



# Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

## SCHUTZKONZEPT FÜR MURGANGGEFAHR FALLBEISPIEL TÄSCH

### SAFETY CONCEPT FOR DEBRIS FLOW HAZARDS THE TAESCH CASE-STUDY

Andrej Kolenko<sup>1</sup>, Philipp Teyssseire<sup>2</sup> und Markus Zimmermann<sup>3</sup>

#### ZUSAMMENFASSUNG

Im Juni 2001 kam es während niederschlagsfreiem Wetter zu einem Murgang, der starke Schäden in Täsch im Oberwallis (CH) anrichtete. Auslöser dürfte ein plötzliches Überlaufen eines Gletscherzungenensees am Ursprung des Täschbaches gewesen sein. Die Rückhaltesperre vor Täsch erwies sich als zu klein, was zur Folge hatte, dass etwa 20'000m<sup>3</sup> Geschiebe im Ort abgelagert wurden. Ziel ist es, ein integrales Schutzkonzept zu erstellen, um mögliche vergleichbare Ereignisse zu beherrschen. Um dies zu erreichen, wurde eine Ereignisanalyse durchgeführt, das Einzugsgebiet untersucht sowie Sofortmassnahmen, wie die Verstärkung des natürlichen Dammes und im Ort die Vergrößerung der Rückhaltesperre realisiert. In der Folge wurden mittels Berechnungen und numerischen Simulationen verschiedene Szenarien entwickelt. Diese haben gezeigt, dass weitere Schutzmassnahmen sowohl im Einzugsgebiet, als auch im Dorf selbst nötig sind. Ein Ablenkdamms zur Beherrschung des oberen Drittels und weitere Schutzmassnahmen für den unteren Teil des Gerinnes sind in Planung. Die Kombination der verschiedenen unabhängigen Hochwasser- und Murgangschutzmassnahmen führt zu einer erhöhten Sicherheit im Dorf Täsch.

**Keywords:** Murgang, Hochwasser, Geschieberückhalt, Schutzkonzept

#### ABSTRACT

In June 2001 a debris flow occurred in the Upper Valais (Switzerland) during dry weather which caused major damage in the town of Taesch. The trigger might have been a sudden overflow of a glacial lake in the source area of the Taeschbach. The existing sediment retention structure at Taesch was too small. As a consequence 20'000 m<sup>3</sup> of debris were deposited in the town. The goal of the new safety concept is to provide increased safety and to handle future events of the same order of magnitude. To reach this objective, an event analysis was carried out and the catchment area was investigated. Urgent measures both at the

---

1 Sachbearbeiter, Teyssseire & Candolfi AG, Terbinerstr. 18, CH-3930 Visp; e-mail: a.kolenko@t-c.ch

2 Geschäftsführer, Teyssseire & Candolfi AG, Terbinerstr. 18, CH-3930 Visp; e-mail: ph.teyssseire@t-c.ch

3 Geschäftsführer, NDR Consulting Zimmermann, Riedstrasse 5, CH-3600 Thun; e-mail: mn.z@gmx.ch

origin of the debris flow (reinforcement of the natural dam) and in the town (enlargement of the sediment retention dam) were realized. A number of scenarios were developed to determine the remaining debris flow hazards. Further preventive measures are necessary in the catchment area as well as in the town. A deflection dam for the control of the upper section of the creek and further structural measures in and upstream of Taesch are in a planning stage. In addition, new land-use regulations for the town are pointed out.

**Key words:** debris flow, flood, bed load retention, safety concept

## CHARAKTERISTIKA DES EINZUGSGEBIETES

Die Ortschaft Täsch liegt im oberen Mattertal in der Nähe des weltbekannten Skiortes Zermatt im Wallis / Schweiz. Die Karte (Abb. 1) zeigt das stark gegliederte Einzugsgebiet des Täschbaches. Das gesamte Gebiet umfasst etwa 38.5 km<sup>2</sup>, davon sind ca. 12.5 km<sup>2</sup> (32 %) ständig vergletschert.

Aufgrund der großen Höhererstreckung des Einzugsgebietes ist die Verbreitung von glazialen und periglazialen Formen und Prozessen sehr dicht. Eine große Anzahl von Blockgletschern (teilweise aktiv) liefern Hinweise auf das Vorkommen von Permafrost. Im Vergleich zum gesamten Mattertal weist das Einzugsgebiet eine hohe Gerinnedichte auf. Die Gesamtgerinnelänge beträgt fast 32 km. Die beiden Hauptzubringer sind einerseits der Rotbach, in welchen auch der Ausfluss des Weingartensees mündet. Dieses Gebiet entwässert



**Abb.1:** Einzugsgebiet des Täschbaches.

**Fig.1:** Catchment area of the Taesch Creek.

den nördlichen Teil und ist geprägt durch eine große Steilheit und viel liegen gelassenes Moränen- und Steinschlagmaterial. Auf Grund der Murganggefährdung wird dieses Gebiet weiters unterteilt (siehe Abb. 1) Andererseits ist es der Mellichbach, der den Talboden der Täschalp durchfließt und den südlichen Teil des Einzugsgebietes entwässert.

Im Einzugsgebiet des Täschbaches treten von Norden nach Süden die tektonischen

Einheiten der Bündnerschiefer-Ophiolith-Decke, ein schmales Band mesozoischer Sedimente der Bernhard-Decke und dem kristallinen Anteil der Bernhard-Decke auf. Die mesozoischen Sedimente, welche die am wenigsten erosionsresistenten Gesteine darstellen, treten nur in einer schmalen NE-SW streichenden Zone im Bereich von Ottawan bis zur Mündung des Baches vom Alphubelgletscher auf.

## EREIGNIS

In den Abendstunden des 25. Juni 2001 führte der Täschbach zwischen dem Weingartensee (3060 müM) und Täsch (1450 müM) trotz niederschlagsfreiem Wetter einen außerordentlich hohen Abfluss mit intensivem Geschiebetrieb. Der Prozess kann als Murgang, bzw. als murgangähnlicher Abfluss charakterisiert werden. Die zur Bewältigung von solchen Situationen errichteten sieben Sohlenstufen zwischen Eggstadel und Stafelti und das

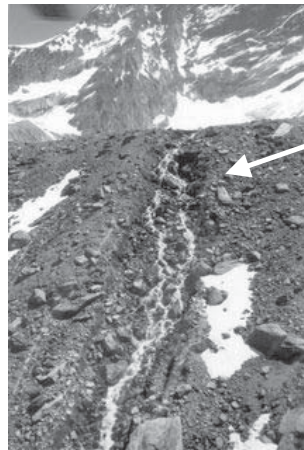


**Abb. 2:** Murgangkegel in der Ortschaft Täsch (1450 müM)  
**Fig. 2:** Debris flow deposit in the village of Taesch (1450 m a.s.l.)

Rückhaltebecken kurz vor der Ortschaft Täsch reichten nicht aus, um das gesamte Geschiebe aufzufangen. Entlang dem Gerinne kam es zu verschiedenen Erosions- und Ablagerungsvorgängen. Der Murgang richtete erheblichen Schaden in der Ortschaft Täsch an. (Abb. 2) Auslöser dürfte, neben dem Überlaufen des Weingartensees (Abb.3), vor allem eine Instabilität im stark aufgelockerten Moränenmaterial im Dammbereich gewesen sein (Abb. 4), mit einer temporären unter anderem auch durch einen deutlichen Unterschied im Erosionsquerschnitt begründet. Durch die starke Schneeschmelze kam es zu einem Überlaufen am linksseitigen, bis dahin nicht aktiven Gerinne. Das äußerst instabile Material im Bereich der Quelle gleich darunter wurde dadurch sofort mobilisiert.

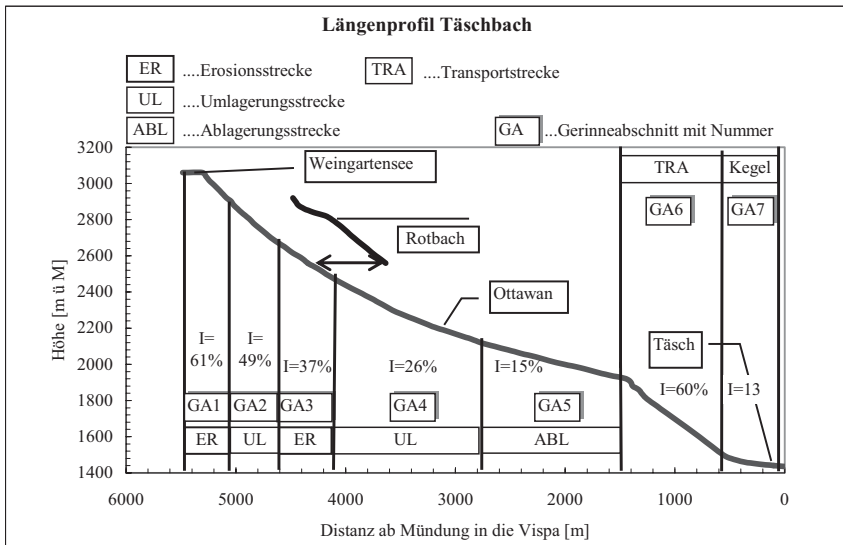


**Abb. 3:** Der Weingartensee (3060 müM)  
**Fig. 3:** The Lake Weingarten (3060 m a.s.l.)



**Abb. 4:** Auslöser: Temporärer Quellaustritt  
**Fig. 4:** Temporary spring (Trigger)

In der Folge konnte das gesamte vom Unwetter 2000 abgelagerte Material aus dem Abschnitt oberhalb der Einmündung des Rotbaches remobilisiert werden. Durch diese Remobilisation konnte der eigentlich schon begonnene Ablagerungsprozess im Gerinneabschnitt 2 nicht weitergeführt werden. Das folgende Diagramm (Abb.5) zeigt das Längenprofil des Täschbaches mit den stattgefundenen Prozessen.



**Abb. 5:** Längenprofil Täschbach mit Gefälle und Geschiebeprozessen  
**Fig. 5:** Lengthprofile of the Täscher Creek with slope and bed load processes

Der Hauptteil des mobilisierten Materials stammt aus dem ersten Gerinneabschnitt (im folgenden GA) gleich unterhalb des Weingartensees, der ein extremes Gefälle von ca. 60% aufweist. Dort wurden im Schnitt etwa  $45 \text{ m}^3/\text{m}^2$  erodiert.

Das Geschiebe kam kurz vor dem Zusammenfluss von Täscher und Rotbach teilweise schon wieder zur Ablagerung (Rückgang des Gefälles auf etwa 50 %). Im Sohlbereich fand aber auch hier noch Erosion statt, welche sich nach dem Zusammenfluss (GA 3) wieder vermehrt (ca.  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ). Grund dafür dürfte der zusätzliche Wasserinput des bis dorthin nicht Feststoff transportierenden Rotbaches gewesen sein. Es kam hier vor allem zu einer Remobilisierung des Materials vom Unwetter 2000.

Die Täscherpschlucht und der Bereich der Täscher (GA 4) waren eine Umlagerungsstrecke, in der es vor allem zu Sohlenerosion und Ablagerungen in Form von Levees gekommen ist. Von der Stafelti-Brücke an abwärts ist keinerlei Erosionstätigkeit mehr beobachtbar (GA 5), dieser Abschnitt ist eine reine Ablagerungsstrecke, in dessen unterem Bereich sich sieben Sohlenstufen befinden. Es wurden ca.  $5'000 - 6'000 \text{ m}^3$  ( $6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ) abgelagert, was noch ein Volumen von  $22'000 \text{ m}^3$  für die verbleibende Gerinnekstanz übrig ließ. Dieses wurde durch die steile Schlucht unterhalb der Eggstadelbrücke transportiert ohne nennenswert an Volumen zu verlieren (GA 6). Die Rückhaltesperre östlich von Täscher erwies sich als viel zu klein, was zur Folge hatte, dass noch etwa  $18'000 - 20'000 \text{ m}^3$  in Täscher abgelagert wurden.

# HYDROLOGIE

## Grundlagen

Abflussmessungen für den Täschbach liegen keine vor. Im Rahmen der Untersuchungen für den Umleitstollen Randa wurden die hydrologischen Verhältnisse im oberen Einzugsgebiet der Mattervispa durch die VAW abgeklärt (Schindler et al. 1993). Aus diesen Untersuchungen können für den Täschbach die folgenden Charakteristika abgeleitet werden:

- Die mittleren Abflüsse im Täschbach sind sehr stark durch die Fassungen der Grand Dixence bestimmt. Vier Fassungen leiten ein Maximum von ca.  $6\text{ m}^3/\text{s}$  ab.
- Die Flächen, die schnell für ein Hochwasser beitragen, sind primär auf der nordöstlichen Seite des Tales (ca. 60 %). Die südwestliche Talseite trägt nur wenig zur Hochwasserbildung bei, d.h. die Speicherkapazität dieser Flächen ist hoch.

Aufgrund dieser Charakteristika lassen sich drei Ereignistypen ableiten:

- Starke Schneeschmelze bei einer extremen Wärmeperiode.
- Starke Schneeschmelze mit kurzem Gewitterniederschlag
- Längere Niederschlagsereignisse

Die Gefahr eines Gletscherseausbruches wurde durch den Bau eines Dammes am Weingartensee nach dem Ereignis des Jahres 2001 gebannt.

## Methoden zur Abschätzung der Wassermengen

Die Abschätzung der Dimensionierungswassermengen erfolgte mit Hilfe der Software HQX\_meso\_CH unter besonderer Berücksichtigung der folgenden Methoden (BWG 2003):

- Kölla meso
- GIUB 96 (MQ)  $Q_{\max} = a * F n^b$
- Empirisch (Berücksichtigung Schneeschmelze)  $HQ_{100} = a * i_{\max} * EG$   
 Starke Schneeschmelze bei einer extremen Wärmeperiode (2.3mm/h)  
 Gletscherfläche ca.  $12.5\text{ km}^2$  und Schneeschmelzzone ca.  $8\text{ km}^2$
- Empirisch (Sommergewitter)  $HQ_{100} = a * i_{\max} * EG$

## Resultate

Die mit den obigen Annahmen im HQx\_meso\_CH ermittelten Abflüsse betragen:

**Tab. 1:** Abflussmengen

**Tab. 1:** Outflow rate

	$Q_{20}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	" $Q_{100}$ " [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
GES / Kölla, mod	33	Total 52.2
		Rotbach 8.6
		Mellichbach 40.8
GIUB 96 / $Q_{\max}$		40
Müller-Zeller <sup>1)</sup>		45

1) Zonenkoeffizient:  $\alpha = 20$ , Abflusskoeffizient:  $\psi = 0.2$  gewichtetes Mittel

Eine 100-jährliche Dimensionierungswassermenge am Kegelhals in Täsch würde demnach etwa  $40 - 50\text{ m}^3/\text{s}$  betragen.

Im Weiteren ist zu bemerken, dass das natürliche Einzugsgebiet des Rot- und Mellichbaches durch die Wasserfassungen der Grande Dixence beeinflusst wird. Die Störanfälligkeit der

Fassungen scheint gering zu sein. Bei der Festlegung der Dimensionierungswassermenge wurde davon ausgegangen, dass der normale Betrieb dieser Fassungen bei einem extremen Hochwasserereignis (Murgang, Geschiebe) nicht aufrechterhalten werden kann.

Zur Planung konkreter baulicher Maßnahmen sind die Gefährdungs-Bilder (Szenarien) im Täschbach detaillierter zu untersuchen und zu beschreiben als dies für eine Gefahrenabschätzung (Gefahrenkarte) notwendig ist.

Untersucht wurden Hochwasserabflüsse und Geschiebefracht sowie Murgänge. In den folgenden Tabellen sind die möglichen Szenarien ersichtlich. Es handelt sich dabei um jeweils 4 Hochwasser- sowie Murgangereignisse.

**Tab. 2:** Abschätzung von Wasservolumen und Geschiebefrachten

**Tab. 2:** Estimation of water volume and bedload transport

<b>Wasservolumen und Geschiebefracht</b>						
<b>Szenario</b>	<b>Jährlichkeit</b>	<b>Q<sub>max</sub></b>	<b>HW-Dauer</b>	<b>Volumen Wasser</b>	<b>Konzentration</b>	<b>Volumen Geschiebe</b>
<b>1</b>	2.33	7 m <sup>3</sup> /s	2 h	25'000 m <sup>3</sup>	5 %	<b>1'300 m<sup>3</sup></b>
<b>2</b>	10 - 30	27 m <sup>3</sup> /s	4 h	200'000 m <sup>3</sup>	10 %	<b>20'000 m<sup>3</sup></b>
<b>3</b>	30 - 100	35 m <sup>3</sup> /s	12 h	750'000 m <sup>3</sup>	10 %	<b>75'000 m<sup>3</sup></b>
<b>4</b>	100 – 300	50 m <sup>3</sup> /s	24 h	2'200'000 m <sup>3</sup>	10 %	<b>220'000 m<sup>3</sup></b>

Die Tabelle 2 zeigt mögliche Szenarien bei Hochwasserabflüssen mit Geschiebefracht. Die Abschätzung erfolgte mit Hilfe von geschätztem Q<sub>max</sub> und einer angenommenen Hochwasserdauer. Daraus ergaben sich bestimmte Hochwasser- und Geschiebevolumina für den Kegel Täsch. Beim Volumen der Geschiebefracht für ein 100-300 jährliches Ereignis, stellt sich natürlich die Frage, ob 220'000 m<sup>3</sup> überhaupt transportiert werden können. Zudem ist gar nicht soviel Material verfügbar wenn nicht ein Murgang Material in die Strecke GA5 bringt. Daher wurden Ereignisse dieser Größenordnung nur noch als Murgang simuliert und berücksichtigt.

**Tab. 3:** Mögliche Szenarien von Murgängen

**Tab. 3:** Possible scenarios of debris flows

<b>Murgänge aus dem Einzugsgebiet</b>			
<b>Szenario</b>	<b>Jährlichkeit</b>	<b>Prozess</b>	<b>Vol. G.</b>
<b>1</b>	10 - 30	Murgang aus Eggerskin bzw. Weingarten	<b>30'000 m<sup>3</sup></b>
<b>2</b>	30 - 100	Murgang aus Weingarten	<b>100'000 m<sup>3</sup></b>
<b>3</b>	100 - 300	Murgang aus Weingarten	<b>200'000 m<sup>3</sup></b>
<b>4</b>	EHQ	Murgang aus Weingarten	<b>400'000 m<sup>3</sup></b>

In Tabelle 3 sind die zu erwartenden Szenarien für Murgänge ersichtlich. Mögliche Auslöserherde sind in allen Fällen das Gebiet um den Weingartensee, aber auch die Zone um das Eggerskin ist ein potentieller Murgangsbringer.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die größten zu berücksichtigenden Volumina in Täsch jene eines Murganges von etwa 200'000 m<sup>3</sup>, und bei einem extremen Geschiebetransport (murgangähnlicher Transport) auch in etwa 220'000 m<sup>3</sup> betragen.

Solche Ereignisse würden in jedem Fall verheerende Folgen, sowohl in Täsch als auch auf der Täschalp zur Folge haben, wenn man sich ins Gedächtnis ruft, dass das Ereignis vom 25. Juni 2001 etwa ein Zehntel des Volumens erreichte.

## **SIMULATIONEN**

Um konkrete Schutzmassnahmen zu planen und ihre Effektivität zu zeigen kamen zwei verschiedene Simulationsprogramme zur Anwendung.

Einerseits mit der Software Flo-2D (O'Brien, 2001), andererseits mit einem 2-Parameter Modell, das das Ausbreitungsverhalten mit einem Random Walk-Ansatz und die Auflandung mit einem speziellen Algorithmus berechnet (Zimmermann et al. 1997).

### **Murgangsimulation unter Verwendung von Flo – 2d**

Flo-2d ist ein kommerzielles Hochwasser-Routing-Programm mit der Möglichkeit zur Murgangmodellierung.

Es ist ein rasterbasiertes, zweidimensionales Modell zur physikalischen Simulation von Reinwasserabflüssen, hyperkonzentrierten Abflüssen sowie viskosen und granularen Murgängen. Bei den durchgeführten Simulationen führte das Programm die Abflussberechnung mit der Methode der finiten Differenzen für einen gegebenen Hydrographen auf Basis einer dynamischen Welle zweidimensional über die Oberfläche durch.

Als Input-Parameter wurden folgende Daten eingegeben:

- Topographie des Untersuchungsgebietes aus einem digitalen Geländemodell, Informationen über Rauigkeit von Gerinne und Gelände
- Daten bezüglich der Input- Ganglinie (Hydrograph) sowie die Sedimentkonzentrationen
- Hydraulische Fließparameter und rheologische Eigenschaften.

Die topographischen Daten (DGM; dxf-Format) wurden in das Pre-Process – Programm GDS (Grid Developer System) importiert und dort in Gridelemente mit Maschenweiten von 10 m umgeformt. Kleinere Maschenweiten, von 5m wurden für Detailfragen angewandt. Entscheidendste Faktoren sind wohl die Viskosität und Grenzscherspannung eines Murganges. Daher wurde mit 2 verschiedenen Konzentrationen simuliert.

Die Grenzscherspannung  $\tau_x$  und die Viskosität  $\eta$  eines Murganges hängen neben Faktoren wie Kornverteilung und Kornform der Körner sehr stark von der Konzentration an Feststoffen ab. Im Modell FLO-2D werden sie durch folgende Formulierungen ausgedrückt:

$$\tau_x = (\alpha_2 e^{\beta_2 c_v}) / 10 \text{ [Pa]} \qquad \eta = (\alpha_1 e^{\beta_1 c_v}) / 10 \text{ [Pa.s]}$$

Die Bestimmung der rheologischen Parameter erfolgte durch Vergleiche mit anderen Murgängen und eine anschließende Kalibrierung anhand der Ablagerungen des Ereignisses vom Jahr 2001. Es kamen daher folgende Werte zur Anwendung:

**Tab. 4:** Grenzschubspannung und Viskosität als Funktion der Sedimentkonzentration.

**Tab. 4:** Yield stress and viscosity as a function of sediment concentration.

Konzentration	Grenzschubspannung	Viskosität	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\alpha_1$	$\beta_1$
cv	$\tau_y = (\alpha_2 e^{\beta_2 cv})/10$ [Pa]	$\eta = (\alpha_1 e^{\beta_1 cv})/10$ [Pa.s]	dynes/cm <sup>2</sup>		poises	
0.35	5.24	6.47	0.00172	29.5	0.00060	2 33.1
0.5	437.90	927.19	0.00172	29.5	0.00060	2 33.1
0.55	1914.06	4852.07	0.00172	29.5	0.00060	2 33.1
(variabel)	(Resultat)	(Resultat)	(Werte aus O'Brien 2001)			
Umrechnung:	Grenzschubspannung:	1 Pascal (Pa) = 10 dynes/cm <sup>2</sup>				
	Viskosität:	1 Pascal.s (Pa.s) = 10 dynes.sec/cm <sup>2</sup> = 10 Poises				

Wie in den folgenden Tabellen ersichtlich, wurden einerseits Simulationen für den gesamten Bereich, also vom Weingartensee bis nach Täsch, durchgeführt. Diese zeigen die vorherrschende Situation, und die dadurch resultierende Gefahr für Täsch. In den Tabellen wurden nur die tatsächlich abgelagerten Volumina für Täsch und Ottawan berücksichtigt. Nicht ersichtlich sind die Ablagerungen dazwischen, sowie das in die Vispa weitergeleitete Material.

**Tab. 5:** Murgangsimulationen für den gesamten Bereich ohne Damm Täschalp.

**Tab. 5:** Debris flow simulations for the entire area without the dam at Taeschalp.

<b>Murgänge mit 35 % Geschiebeanteil, ohne Maßnahmen Täschalp</b>			
Geschiebefracht [m <sup>3</sup> ]	Maximalabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ablagerung auf Ottawan [m <sup>3</sup> ]	Ablagerung in Täsch [m <sup>3</sup> ]
32'000	160	5'000	10'000
53'000	285	6'500	19'000
105'000	415	8'500	43'000
205'000	460	11'000	56'000
<b>Murgänge mit 50 - 55 % Geschiebeanteil, ohne Maßnahmen Täschalp</b>			
Geschiebefracht [m <sup>3</sup> ]	Maximalabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ablagerung auf Ottawan [m <sup>3</sup> ]	Ablagerung in Täsch [m <sup>3</sup> ]
32'000	110	25'000	-
53'000	185	40'000	-
105'000	400	51'000	-
210'000	460	50'000	45'000

Andererseits wurden zur Abklärung, wie viel der geplante Damm auf der Täschalp zurückhalten kann, Simulationen nur für diesen Bereich gerechnet. In der Tabelle ist ersichtlich, wie viel Material dann effektiv abgelagert, und wie viel durch den Mellichbach weiter transportiert werden kann.

**Tab. 6:** Murgangsimulationen für den Bereich Täschalp mit Damm.

**Tab. 6:** Debris flow simulations for the Taeschalp area with dam.

<b>Murgänge mit 35 % Geschiebeanteil, mit Damm Täschalp</b>			
Geschiebefracht [m <sup>3</sup> ]	Maximalabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ablagerung auf Ottawan [m <sup>3</sup> ]	Weitertransport [m <sup>3</sup> ]
32'000	160	32'000	-
53'000	285	22'000	0 - 6'000
105'000	415	95 - 105'000	0 - 10'000
205'000	460	180 - 190'000	20 - 30'000
<b>Murgänge mit 50 - 55 % Geschiebeanteil, mit Damm Täschalp</b>			
Geschiebefracht [m <sup>3</sup> ]	Maximalabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ablagerung auf Ottawan [m <sup>3</sup> ]	Weitertransport [m <sup>3</sup> ]
32'000	110	32'000	-
53'000	185	47 - 53'000	0 - 6'000
105'000	400	95 - 105'000	0 - 10'000
210'000	460	180 - 190'000	20 - 30'000

Vor allem bei der Sedimentkonzentration kamen verschiedene Werte zur Anwendung, da gerade im Bereich des geplanten Umlenkdammes im Bereich von Ottawan dieser Faktor eine entscheidende Rolle spielt, ob das Geschiebe dort abgelagert wird oder es zu einem Weitertransport nach Täsch kommt.

Diese Resultate lieferten die Grundlagen, für die Intensitäts- und Gefahrenkarten sowohl auf Ottawan wie auch in Täsch selbst.

### **Simulationen mit dem 2-Parameter-Modell**

Die Simulation der Murgänge erfolgte mit Hilfe von Modellen, die im Rahmen von zwei Forschungsprojekten entwickelt wurden (Zimmermann et al. 1997). Modelliert wird die Reichweite mit einem 2-Parameter Massenpunkt-Modell. Dieses basiert auf dem Ansatz von Voellmy für Fliesslawinen. Das Ausbreitungsverhalten wird auf dem DHM mit "multiple flow direction" und einem Random-Walk-Ansatz dargestellt. Auflandungen werden entlang der Trajektorie entweder gefälls- oder geschwindigkeitsabhängig simuliert (df-walk; Gamma 2000). Grundlage für die Simulation ist das digitale Höhenmodell DHM25, welches beim Bundesamt für Landestopographie Schweiz erhältlich ist. Im Bereich des Kegels wurde mit einem DHM5 gerechnet, welches mit den Höhenlinien des Übersichtsplans 1:5'000 generiert wurde. Die Information aus der Simulation wird mit dem Feldebefund verifiziert.

Für die Simulation wurden 2 verschiedene Murgänge mit den folgenden Volumen dargestellt:

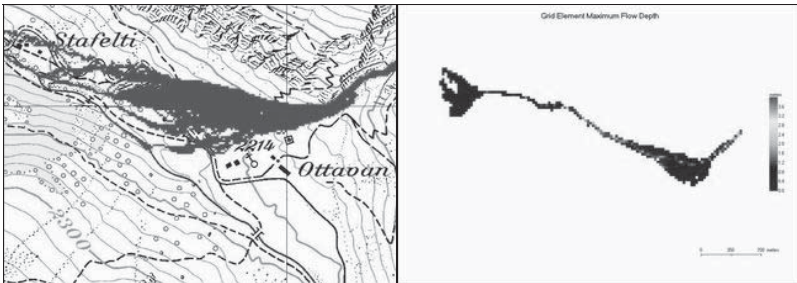
50,000 m<sup>3</sup> (entspricht wahrscheinlichem Ereignis)

200,000 m<sup>3</sup> (entspricht möglichem Ereignis)

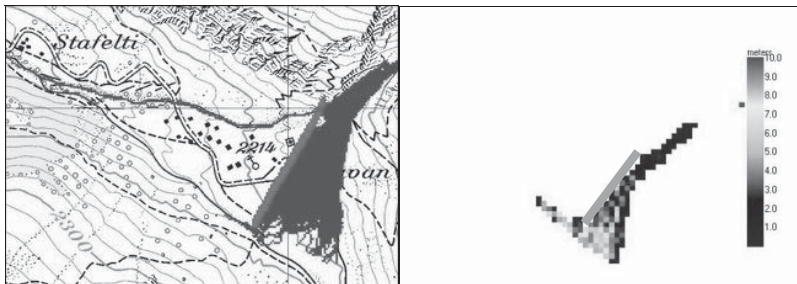
### **Ergebnisse der Simulationen**

Um zu zeigen, dass die geplanten Maßnahmen auf der Täschalp auch die gewünschte Wirkung erzielen, wurden Simulationen mit den gleichen Kubaturen wie ohne Maßnahmen durchgeführt. Das 2-Parameter-Modell wurde verwendet um die Richtung der Ausbreitung sowie die Ablagerungsräume ersichtlich zu machen und diente somit auch der Verifikation der Ergebnisse des Programms Flo-2D, mit welchem Geschwindigkeiten, maximale Abflusshöhen und endgültige Ablagerungshöhen dargestellt werden können. Ausserdem

bietet sich die Möglichkeit, verschiedene Rheologien zu verwenden, wie bereits oben erwähnt wurde. Vor allem auf der Täschalp erwies sich das als sehr effizient. Hochviskose Murgänge ( $\tau_x > 400 \text{ PA}$ ,  $\eta > 900 \text{ PA}$ ) wurden fast gänzlich auf der Alp abgelagert (siehe Tabellen 4 und 5), flüssigere hingegen erreichten alle Täsch.



**Abb. 6:** Simulation eines Murganges ohne Damm Ottawan. ( $200'000 \text{ m}^3$ )  
 Links: 2-Parameter-Modell (nur Ottawan), rechts: Flo-2D, gesamter Bach  
**Fig. 6:** Simulation of a debris flow without dam Ottawan. ( $200'000 \text{ m}^3$ )  
 left: 2-Parameter-Modell (only Ottawan), right: Flo-2D, entire creek



**Abb. 7:** Simulation eines Murganges mit Damm Ottawan. ( $200'000 \text{ m}^3$ )  
 Links: 2-Parameter-Modell, rechts: Flo-2D  
**Fig. 7:** Simulation of a debris flow with dam Ottawan. ( $200'000 \text{ m}^3$ )  
 left: 2-Parameter-Modell, right: Flo-2D

Die Simulationen lieferten die Grundlagen für die Intensitäts- und Gefahrenkarten für Ottawan wie auch für Täsch. Und zwar für den Ist-Zustand wie auch mit den geplanten Maßnahmen.

# STUFENWEISES SCHUTZKONZEPT MIT VERSCHIEDENEN MASSNAHMEN

## Ist-Zustand und Schadenspotential

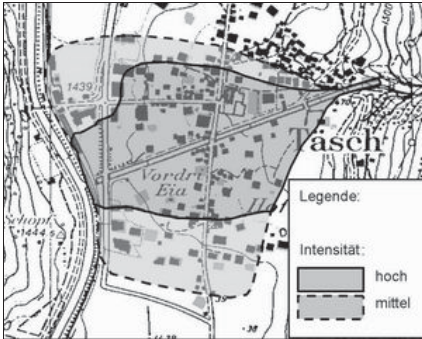


Abb. 8: Intensitätskarte ohne zusätzliche Maßnahmen

Die nebenstehende Intensitätskarte zeigt die Situation, wie sie ohne weitere Maßnahmen in Täsch vorherrschen würde. Man sieht, dass weite Teile der Ortschaft Täsch in der Zone hoher Intensität liegen. Vor allem der als besonders schützenswert angesehene rechtsufrige alte Dorfkern ist zu mehr als 50% von einer hohen Gefährdung betroffen. Im mittleren Intensitätsbereich liegen gar annähernd 100 % des Dorfes. Auch die größten Teile der linksufrig gelegenen neueren Siedlung sind stark gefährdet.

Die Schutzzielmatrix aus "Hochwasserschutz an Fließgewässern", Wegleitung (BWG, 2001) stellte die Grundlage für eine methodische und differenzierte Schutzziel festlegung dar. Sie ist unterteilt in verschiedene Objektkategorien. Im Fall Täsch finden sich die folgenden Objektkategorien wieder: landwirtschaftliche Flächen, Einzelgebäude, lokale Infrastrukturanlagen und geschlossene Siedlungen. Laut dem Schutzkonzept aus dem Jahre 1999 liegt das Schadenspotential in einer Höhe von etwa 80 – 90 Mio. SFr. Eine rote Zone in Täsch gilt es zu vermeiden. Da dies durch alleinige Maßnahmen direkt vor und im Ort nicht gewährleistet werden kann, sind Maßnahmen auch weiter oben im Einzugsgebiet zu planen.

methodische und differenzierte Schutzziel festlegung dar.

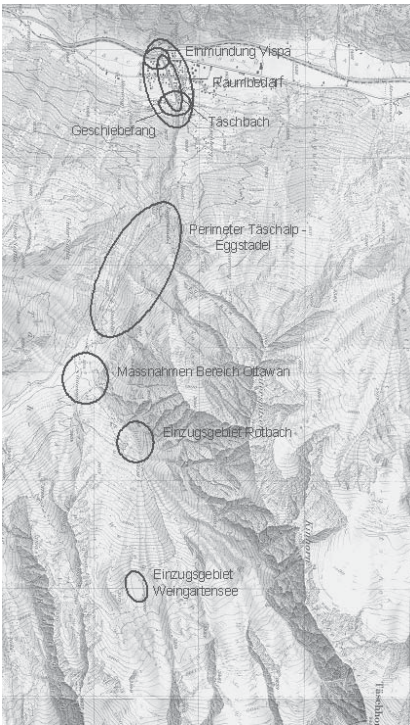


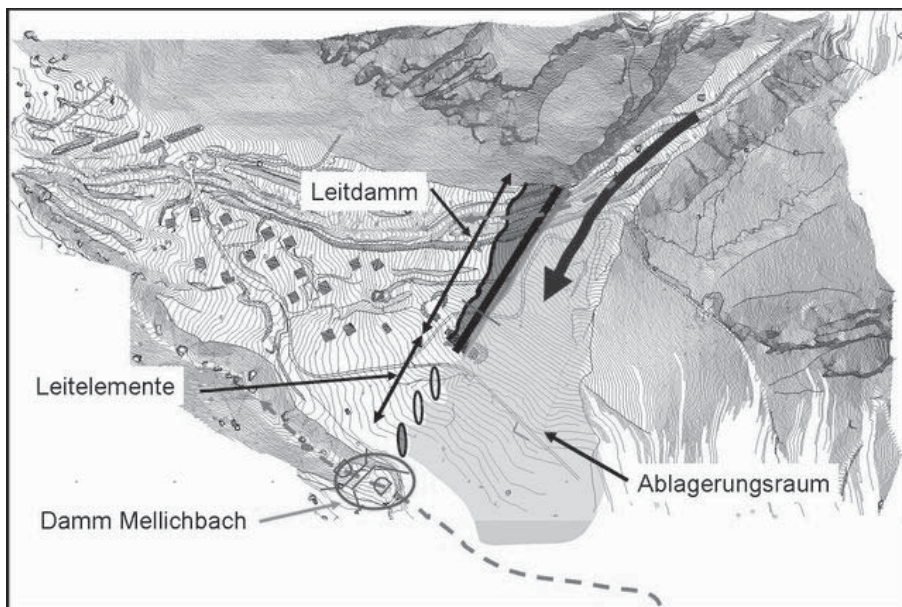
Abb. 9: Überblick über die Maßnahmen  
Fig. 9: Overview of the measures

## Maßnahmenplanung

Der natürliche Damm des Weingartensees wurde verstärkt und damit die Gefahr eines Dammbrechens weitgehend gebannt. In der Ortschaft selbst wird der Geschleberückhalt vergrößert und weiters sind in der Ortschaft selbst noch weitere Maßnahmen geplant. Diese umfassen eine Optimierung des Gerinnes und einen zusätzlichen Stauraum. Dieser soll in erster Linie zusätzliches Volumen zur Ablagerung bringen, und andererseits, durch eine rechtsseitig etwas höhere Mauer ein allfälliges Ausuferen eines Murgangs in den alten Dorfteil verhindern und den Murgang nach links ableiten. Alle diese Maßnahmen sind aber nur dann

wirkungsvoll, wenn ein Grossteil des Geschiebes schon gar nicht das Dorf erreicht, d.h. schon weiter oben zurückgehalten wird. Dazu sind einerseits Maßnahmen im Bereich Eggstadel und andererseits, für Murgänge aus dem Weingartenseegebiet (Rotbach) im Einzugsgebiet selber sowie auf Ottawan geplant. Die Abbildung 8 zeigt, wo Maßnahmen geplant sind.

In einem ersten Schritt wurde dazu eine Vergrößerung des Geschiebesammlers oberhalb des Dorfes auf etwa 12'000 m<sup>3</sup> projektiert, der sich zurzeit in Bau befindet. Würde allerdings nur diese Maßnahme realisiert werden, hätte dies bei einem 100-jährlichen Murgangereignis (etwa 200'000 m<sup>3</sup>) aus dem Weingartenseegebiet verheerende Folgen für die auf etwa 2200 müM gelegene Täschalp. Ein Teil des Geschiebes (etwa 50'000 – 100'000 m<sup>3</sup>) würde auf der Täschalp abgelagert werden, der Rest (Größenordnung etwa 100'000 -150'000 m<sup>3</sup>) würde aber, wie die Simulationen gezeigt haben weiter bis nach Täsch gelangen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll auf der Täschalp Schutzbauwerke zu errichten, welche sowohl die Siedlung Ottawan wie auch Täsch vor einem drohenden Murgangereignis zu schützen vermögen. Zur Diskussion standen verschiedene Möglichkeiten. Als die beste Lösung, die auch einen größtmöglichen Schutz bietet, stellte sich eine Variante mit einem kurzen Damm, Leitelementen und einem Rückhalteraum sowie einem optionalen Bypass heraus. Vor allem war dabei das Restrisiko ausschlaggebend, welches nur mit einem Rückhaltedamm im Mellichbach erreicht werden kann. In der folgenden Abbildung (10) sind die Maßnahmen der Bestvariante dargestellt.



**Abb. 10:** Geplante Maßnahmen im Bereich der Täschalp  
**Fig. 10:** Planned measures at the area of the Taeschalp

Vorgesehen ist ein Leitdamm, welcher dazu dient, größere Murgänge in einen Ablagerungsraum abzuleiten. Da die Stallung auf der Täschalp als schützenswert anzusehen ist, müssen Leitelemente dazu beitragen, den Murgang in dem dafür vorgesehenen Raum zu halten. Der Leitdamm sollte eine Höhe von etwa 7-8 m erreichen. Errichtet wird dieser



Abb. 11: Landschaftsbild nach Erstellung der Maßnahmen  
 Fig. 11: Landscape after erection of the measures

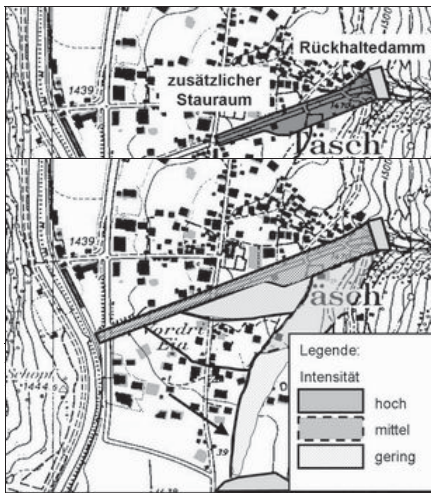


Abb. 13: Intensitätskarte mit allen Maßnahmen  
 Fig. 13: Intensity map with all measures

teilweise aus dem in dem abzutragenden Ablagerungsraum gewonnenen Material. Zusätzliches Material kann aus der weiter oben gelegenen Moräne angeliefert werden. Im Bereich des Rotbaches ist ein Durchlass geplant, welcher kleinere Ereignisse (Größenordnung etwa 30-jährlich) durchlässt und bei größeren Ereignissen automatisch verstopft, und so eine Ableitung des Geschiebes nach links verursacht. Um eine möglichst naturnahe Integration in die Landschaft zu erreichen, wird der Damm talseitig relativ flach ausgeführt und an das Gelände angepasst. Die Leitelemente werden eine Höhe von etwa 3m erreichen und werden ebenfalls bestmöglich an das Gelände angepasst.

Um eine Weiterführung des abgeleiteten Geschiebes durch den Mellichbach zu verhindern, muss dort ein Rückhaltedamm errichtet werden, welcher auch bei großem Geschiebetrieb eine automatische Verstopfung herbeiführt und eine Weiterfließen verhindert. Dies kann entweder durch ein in den Damm eingebrachtes Rohr oder aber durch eine ähnliche Konstruktion einer Sperre wie im Leitdamm erreicht werden.

Bei einer Ausführung ohne diesen hat die Simulation gezeigt, dass der Mellichbach bei einem Abfluss von

etwa  $20\text{ m}^3/\text{s}$  etwa  $50'000\text{ m}^3$  talwärts verfrachten würde.

Um eine Überflutung des gesamten Gebietes bei einem Murgang zu verhindern, sollte ein Bypass realisiert werden, welcher den Abfluss des Mellichbaches garantiert. Dieser wird knapp unter der Oberfläche des bestehenden Terrains, nach Möglichkeit unter den bestehenden Weg eingebracht. Die Länge beträgt etwa 350 m, das Rohr wird einen Durchmesser von etwa 1 m besitzen.

Sämtliche geplanten Massnahmen sind in der Abbildung 11 zeichnerisch dargestellt, um sich ein Bild über die mögliche Anpassung in die Natur machen zu können.

Da nicht nur mit Murgängen aus dem Weingartenseegebiet zu rechnen ist, sondern auch weiter unten Murgänge und murgangähnliche Transporte ihren Beginn nehmen können, sind, außer dem Geschiebesammler, noch weitere Maßnahmen in der Ortschaft Täsch selbst durchzuführen. Dies garantiert einen effizienten Schutz, wenn nicht das gesamte aus dem Weingartensee mobilisierte Material auf der Täschalp abgelagert wird. Geplant sind hierzu ein zusätzlicher Stauraum und eine Vergrößerung des Durchflussquerschnittes entlang des

Täschbaches, sowie teilweise Objektschutzmassnahmen und weiters Ableitungsbauwerke für Ereignisse, die die Abflusskapazitäten des Täschbaches sprengen. Um zu zeigen, dass die geplanten Massnahmen auf der Täschalp und in Täsch auch die gewünschte Wirkung erzielen, wurden Simulationen mit den gleichen Kubaturen wie ohne Massnahmen durchgeführt. Das für die Gefahrensituation relevante Ereignis (Jährlichkeit 100-300) ist in Abbildung 13 mit sämtlichen Massnahmen dargestellt.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Um einen effizienten Schutz vor Hochwasser- und Murgangereignissen in einem Gebirgsdorf zu erzielen, bedarf es ausführlicher Recherchen und Berechnungen der möglichen Szenarien. Ein optimaler Schutz kann oft nur dann gewährleistet werden, wenn Massnahmen im gesamten Einzugsgebiet realisiert werden und nicht, wie dies oft der Fall ist, unmittelbar vor dem gefährdeten Bereich. Um eine stufenweise Erhöhung der Gefahrenminderung zu erreichen, bedarf es einer wirkungsvollen Etappierung.

## LITERATUR

- ARGE Geo7 / T&C (1999) Hochwasserschutzkonzept Täsch; Beurteilung und Massnahmen, unveröffentlicht
- Bundesamt für Wasser und Geologie (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten, *Berichte des BWG, Serie Wasser* (Bern 2003, 118S.)
- Gamma, P., 2000: df-walk - Ein Murgang-Simulationsprogramm zur Gefahrenzonierung. *Geographica Bernensia, G66*. Universität Bern, Schweiz.
- O'Brien, J.S. (2001) FLO-2D, Users Manual, Version 2001.06, P.O. Box 66, (Nutrioso 2001, AZ 85932, 83 p.)
- Rickenmann D., Hürlimann M., Graf C., Näf D. (2001), Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Studie Illgraben – Teil WSL Simulation des Fliessverhaltens, unveröffentlicht
- Schindler C., Mayer-Rosa D., Keusen H.R., Bezzola G.R., Haerberli W., Zimmermann M. (1991); Felsstürze Randa 1991. *Cartographie géomorphologique - Cartographie des risques. Inst. de Géographie Lausanne, Travaux et recherches no. 9*, 117-129
- Zimmermann M., Mani P., Gamma P., Gsteiger P., Heiniger O., Hunziker G. (1997) Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz. *Schlussbericht NFP 31*. (Zürich 1997 vdf Hochschulverlag)
- Bundesamt für Wasser und Geologie: Hochwasserschutz an Fliessgewässern, Wegleitung 2001 (Biel 2001, 72 S.)