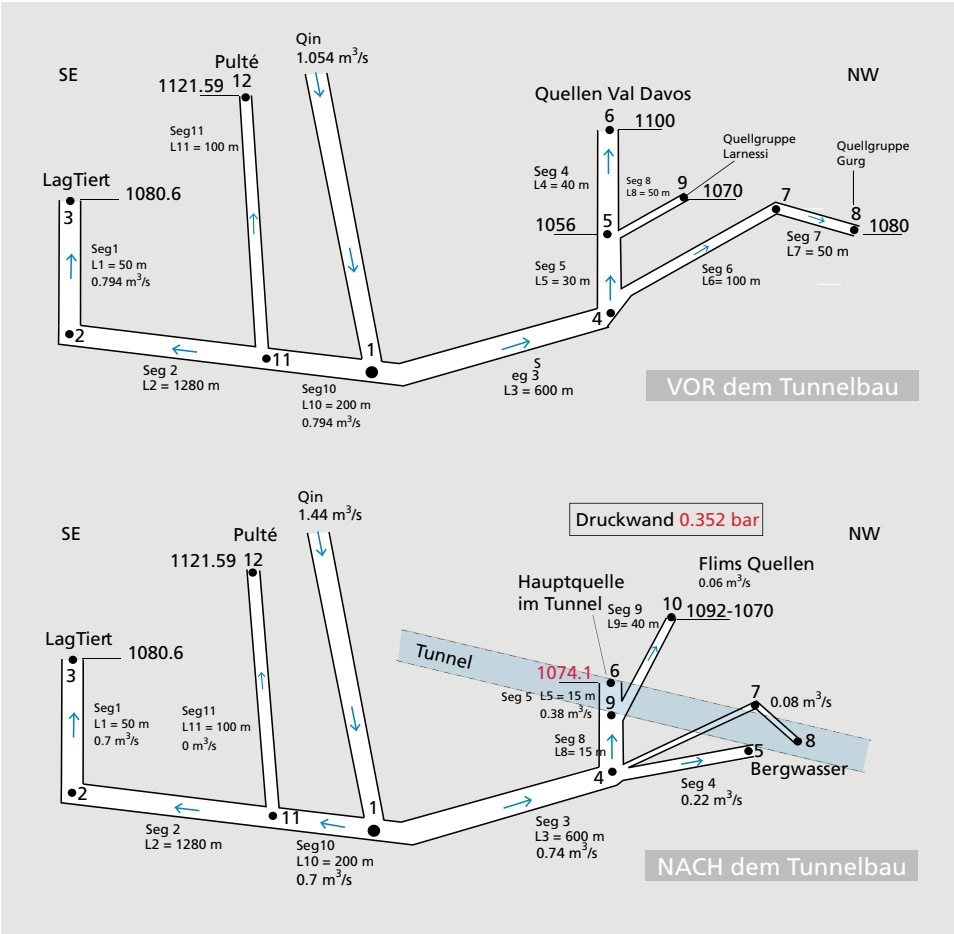
Ein solches Röhrenmodell auf der Basis der vorhandenen Daten müsste in allen Jahreszeiten (Niederwasser, Schneeschmelze, Sommerregen etc.) korrekt, also so wie die Natur in der Realität, reagieren. In einem solchen Falle kann davon ausgegangen werden, dass das Modell korrekt ist. Somit kann dieses Modell auch für Projektionen in die Vergangenheit oder in die Zukunft benutzt werden.

So ein Röhrenmodell wurde 2004 im Auftrag der Flims Electric AG erstellt, um die Abnahme der Schüttung des Lag Tiert zu berechnen. Es wurde 2008 mit den erhaltenen Erkenntnissen optimiert (Figur 10).

Aus dem mit den neuen Erkenntnissen 2008 verbesserten Röhrenmodell konnten summarisch folgende Resultate erhalten werden:

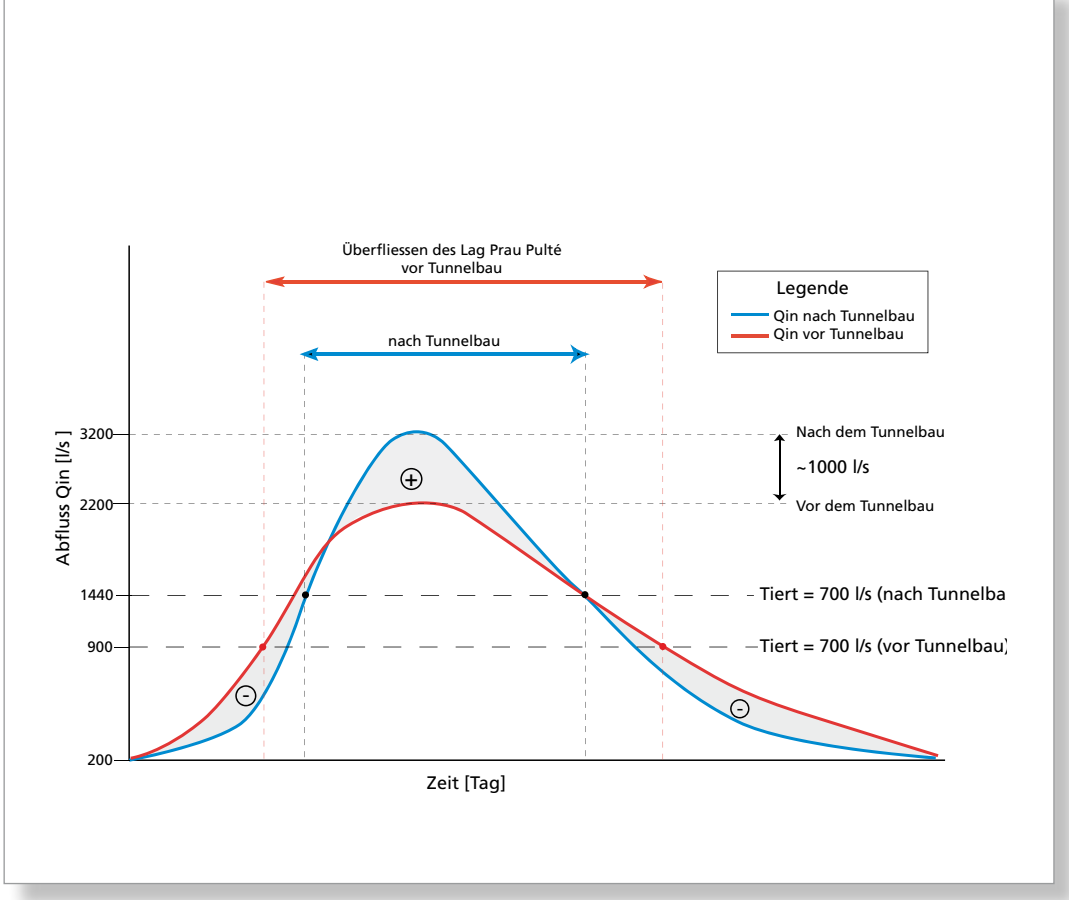
- Das Karstsystem hat sich zwischen 2004 und 2008 verändert: Der Anteil des Bergwassers (Schüttung der vielen kleinen Quellen im Tunnel) stieg von 8 % im 2004 auf 33 % im 2008 an! Eine so grosse Abweichung kann kaum durch Messunsicherheiten erklärt werden und zeugt wahrscheinlich von einer Ausschwemmung der Klüfte, die das Bergwasser speisen.

- Wenn wir die Totalschüttung des Systems bei Hochwasser mit derjenigen bei Niederwasser vergleichen, erhalten wir eine Differenz von 2000 l/s. Diese Schüttungsdifferenz verursacht im System eine Druckdifferenz von ca. 20 bar. Dies entspricht einer Wassersäule von 200 m. Die 1-2 bar Druck, die beim Schliessen der Druckwand auftreten, sind gegenüber der Druckerhöhung von 20 bar unbedeutend. Darüberhinaus wird der grösste Teil der Druckänderung mit Schüttungserhöhungen des Bergwassers und der Quellen Flims-Dorf kompensiert. Dies ist der Grund, weshalb die Schüttung von Lag Tiert und Lag Prau Pulté während des Druckversuchs bei Hochwasser keine messbare Änderung erfährt.



Figur 10:

Das Röhrenmodell von 2008 (oben VOR dem Tunnelbau, unten NACH dem Tunnelbau). Die Schüttungen entsprechen dem Gleichgewichtszustand während des Überfliessens des Lag Prau Pulté. Sie sind abgeschätzt, da das System während dieser Phase oft nicht im Gleichgewicht ist.



Figur 11:

Schema der jährlichen Entwicklung der Totalschüttung des Systems Qin vor (rot) und nach (schwarz) dem Tunnelbau. Die abgeflossene Menge ist dieselbe, aber die Verteilung im Jahresverlauf hat geändert. Der Tunnel führt zu einer Absenkung der Druckhöhe im System, die zu einer Verringerung der Schüttung bei Nieder- und Mittelwasser (violett) und einer starken Zunahme bei Hochwasser (blau) führt. Dies führt dazu, dass der Pultébach während weniger Tagen pro Jahr aktiv ist und somit sein Abflussvolumen um ca. 15-30 % abgenommen hat.

- Nach dem Bau des Tunnels erhöhte sich die Totalschüttung des Systems bei Hochwasser um ca. 30 %. Die aktuellen Daten zeigen, dass die Schüttung aller Tunnelquellen ungefähr gleich gross ist wie diejenige des Lag Tiert oder sogar ein wenig höher liegt. während zuvor die Quellen in Flims-Dorf (inkl. Val Davos) 500 l/s nicht überschritten. Die Zunahme der Totalschüttung ist also in der Grössenordnung von 1000 l/s bei einer Gesamtmenge von 3200 l/s. Da die Speisung gegenüber dem Zustand vor dem Tunnel nicht zugenommen hat (die zufliessende Wassermenge [Qin] bleibt gleich), muss diese Schüttungszunahme mit einer Abnahme der Aktivitätsdauer des Systems einhergehen.

Die Modelle zeigen klar, dass der Schüttungspeak des Systems zugenommen hat, während der Druck im System abgenommen hat oder zumindest stabil geblieben ist. Sie zeigen auch, dass der Lag Prau Pulté zu denselben Schüttungswerten des Lag Tiert aktiviert wird wie vor dem Tunnelbau (700 l/s). Die Figur 11 zeigt aber, dass sich die Zeitdauer, wenn der Lag Prau Pulté fliesst, um ca. 15-30 % verringert hat. Die Modelle zeigen ferner, dass sich die Schüttung des Lag Prau Pulté auf keinen Fall erhöht hat. Wir können daraus **den Schluss ziehen, dass das Wasservolumen, das den Lag Prau Pulté verlässt, sich um mindestens 15-30 % verringert hat**.

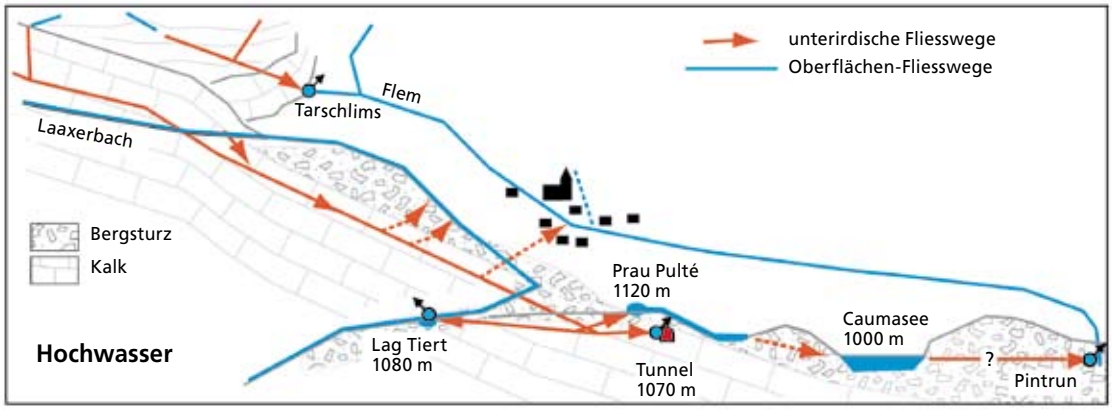
Einfluss des Tunnels auf den Caumasee

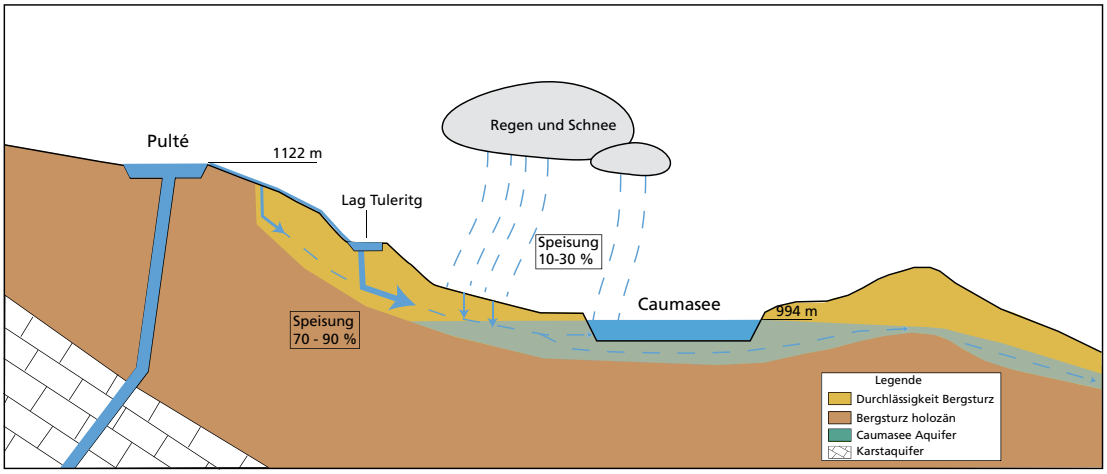
Die Figur 9 zeigt, dass zusätzlich zum Einfluss des Niederschlagsdefizits der Pegelstand der letzten Jahre tiefer als vor dem Tunnelbau ist. Statistische Analysen haben gezeigt, dass diese Abweichung signifikant und nicht zufällig ist. Es muss also noch einen anderen Grund für den Caumasee-Tiefstand als Niederschlagsschwankungen geben. Wie oben dargelegt, wird der Caumasee hauptsächlich vom Lag Prau Pulté gespiesen. Dieser wiederum ist eine Überlaufquelle des Karstes Lag Tiert-Tunnel, der seinerseits vom Tunnel betroffen ist. Aus diesem Grund ist es naheliegend, dass der Tunnel die Ursache für die tiefliegenden Pegelstände des Caumasees ist.

Der Abstand zwischen den zwei Geraden (Fig. 9) liegt in der Grössenordnung von 2 m im unteren, 1 m im mittleren und 0 m im oberen Bereich. Dies scheint die Wirkung des Tunnels zu widerspiegeln. Dementsprechend wäre bei niederschlagsreichen Jahren die Wirkung des Tunnels bescheiden bis vernachlässigbar. Umgekehrt wird diese Wirkung bei niederschlagsarmen Jahren sehr bedeutend. Im Hinblick auf Klimaschwankungen sollte also die Wirkung des Tunnels eher stärker werden. Dies ist im Einklang mit unserer Beobachtung und Modellierung, wonach der Lag Prau Pulté einen Überlauf darstellt, der in nassen Jahren verhältnismässig mehr Wasser schüttet als in trockenen Jahren.

Figur 12 oben:

Das Karstsystem Sur Crap-Lag Tiert-Tunnel speist bei Hochwasser zusätzlich zu diesen Quellen den Laaxerbach und den Lag Prau Pulté sowie die Quellen Flims-Dorf. Unten: Der Lag Prau Pulté speist den Pultébach, der wiederum im Bergsturz versickert und so den Caumasee speist. Der Bergsturz-Grundwasserkörper wird auch durch lokale Niederschläge gespiesen und entwässert sich unterirdisch über eine Schwelle zu den Quellen Conn und vermutlich auch Pintrun.





Fazit

Wir haben gesehen, dass der Lag Prau Pulté den Caumasee speist und dass der Lag Prau Pulté durch den Karst Lag Tiert-Tunnel gespiesen wird. Deshalb beeinflusst der Tunnel auch den Caumasee (Fig. 12).

Direkter Einfluss der Niederschläge auf den Caumasee

Das Niederschlagsdefizit der Jahre 2004-2007 ist für eine Absenkung von 0.25 bis 1 m zuständig; allgemein können Niederschlagsänderungen von einem Jahr zum anderen den Seepegel um runde 2 m variieren lassen.

Unbestimmte Faktoren verursachen Schwankungen zwischen 0.4 und 0.65 m.

Direkter Einfluss des Tunnels auf den Caumasee

Die minimale Wirkung des Flimsersteintunnels liegt in den Jahren 2004-2007 zwischen 0.5 und 1 m. Diese dürfte aber je nach Wasserführung im Karstsystem Lag Tiert-Tunnel (entsprechend dem Niederschlag, Gletscherschmelze etc.) im allgemeinen zwischen 1 m und 2 m liegen (abgeschätzter Mittelwert von 1.3 m). Dies entspricht einem Volumen von 150'000 bis 300'000 m^3 Wasser (50 % im See und 50 % im umgebenden Grundwasserleiter).

Gemäss der zeitlichen Entwicklung der Abflussdaten ist nicht ausgeschlossen, dass die Drainagewirkung des Tunnels durch die zunehmende Auswaschung der Klüfte immer stärker wird.

Technische Lösung des Caumaseeproblems:

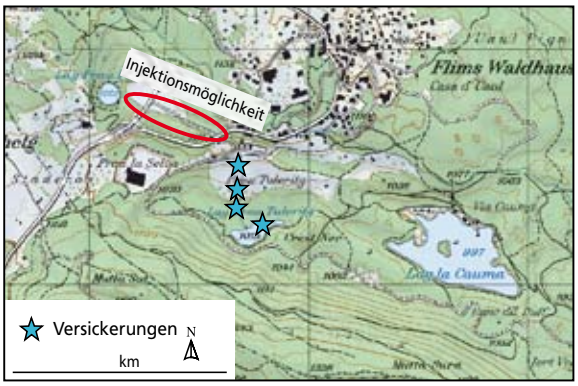
Antwort auf die Initiative

Bedingungen

Soll das Wasserdefizit des Caumasees durch technische Massnahmen rückgängig gemacht werden, besteht die einzige Möglichkeit, seinen heutige Farbe und Klarheit zu erhalten, in der Zufuhr von chemisch geeignetem Wasser in seinen Zubringer, den Pultébach (Fig. 13). Es wäre sonst unvermeidbar, dass einerseits Kohlensäure ausgast und andererseits zusätzlicher – das Algenwachstum stimulierender – Phosphor eingetragen wird. Beide Veränderungen hätten für die Seefarbe voraussichtlich unerwünschte Folgen. Selbstverständlich darf das Karstsystem und die Seeumgebung nicht verschmutzt werden, weder durch Anlagen und das Restaurant noch durch den Verkehr.



Die steilen Wände der Bersgturzmasse gegen den Rhein zu. Der untere Teil des Bergsturzes ist zwar zerrüttet, aber durch feines Gesteinsmehl verstopft und somit kaum wasserdurchlässig



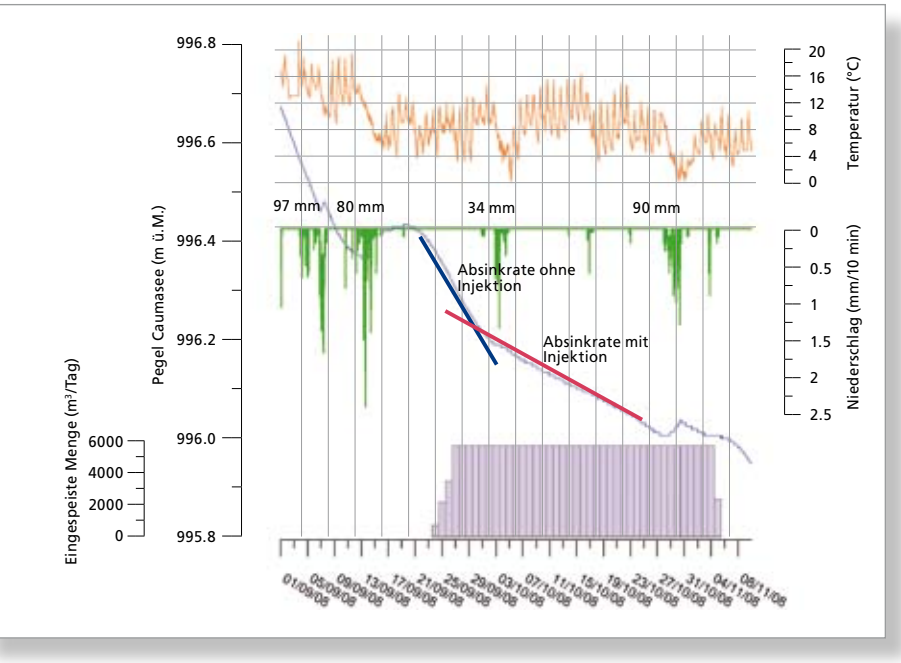
Figur 13:

Die Möglichkeit zur Injektion (gezielte Wasserzuführung) sowie die Versickerungsstellen in Pultébach und Lag Prau Tuleritg.

Das Studium von verschiedenen Parametern ermöglichte es, die Gewässer von verschiedenen Orten miteinander und mit demjenigen des Caumasees und des Pultébachs zu vergleichen. Dieser Vergleich ist nötig, um die Gewässer der unterschiedlichen Grundwasserleiter unterscheiden zu können und die Charakteristiken der Wässer, die unter Umständen in den Pultébach eingegeben werden können, zu kennen.

Spezifische Untersuchungen: Injektionsversuche

Da eine künstliche Einspeisung indirekt erfolgen muss, ist es wichtig, zu prüfen, wo und wieviel von welchem Wasser eingegeben werden kann. Ziel der Injektionsversuche war es, Wasser künstlich in den Pultébach einzuleiten, um den Rückgang des Caumasees zu stoppen und ihn falls möglich sogar ansteigen zu lassen. Mit den erhaltenen Daten lässt sich günstigenfalls nicht nur abschätzen, wieviel Wasser dazu notwendig sein sollte, sondern es ergeben sich auch Daten zur Durchlässigkeit und Porosität sowie zur Ausdehnung des Grundwasserleiters. Insgesamt wurden drei Injektionsversuche durchgeführt, im Folgenden greifen wir denjenigen von 2008 heraus.



Figur 14:

Daten des Injektionsversuches vom Oktober 2008.

Der Injektionsversuch (Figur 14) zeigt ganz klar, dass der Caumasee durch die Versickerungen des Pultébachs und des Lag Prau Tuleritg beeinflusst ist. Die Figur 15 stellt ein mit Reservoirmodellen simuliertes Verhalten des Caumaseespiegels dem tatsächlich beobachteten Pegel gegenüber. Sie zeigt sehr schön auf, dass sich das beobachtete Verhalten des Caumaseepegels nur erklären kann, wenn man die eingespiesene Wassermenge mitberücksichtigt. Der Seepegel ohne Injektion wäre deutlich tiefer (Fig. 15 unten).

Diese guten Resultate der Simulation erlauben es, drei Schlussfolgerungen zu ziehen:

1. Es ist bewiesen, dass der Injektionsversuch eine deutliche Auswirkung auf den Caumaseespiegel hat. Diese Auswirkung beträgt im Injektionsversuch 2008 minimal 72 cm, vermutlich aber 120 cm.

2. Das Modell ist robust und zuverlässig, obwohl einige Funktionsweisen nochverbessert werden könnten. Im Besonderen scheint das Modell die Summe der Schüttungen um ca. 50 % zu überschätzen.

3. Ein rekalibriertes Modell könnte ein Werkzeug zur künftigen Verwaltung der künstlichen Einspeisung in den Pultébach sein, um zu verhindern, dass der Pegel des Caumasees zu stark oder zuwenig stark korrigiert wird.

Mit den Ergebnissen des Injektionsversuches sowie der Interpretation und Modellierung der Daten können die Charakteristiken der künstlichen Speisung skizziert werden.

Künstliche Speisung des Caumasees

Aus wissenschaftlicher Sicht sind für die Zukunft des Caumasees drei Szenarien möglich:

- Das erste Szenario wäre, keine künstliche Speisung zu machen. Der Spiegel des Caumasees wäre mit diesem Szenario (je nach Niederschlagsmenge und je nach dem, wie sich die Ausschwemmungen im Tunnel entwickeln) im Mittel ca. 1 bis 2 m tiefer gegenüber einem früheren Normjahr.

- Beim zweiten Szenario wird für die nächsten 5-10 Jahre (um genügend Erfahrungswerte zu haben) das Connbächli umgeleitet und auf diese Weise die natürliche Speisung unterstützt. Dabei sind aber diverse Probleme nicht zu unterschätzen.

- Das dritte Szenario wäre, eine Einspeisungsanlage zu erstellen, bei der je nach Niederschlägen die gewünschte Menge an Wasser zusätzlich zugeführt werden kann.

Der Entscheid, den Caumasee in seinem ursprünglichen Zustand zu behalten, gehört zur Gemeindepolitik. Die Volksinitiative beauftragt den Gemeindevorstand, dieses Ziel zu erreichen. Entsprechend ist eine künstliche Speisung des Systems via Pultébach und Lag Prau Tuleritg in regenärmeren Jahren immer noch die einzige Methode, um den Caumasee auf einem früher oft angetroffenen Niveau zu halten.

Varianten der Eingabe

Wir stellen im Folgenden vier Varianten zur Speisung des Caumasees via den Pultébach vor. Die Variantenwahl wird mit politischen und/oder finanziellen Aspekten zu begründen sein, aus wissenschaftlicher Sicht sind alle vorgestellten Vorschläge möglich.

1. Platt Alva

Ergänzung des Pultébachs durch Wasser aus dem Platt Alva-Bach und/oder den Trinkwasserquellen Tarschlims. Dieses Wasser scheint klar und chemisch stabil. Seine Nutzung würde zur Folge haben, dass die in den Untergrund infiltrierenden

Wässer leicht (Faktor 1/2) klarer als Pultéwasser werden. Die Abflussdaten der Quelle Platt Alva (Geotest 2007) zeigen aber, dass die Schüttung ab Mitte Juli stark abnimmt. Sie würde deshalb für die Speisung des Caumasees nicht unbedingt alleine ausreichen.

2. Flem Gronda

Ergänzung des Pultébachs durch Wasser des Flem ab Gronda. Dieses Wasser ist deutlich trüber als dasjenige des Pultébaches (Faktor 2 bis 20). Die Nutzung dieser Variante stellt deshalb ein erhöhtes Risiko dar und eine Überwachung der Trübe des Pultébaches und des Flem wäre in dem Fall deshalb sehr empfohlen.

3. Mischung aus 1 und 2

Ergänzung des Pultébachs durch Mischung von Wasser aus Flem und Platt Alva. Eine regelmässige Trübemessung in Pultébach, Flem und Platt Alva würde erlauben, die Wässer so zu mischen, dass sie dem Pultébach soweit wie möglich gleichen. Diese Variante würde eine ausreichende Schüttung gewährleisten.

4. Tunnelwasser

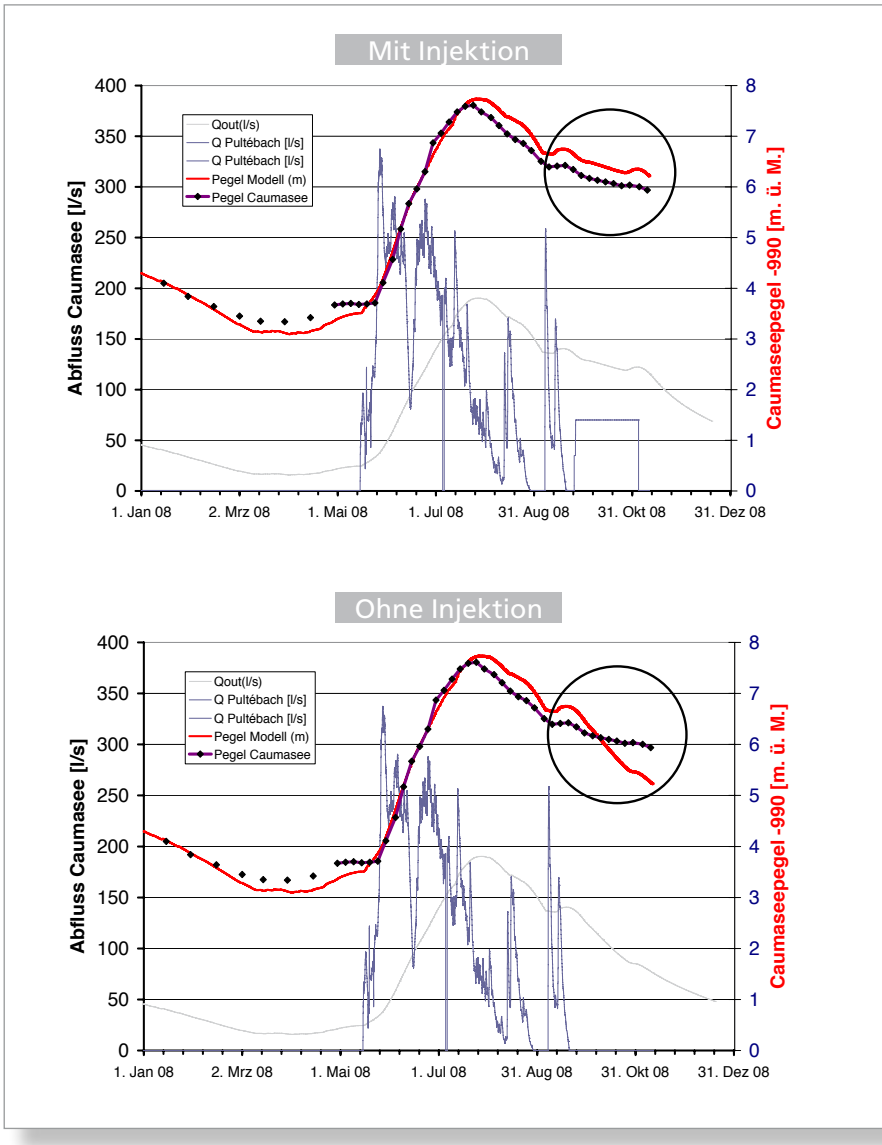
Ergänzung des Pultébachs durch Hochpumpen des Tunnelwassers. Aus wissenschaftlicher Sicht (Menge und Qualität) spricht nichts gegen diese Variante, die vergleichbar ist mit Variante 3.

Der Laaxerbach ist in jedem Fall für eine Infiltration zu trüb und kommt nicht in Frage; der Lag Tiert würde vermutlich in Frage kommen, wurde aber nicht untersucht und wird deshalb hier auch nicht vorgeschlagen.

Eingabeort und Menge

Aufgrund der Tatsache, dass es nicht möglich ist, das Wasser direkt in den Caumasee einzuleiten, ohne dessen Farbe irreversibel zu schädigen, muss das Wasser bergwärts davon, in den Pultébach, eingeleitet werden (Fig. 13). Da bereits unterhalb des Campings die ersten Versickerungen des Pultébachs erfolgen, muss also der Einspeiseort zwischen dem Lag Prau Pulté selber und dem Kanal unterhalb der Kantonsstrasse erfolgen, bevor der Pultébach unter der zum Camping führenden Strasse verschwindet.

Um den (sich eventuell mit den Jahren wegen Ausschwemmungen verstärkenden) Effekt des Tunnels auszugleichen, sollten die dem Pultébach alljährlich fehlenden 150'000-300'000 m^3 Wasser eingespeist werden können, also 200 l/s während 9-18 Tagen (oder 100 l/s während 18-36 Tagen). Um die Schwankungen der Niederschläge auszugleichen, würde noch ca. einmal diese Menge benötigt. Ein zusätzliches jährliches Volumen von 400'000 m^3 stellt eine gute Schwankungsreserve für die nächsten 30-50 Jahre dar. Gesamthaft sollten also ca. 700'000 m^3 (200 l/s während 40 Tagen) in den Pultébach eingespiesen werden können. Diese Menge müsste je nach Niederschlag und Entwicklung der Schüttungen im Tunnel angepasst werden. Ein Modell könnte mit den Daten einiger Jahre kalibriert werden, um den Caumaseepegel vorauszusagen und recht genau zu entscheiden, wann wieviel Wasser eingespiesen werden muss. Es könnte auch die Auswirkung des Klimas und des Tunnels abschätzen.



Figur 15:

Vergleich des Caumaseepegels in der Modellierung (rot) mit der Beobachtung (violett). Oben wurde mit dem eingespiesenen Wasser modelliert, unten ohne. Es zeigt klar, dass das Modell die Schwankungen des Seespiegels sehr gut nachvollziehen kann und dass der Injektionsversuch Wirkung zeigt.



Karrenfeld in der Region des Sur Crap



Die besondere Farbe des Caumasees kommt von oben gesehen am besten zur Geltung

Zusammenfassung

Grundwassersysteme

Die Region Flims weist vier Grundwassersysteme auf:

- Die Region Vorab-Sur Crap, die in Verbindung mit den Quellen Lag Tiert, Lag Prau Pulté, Val Davos resp. Tunnel steht und ca. 15 km^2 umfasst. Der Lag Prau Pulté stellt einen Überlauf des Systems dar.

- Die Region oberhalb Tarschlims, die in die Quellen der Trinkwasserfassung und Platt Alva entwässert und ca. 10-12 km^2 umfasst. Die Region ist für die Versorgung von Flims sehr wichtig.

- Die Region des Flimsersteins und von Bargis entwässert zu den Quellen von Trin Mulin. Gemäss der Landeskarte ist das Einzugsgebiet ca. 31 km^2 gross; allerdings sind die Quellen für diese Fläche zu klein. Eine gewisse Wassermenge muss anderswo austreten.

- Die Bergsturzmasse mit den Hauptquellen Crestasee, Laghizun, Pintrun und Conn. Der Grundwasserleiter der Bergsturzmasse ist sehr heterogen zusammengesetzt. Er wird von Infiltrationen aus Laaxerbach, dem lokal fallenden Regen, dem Pultébach und untergeordnet aus Karstzuflüssen gespiesen. Ein lokaler Bergsturz-Grundwasserleiter steht in engem Zusammenhang mit dem Caumasee. Der Caumasee bildet ein Fenster auf dieses Grundwasser und widerspiegelt somit dessen Schwankungen. Die Hauptspeisung erfolgt aus dem Pultébach (500'000-1'000'000 m^3/Jahr, lässt den See um 2-5 m steigen). Daneben wird der See durch lokalen Niederschlag gespiesen (200'000 bis 250'000 m^3, führt zu Schwankungen bis zu 1 m). Eine Speisung von unterirdischen Karstzuflüssen sowie von Infiltrationen des Flem und Laaxerbachs ist unbedeutend.

Der Einfluss des Tunnels

Das Anfahren der grossen Karströhre im Tunnel hatte eine Schüttungsverminderung des Lag Tiert von ungefähr 200 bis 300 l/s zur Folge. Mit Hilfe von Vergleichsdiagrammen, Feldexperimenten und Modellen konnte nachgewiesen werden, dass der Lag Prau Pulté und der Lag Tiert hydrologisch zusammenhängen. Der Lag Prau Pulté wiederum liefert die Hauptspeisung (70 bis 90 %) des Grundwasserleiters des Caumasees.

Die Wassermenge des Bergwassers im Tunnel neben der Hauptquelle hat sich zwischen Anfang 2005 und 2008 fast verdoppelt. Die Auswirkung des Tunnels auf die Schüttung des Pultébachs und des Lag Tiert dürfte sich deshalb vergrössert haben.

Der Wasserstand des Caumasees ist vom Niederschlag des vorhergehenden Jahres abhängig, die Korrelation ist gut. In den Jahren nach dem Tunnelbau lag der Wasserstand des Caumasees jedoch immer unterhalb der langjährigen Korrelationsgerade. Es konnte statistisch nachgewiesen werden, dass diese Differenz signifikant und nicht zufällig ist. Der Tunnel ist die Ursache dieser Abnahme.

Die Wirkung des Tunnels liegt je nach Niederschlagsmenge zwischen ca. 0.5 m (niederschlagsreiche Jahre) und ca. 1.4 m (niederschlagsarme Jahre, siehe Figur 9). Dementsprechend wäre bei niederschlagsreichen Jahren die Wirkung des Tunnels bescheiden bis vernachlässigbar. Umgekehrt wird diese Wirkung bei niederschlagsarmen Jahren sehr bedeutend. Im Hinblick auf Klimaschwankungen dürfte also die Wirkung des Tunnels eher stärker werden.

Mögliche Lösungen für den Caumasee

Falls die kommenden Jahre viel Niederschlag bringen, wird vermutlich der Pegel auf natürliche Weise annähernd ausgeglichen (Pegeldefizit von ca. 0.5 m). Ansonsten muss die durch den Tunnel verursachte Verminderung der Wassermenge künstlich ausgeglichen werden, will man den Caumaseepegel auf dem Niveau der Zeit vor 2002 halten. Eine künstliche Speisung des Sees durch Direkteinleitung von Wasser kommt nicht in Frage, da dadurch die Eigenschaften des Seewassers (u.a. die Farbe) verändert würden. Der sinnvollste Weg besteht darin, Wasser in die Hauptspeisung, d.h. in den Pultébach, einzuleiten. Diese Möglichkeit wurde durch Einspeisungsversuche bestätigt. Die Einspeisung sollte oberhalb der Kantonsstrasse stattfinden, da die Versickerungsstellen sich unterhalb davon befinden. Dieses Wasser muss in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften (Trübe, Ionen etc.) möglichst dem natürlich fliessenden Prau-Pulté-Wasser gleichen. Aus wissenschaftlicher Sicht kommen die Wässer von Platt Alva, eine Mischung von Flem und Platt Alva oder das Tunnelwasser in Frage, untergeordnet auch reines Flemwasser (Problem der starken Trübe). Der Wasserzufluss muss mindestens 100 l/s betragen, idealerweise sollten bis 250 l/s eingespiesen werden können. Die künstliche Zusatzspeisung sollte bis 700'000 m^3 pro Jahr betragen, um die zukünftigen Bedingungen (Wirkung des Tunnels und der Klimaschwankungen) ausgleichen zu können. Die genaue einzuspeisende Menge muss jährlich angepasst werden können.

Fragen und Antworten

In diesem Abschnitt versuchen wir, Antworten auf möglicherweise auftauchende Fragen zu geben. Wir sind uns selbstverständlich bewusst, nicht alle Fragen so beantworten zu können, denken jedoch, dass die wichtigsten Grundlagen hiermit gelegt werden.

Frage: Analysen haben gezeigt, dass das Wasseralter des Caumasees alt ist, dasjenige des Lag Prau Pulté aber jung. Dazu ist der Lag Prau Pulté trübe, der Caumasee aber klar. Wie passen diese Aussagen zur Analyse, dass der Caumasee aus dem Lag Prau Pulté gespiesen wird?

Antwort: Ein Menschenalter ist klar bestimmbar: Ab der Geburt altert ein Mensch. Ein Wasseralter ist aber nicht so klar definierbar, weil sich Wasser grenzenlos mischt. Wir können also in einem See Moleküle haben, die sich seit Jahrtausenden dort aufhalten, und dicht daneben Regentropfen, die gestern in den See gefallen sind. Ein Wasseralter von 12 Jahren sagt also nicht aus, wie alt das einzelne Molekül ist, sondern es sagt aus, dass die Mischung aller Moleküle ein Durchschnittsalter von 12 Jahren ergibt. Da der Pultébach in einen Grundwasserleiter versickert, in dem schon Wasser gelagert ist, ist es logisch, dass der Caumasee ein höheres Wasseralter aufweist. Dies zeigt sich auch daran, dass nur sehr wenig des im Lag Prau Tuleritg eingegebenen Farbstoffes im Caumasee wieder zum Vorschein kam: viel Wasser, viel Verdünnung. Die Abwesenheit der Trübung im Caumasee kann durch Absetzung und Filtrierung des Wassers im Untergrund zwischen Lag Prau Tuleritg und Caumasee erklärt werden.

Im Übrigen ist es nicht so, dass die Wassermoleküle, die im Frühling 2008 versickerten, einen Monat später schon im Caumasee auftauchten! Vielmehr kann der Grundwasserkörper mit einem vollen Becken verglichen werden. Giessen wir nun an einem Ende ein paar Tropfen Wasser ein, so erhöht sich der Spiegel resp. entleert sich das Becken praktisch gleichzeitig. Es sind aber nicht die eingegebenen Tropfen, die überfliessen: die Druckwelle durchquert das Becken viel schneller als die Moleküle selbst.

Frage: Könnte nicht das Karstsystem Flimserstein mit dem Karstsystem Lag Tiert-Tunnel zusammenhängen?

Antwort: Grundsätzlich wäre es möglich! Allerdings liegen die Quellen des Flimsersteins auf rund 900 m ü.M., also deutlich tiefer als der Lag Tiert und die Tunnelquelle. Bei einem gegenseitigen Zusammenhang würden wir erwarten, dass der Lag Tiert bereits trockengelegt worden wäre und alles Wasser bei Trin Mulin austreten würde. Dazu kommt, dass die Quellen Trin-Mulin weder auf Druck- noch auf Färbversuche reagiert haben. Die Daten zeigen also keinen Zusammenhang des Karstsystems Lag Tiert-Tunnel gegen die Flimsersteinquellen hin. Dass Wasser vom Flimserstein gegen den Lag Tiert zu fliesst, ist aber nicht unmöglich.

Frage: Warum ist der Caumasee so warm?

Antwort: Erstens ist die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur von Flims ungefähr ein Grad höher, als es aufgrund der Höhenlage zu erwarten wäre. Dies ist vor allem wegen der Lage des Dorfes an einem Südhang der Fall. Diese Temperaturerhöhung wirkt sich auch auf das Wasser der Region aus. Zweitens hat Grundwasser, das den Caumasee speist, in der Regel die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur der entsprechenden Höhe. Somit fliesst im Frühling nicht kaltes Schneeschmelzwasser, sondern bereits auf ca. 9°C erwärmtes Wasser in den See. Deshalb kann sich der See schneller und höher erwärmen. Drittens ist die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers, das den See quert, geringer als in vielen Bergseen. Es hat also genügend Zeit, um sich aufzuwärmen. Viertens liegt der See in einer Senke, in der sich zwar im Winterhalbjahr gerne Kaltluft ansammelt, aber dafür herrschen im Sommer oft weniger starke Winde, die den See aufrühren und kaltes Tiefenwasser an die Oberfläche bringen. Der Caumasee bleibt deshalb oft schön geschichtet, und die oberste Wasserschicht wird durch die Sonneneinstrahlung sehr warm.

Frage: Warum zeigt der Crestasee keine Schwankungen des Spiegels?

Antwort: Ganz einfach: Der Abfluss des Crestasees ist ein Bach an der Oberfläche, der einen stärkeren Zustrom sofort ableiten würde. Der Seespiegel kann sich deshalb kaum erhöhen.

Frage: Gibt es einen Zusammenhang zwischen Cauma- und Crestasee?

Antwort: Unseres Wissens nein, aber es ist nicht ausgeschlossen. Aufgrund von Wasserspiegelmessungen in den verschiedenen Bohrlöchern, die für den Tunnelbau erstellt wurden, gehen wir davon aus, dass der Bergsturz von Flims von verschiedenen unterirdischen Wasserflüssen, die mehr oder weniger parallel zueinander verlaufen, durchflossen wird. Somit würde der Crestasee von anderen Wasserläufen gespiesen als der Caumasee. Je nach Wasserstand im See und je nach Durchlässigkeit zwischen den einzelnen Wasseradern ist aber eine Verbindung nicht unmöglich.

Frage: Sind die vier Vorschläge zur Speisung des Pultébaches gleichwertig?

Antwort: Aus wissenschaftlicher Sicht sind sie praktisch gleichwertig. Je nach Vorschlag können Probleme im Bereich der Wassermenge (Platt Alva allein), der Qualität (Flem allein) oder der aufzuwendenden Energie (Tunnel) auftreten. Diese Probleme sind technisch lösbar, je nach Variante aber sehr aufwendig und dadurch unwirtschaftlich.

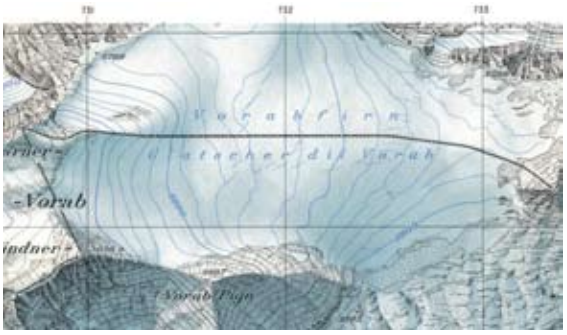
Frage: Die Volksinitiative sieht eine direkte Einspeisung des Tunnelwassers in den Caumasee vor. Ist das möglich?

Antwort: Nein! Auch wenn das Tunnelwasser klar scheint, ist dieses oft zu trübe, um direkt eingeleitet zu werden. Eine Direkteinleitung würde den Caumasee relativ schnell zu einer trüben Pfütze machen. Eine Direkteinleitung ist übrigens für alle Wässer unmöglich.

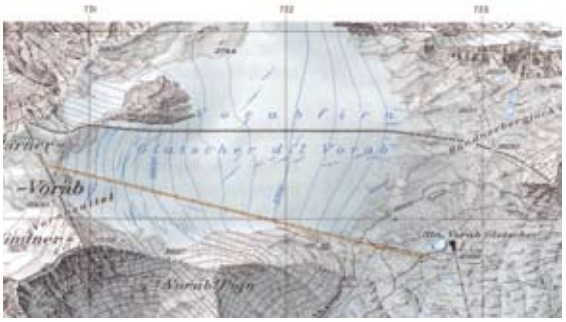
Frage: Ist es möglich, Wasser aus der Tunnelquelle in den Pultébach einzuspeisen?

Antwort: Von der wissenschaftlichen Seite her ist das problemlos möglich. Es stellt sich höchstens die Frage, ob es wirtschaftlich und energetisch sinnvoll ist, lange Druckleitungen zu bauen, um dann das Wasser den Berg hochzupumpen.

© 2009 swisstopo (JD092822)



1973



2003

Ein Gletscher verschwindet

Der Vergleich der zwei Karten zeigt klar das starke Abschmelzen des Vorabgletschers. Wenn der heutige Rhythmus beibehalten wird, könnte der Gletscher bis 2035 verschwunden sein.

Die jährliche Verminderung des Gletschervolumens bewirkt eine Schüttung von ca. 120 l/s während der Sommermonate, also ungefähr 5 % der Totalschüttung des Karstsystemes (Lag Tiert, Lag Prau Pulté, Tunnel).

Frage: Könnte man auch gar nichts machen für den Caumasee?

Antwort: Ja, das könnte man. Der Seespiegel wäre in diesem Fall vermutlich zwischen 1-2 m (im Mittel 1.3 m) tiefer, als er vor dem Tunnelbau gewesen wäre.

Frage: Wie ist der Einfluss des Laaxerbaches und des Flem?

Antwort: Wir haben festgestellt, dass bei Niederwasser der Laaxerbach Wasser in das Karstsystem des Lag Tiert-Tunnel verliert. Zu diesem Zeitpunkt ist aber der Lag Prau Pulté nicht aktiv; diese Schwinden haben also vermutlich keinen Einfluss auf den Caumasee. Bei Hochwasser dagegen fliesst Wasser aus dem Karst Lag Tiert-Tunnel in den Laaxerbach. Zu diesem Zeitpunkt hat der Laaxerbach also sicher keinen Einfluss auf das Grundwasser des Bergsturzes und des Caumasees. Beim Flem wurden keine offensichtlichen Schwinden festgestellt. Aufgrund seiner Lage sollten diese (falls vorhanden) aber eher den Crestasee speisen als den Caumasee.

La Chaux-de-Fonds, 27.1.2009

Dr. Ph. Häuselmann & Dr. P.-Y. Jeannin
Schweiz. Institut für Speläologie
und Karstforschung



Färbung des Flem vom 13. Juni 2007

Vordere Umschlagseite:
Bach auf Sur Crap
Kleines Bild oben: Der Caumasee
Kleines Bild unten: Wasserfärbung mit Fluorescein

Schweizerisches Institut für Speläologie und Karstforschung

Postfach 818
CH 2301 La Chaux-de-Fonds
info@isska.ch
www.isska.ch
Tel. 032 913 35 33
Fax 032 912 35 55

Das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung (SISKA) wurde im Jahr 2000 auf Initiative der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung als gemeinnützige Stiftung gegründet. Das SISKA arbeitet hauptsächlich auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Forschung (Hydrogeologie, Paläontologie, Klima, usw.) als Fachberater, zum Schutz des unterirdischen und des Oberflächenkarstes sowie im Bereich der Schulung (Kurse für alle Schulstufen und für die breite Öffentlichkeit).

Layout: R. Wenger | SISKA

Fotos: D. Blant, M. Maron, R. Wenger

Gemeinde
Flims