

# Einsatz von multiplen Stahlnetzbarrieren als Murgangrückhalt

Autor(en): **Monney, J. / Herzog, B. / Wenger, M.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **99 (2007)**

Heft 3

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940141>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Einsatz von multiplen Stahlnetzbarrieren als Murgangrückhalt

■ Monney J., Herzog B., Wenger M., Wendeler C., Roth, A.

## 1. Einleitung

Flexible Stahlnetze werden seit vielen Jahren im Steinschlagverbau und im Lawinenverbau eingesetzt. In jüngerer Zeit finden sie vermehrt auch im Wasserbau Beachtung. So veröffentlichte das Bayerische Wasserwirtschaftsamt 1997 Dimensionierungsgrundlagen zur Bemessung von Netzen in der Wildbachverbauung [1]. Dieselbe Behörde beauftragte die Technische Universität München mit Labor- und Feldversuchen zum Wildholzrückhalt mittels Netzen [2].

Infolge des Hochwasserereignisses vom August 2005 musste für den Milibach im Oberhasli (Kanton Bern) ein geeignetes Verbauungssystem evaluiert werden. Aufgrund verschiedener Kriterien fiel der Entscheid der Bauherrschaft zugunsten einer Serie von Stahlnetz-Barrieren aus [3]. Zur besseren Abstützung der Bemessungsgrundlagen wurden von der WSL in Birmensdorf parallel zur Projektierung physikalische Modellversuche durchgeführt. Die Netzanlage soll 2007 realisiert werden.

## 2. Ausgangslage

### 2.1 Lage

Der Milibach entspringt im Gebiet «Gummen» an der Wasserscheide des Amtes Oberhasli zum Kanton Obwalden. Er durchfließt die Siedlung Hasliberg-Reuti von Ost nach West und mündet nach einer steilen Felsschlucht bei Meiringen in die Aare (Bild 1).



Bild 1. Situation Milibach, Ausschnitt aus der LK 1:25000, Blatt 1209 Innertkirchen.

### 2.2 Geologische Disposition

Der Talkessel bei «Gummen» wird von hangparallel, Richtung Westen einfallenden schwarzen Tonschiefern des Unteren Doggers (Alénien) aufgebaut (Bild 2). Lokal sind kompetentere fein- bis mittelbankige Sandsteine (Eisensandstein) eingelagert. Die hangparallel einfallenden Schiefer sind stark verwitterungsanfällig und wirken als Hangwasserstauer [7].

Diese Formation wird von ihrem Verwitterungsschutt, welcher Mächtigkeiten von wenigen Metern aufweist, überlagert. Dieser Gehängeschutt bildet die Quelle des Murgangmaterials und besteht mehrheitlich aus den Verwitterungsprodukten des Unteren Doggers. Moränenanteile sind nur untergeordnet vorhanden.

Es handelt sich um einen tonigen, stark siltig, sandigen Fein- bis Mittelkies mit reichlich Steinen und Blöcken. Im trockenen Zustand weist der Gehängeschutt mit einem Reibungswinkel  $\phi' = 25-28^\circ$  und einer scheinbaren Kohäsion von  $c' = 0-3 \text{ kN/m}^2$  annehmbare Bodenkennwerte auf. In vernässtem Zustand verschlechtern sich diese dramatisch, wobei der Winkel der inneren Reibung  $\phi'$  sehr schnell unter  $15^\circ$  abfallen kann. Nach Dauerniederschlägen und vollständiger Sättigung können solche Lockergesteinspakete als Hangmure mobilisiert werden und sich im Hauptgerinne fortsetzen.

Auffallend ist die geringe Plastizität des Materials. Der Silt- und Tonanteil beträgt im Korngrößenbereich bis zur Kies-

fraktion ca. 15–20%. Dies ist, nebst der Murgangausbildung, für die Ausgestaltung der Deponien problematisch. Diese müssen entsprechend flach und mit Stützbauten ausgebildet werden.

### 2.3 Geschiebeverlagerung beim Ereignis 2005

Die Siedlungen Hasliberg-Reuti und Meiringen wurden während der Dauerniederschläge im August 2005 vom Milibach überflutet. Ausschlaggebend für die Schadenwirkung waren die Murgänge aus dem Teileinzugsgebiet «Gummen».

Rund  $13000 \text{ m}^3$  des anstehenden, verwitterten Schiefers wurden während der intensiven Niederschläge mobilisiert und haben drei Murgangschübe im Hauptgerinne ausgelöst, welche sich bis nach Meiringen fortsetzten. Durch die hohe Dichte und Erosionsleistung des Schlammstromes wurden aus dem Lockergesteinsmaterial der Folgestrecken weitere rund  $25000 \text{ m}^3$  Material mobilisiert. Gesamthaft betrug die Menge der verlagerten Feststoffe im Milibach über das ganze Ereignis rund  $40000 \text{ m}^3$ .

Aus dem Ereigniskataster sowie aufgrund von Baugrundaufschlüssen im Überflutungsgebiet kann abgeleitet werden, dass solche Prozesse in den letzten Jahrhunderten wiederholt aufgetreten sind.

### 2.4 Verbauungskonzept

Für die Funktion des Gesamtsystems im Milibach ist es konstitutiv, dass im Bereich

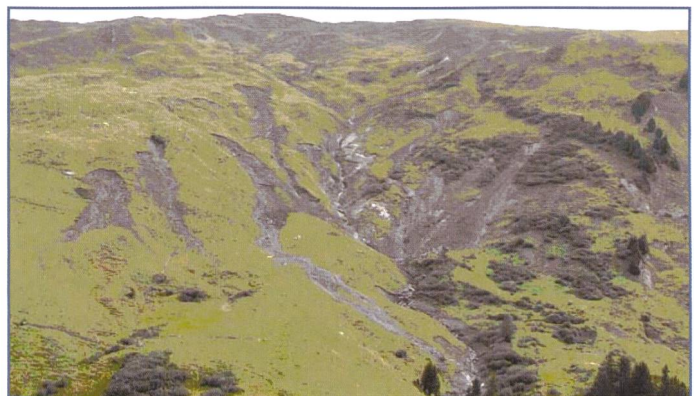
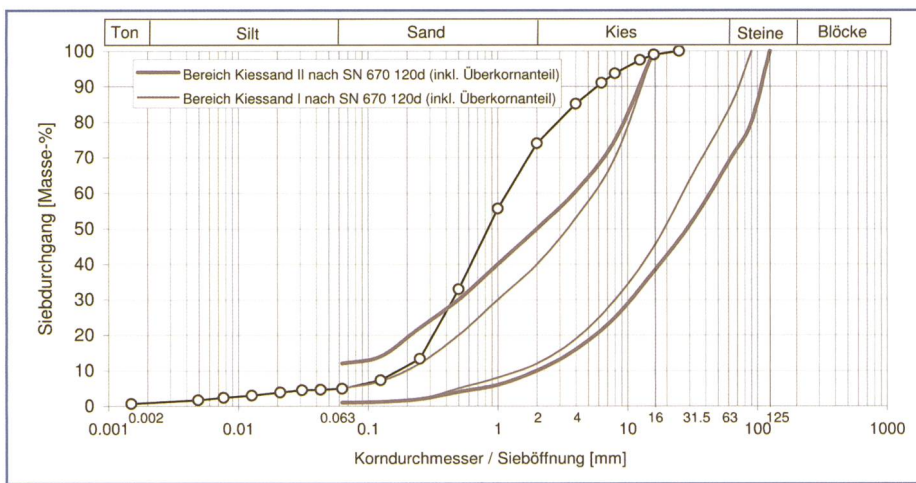


Bild 2. Einzugsgebiet und Gerinne des Milibaches im Gebiet «Gummen».







**Bild 3. Kornverteilung Probe Nr. 1 (exemplarisch), Transgeo AG, Gümligen, 2006.**

Parameter	Bemessungswert	Überlastfall
Gefälle Hauptgerinne	30 %	-
Murgangtyp	Schlammstrom, viskoses Fliesen	-
Gesamtvolumen	10'000 - 15'000 m <sup>3</sup>	-
Schubgrösse	5'000 m <sup>3</sup>	-
Fluiddichte	18 bis 20 kN/m <sup>3</sup>	16 - 22 kN/m <sup>3</sup>
Abflussspitze	60 m <sup>3</sup> /s	100 - 150 m <sup>3</sup> /s
Abflusshöhe	1.5 - 2.0 m	
Geschwindigkeit	6 bis 12 m/s	bis 18 m/s

**Bild 4. Murgangparameter Gummen als Grundlage für die Bemessung.**



**Bild 5. Feldversuch Illgraben, Wallis: 18. Mai 2006, total 15000 m<sup>3</sup> Geschiebe, davon 1000 m<sup>3</sup> zurückgehalten, der Rest überströmte die hinterfüllte Barriere.**

«Gummen» möglichst viel Schiefermaterial zurückgehalten wird. Dadurch wird die gesamthaft mobilisierte Fracht relevant verringert [3].

Ein Verbau der Einhänge ist aufgrund der ungünstigen geologischen Verhältnisse kaum realisierbar. Aufgrund der Höhenlage und der durch die sehr aktiven Hangprozesse ständig unterbrochenen Bodenbildung wurde auch die Möglichkeit einer ingenieurbioologischen Stabilisierung verworfen. In einem konventionellen Geschiebesammler würde das feine Material nur ungenügend abgesetzt und der gesamte Schlammstrom inkl. Wasseranteil müsste zurückgehalten werden.

Aufgrund der steilen Topographie sind die Platzverhältnisse begrenzt, was den Bau eines grossen Rückhaltebeckens erschwert. Aus der Geotechnik des Baugrundes, insbesondere als Folge der äusserst raschen oberflächlichen Verwitterung, resultieren für eine Ortsbetonkonstruktion mit konventionellen Fundamenten zu kurze Nutzungsdauern. Im Rahmen von Expertenkolloquien wurde daher die Idee entwickelt, das ins Gerinne gelangende Material mittels einer Serie von flexiblen Stahlnetzen zurückzuhalten [4].



## 2.5 Murgangkenndaten

Die Kornverteilung des Ausgangsmaterials wie auch des verlagerten Gemisches wurde im geotechnischen Labor untersucht. Sie zeigt sich wie folgt:

Von der Universität Bern wurde im Auftrag der Projektierenden zusätzlich eine Röntgenfluoreszenzanalyse der Tonminerale durchgeführt. Demnach bestehen die Tonminerale aus ca. 80% Illit/Muskovit und aus ca. 20% Chlorit. Das heisst, es handelt sich in erster Linie um schmierende und nicht quellende Tone. Dies weist daraufhin, dass das rheologische Verhalten reproduzierbar ist und primär unabhängig von der Belastungsgeschichte des Tones [10].

Die während des Ereignisses 2005 effektiv aufgetretenen Fliessgeschwindigkeiten konnten aufgrund von Kurvenüberhöhungen recht zuverlässig zu 7 bis 9 m/s bestimmt werden. Diese Grössen, aber auch Fliesshöhen, Abflussspitzen etc. können mit dem Ansatz einer turbulenten newton'schen Flüssigkeit nach Chezy oder Strickler zufriedenstellend abgebildet werden.

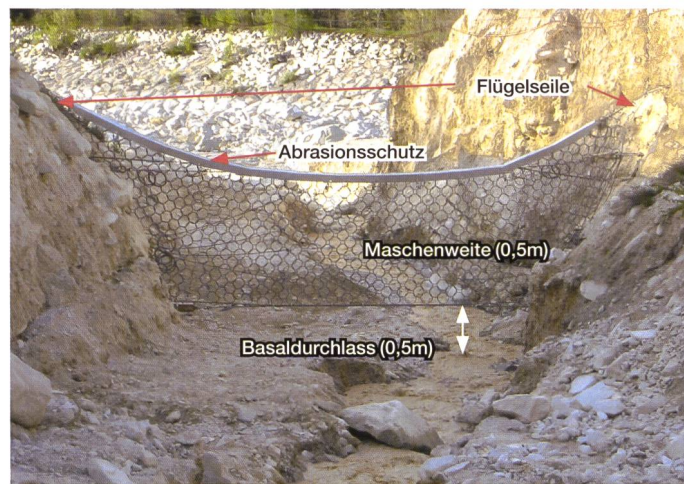
Aus randlichen Ablagerungen im Feld konnte die Grenzschubspannung des Materialgemisches approximativ ermittelt werden. Sie dürfte zwischen 600 und 1100 N/m<sup>2</sup> liegen. Daraus lässt sich folgern, dass es sich um einen eher flüssigen Schlammstrom («Mudflow») handelt, welcher in etwa einen Feststoffanteil von 50% aufweist. Dies korrespondiert gut mit der aus den Fliessgrenzen abgeleiteten Fluidichte von 18 bis 20 kN/m<sup>3</sup>.

Zusammengefasst wurden für die ingenieurtechnische Bemessung im Mili-bach folgende Parameter des Murgangstroms aus Untersuchungen verwendet [4]:

### 3. Stand der Entwicklung von Murgangrückhaltenetzen

Die Fatzer AG Geobrug Schutzsysteme hat basierend auf Erfahrungen mit zunächst «ungewolltem» Murgangrückhalt durch Steinschlagnetze in Nordamerika und Japan begonnen, diese Wirkung systematisch zu untersuchen. Die Firma führt seit 1996 Versuche an einer Testrinne in Oregon (USA) und seit 2005 Feldversuche im Illgraben (Kanton Wallis) durch (Bild 5).

Bisher wurden in Bachgerinnen nur einzelne Netze mit Rückhaltevolumen bis 1000 m<sup>3</sup> angeordnet. Die Feldversuche im Illgraben zeigen aber, dass die Netze durch den ersten Murgangstoss hinterfüllt und anschliessend wie eine Sperre überströmt werden. Für diese Art der Be-



**Bild 6. Dimensionierungsgrössen Maschenweite und Basaldurchlasshöhe. Beachte Flügelseile und Abrasionsschutz.**

lastung müssen die oberen Tragseile mit einem Abrasionsschutz gesichert werden. Zur Verhinderung der seitlichen Erosion sollten ausserdem zusätzlich Flügelseile angebracht werden (Bild 6).

Aus den Versuchen im Illgraben lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Während der Murgangereignisse wurden die Murgangnetze mit Geschiebevolumen bis 20000 m<sup>3</sup> pro Ereignis gefüllt und überströmt, ohne Schaden zu nehmen.
- Vierfach verhängte Ringnetze und Bremsringe (spezielle Bremsselemente) eignen sich für den Murgangverbau.
- Die Flügelseile und der Abrasionsschutz haben sich bewährt
- Das Überströmen dieser Sperren ist möglich und lässt den Einsatz von Mehrstufenlösungen zu.

## 4. Laborversuche der WSL

### 4.1 Fragestellungen

Während das Verhalten von granularen Murgängen beim Auftreffen auf ein Stahlnetz aus den Feldversuchen im Illgraben und andernorts bekannt war, stellt der Rückhalt von flüssigen Schlammströmen ein Novum dar. Zu Beginn der Projektierung stellte sich daher die Grundsatzfrage, ob sich das Fluid durch den Aufprall auf ein durchlässiges Bauwerk stoppen lassen würde und welche Maschenweite gewählt werden sollte. Für vergleichbare Rückhaltesysteme (Schlitzsperrern, Balkensperren) existieren nur wenige empirische Bemessungsformeln, die sich kaum auf andere Beckenformen und Bauwerkstypen transponieren lassen [8].

Im Rahmen der Laborversuche wurde ausserdem die Interaktion zwischen Murgang und Sperre erfasst und die Grösse der Basalöffnung (Bild 6) optimiert.

Die Laborversuche wurden mit au-

tochthonem Material aus dem Bachgerinne durchgeführt, wobei die Grobfraktion wegen der limitierten Breite der Versuchsrinne weggelassen wurde.

### 4.2 Resultate

Ein guter Rückhalt wurde erzielt, falls Maschendurchmesser und Basalöffnungshöhe rund dem d<sub>90</sub> des Geschiebes entsprechen (Bild 7).

Für die Murgangnetze in «Gummen» bedeutet das, dass der Ringdurchmesser rund 0,3–0,5 m betragen sollte und auf ein Sekundärgeflecht verzichtet werden kann. Die Öffnung zwischen dem unteren Tragseil und dem Bachbett selber muss so angeordnet werden, dass kleinere Hochwasser HQ1 bis HQ5 unter dem unteren Tragseil durchgehen, ohne das Murgangnetz zu hinterfüllen. Sie sollte ebenfalls zwischen 0,3 und 0,5 m betragen.



**Bild 7. Labornetz an der WSL gefüllt mit Geschiebe; das verwendete Korngemisch hat einen mittleren Durchmesser, der etliches kleiner ist als die vorhandene Ringgrösse.**



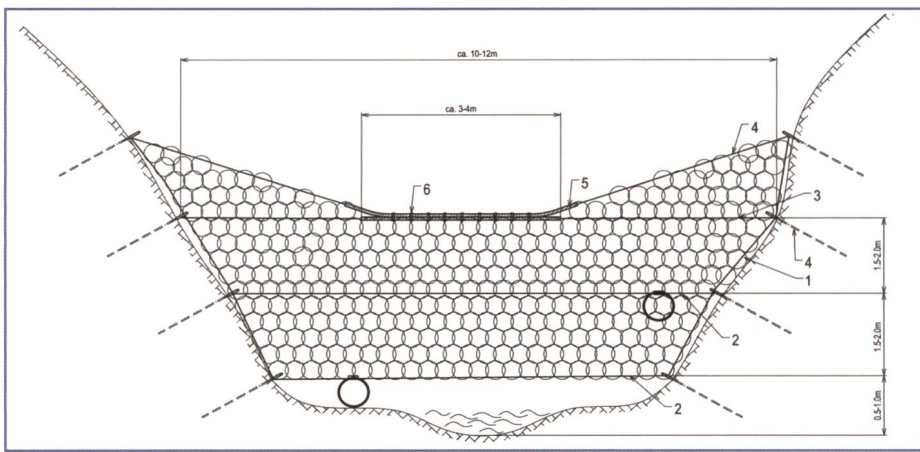


Bild 8. Murgangrückhaltesysteme Typ Geobrugg, System VX ohne Stützen.

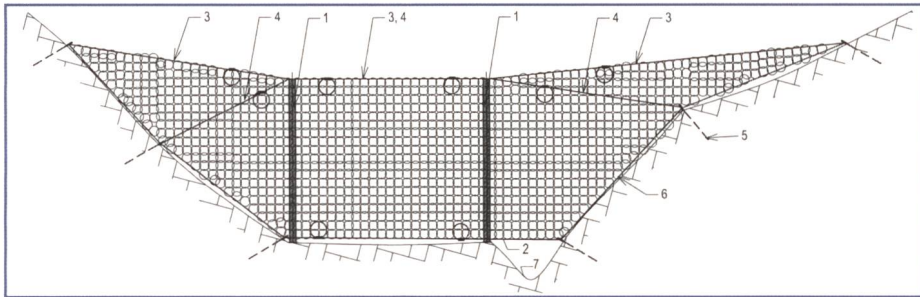


Bild 9. Murgangrückhaltesysteme Typ Geobrugg, System UX mit Stützen.

## 5. Netzanlage «Gummen»

### 5.1 Anlage

Im Einzugsgebiet «Gummen» des Milibaches sind die auftretenden Schlammströme zurückzuhalten. Dazu werden im Bachbett auf einer Axenlänge von rund 500 m total 13 schwere Ringnetze der Typen Geobrugg UX und VX (Bild 8 und 9) von bis zu 7 m Höhe seriell angeordnet. Die exakten Standorte wurden im Feld evaluiert. Das Retentionsvolumen variiert pro Netz zwischen 500 und 1500 m<sup>3</sup>. Die Netze weisen einen offenen Basaldurchlass auf, der das Geschiebe häufiger Hochwasserereignisse (HQ1–5) durchlässt.

Das oberstromseitig erste Netz ist so konzipiert, dass es beim Auftreten eines Murgangs primär der Energieumwandlung dient. Dieses Netz wird ggf. zerstört und anschliessend überströmt. Die weiteren Netze springen kaskadenförmig an. Hinterfüllte Netze werden von nachfolgenden Ereignissen überströmt und wirken wie eine Sperre.

Die gesamte Netzanlage im Milibach soll bei einem Grossereignis rund 10 000 m<sup>3</sup> Feststoffe zurückhalten.

### 5.2 Lastfälle und Dimensionierung

Bezüglich der Bemessung des Tragsystems auf Murgangaufprall im Vergleich zu Steinschlageinwirkungen sind wesentliche Unterschiede zu beachten:

- Es handelt sich um Flächenlasten

- Die Bremszeit ist um ein Mehrfaches länger
  - Der realisierte Bremsweg (Auslenkung) ist für Murgänge kürzer
  - Oft kommen Murgänge in mehreren Wellen, nicht als Einzeleinschlag
- Murgangeinwirkungen dürfen also nicht direkt mit Steinschlageinwirkungen verglichen werden.

Die vom System aufzunehmenden Kräfte werden aufgrund des maximalen Spitzendurchflusses sowie der maximalen Frontgeschwindigkeit sowie der Interaktion Murgang-Netzsperrung bestimmt. In diesem Fall spielt die effektiv realisierte Auslenkung eine grosse Rolle. Die Bemessung der Murgangnetze für die relevanten Lastfälle wurde mit der FE-Software FARO («Falling Rocks») durchgeführt. Diese

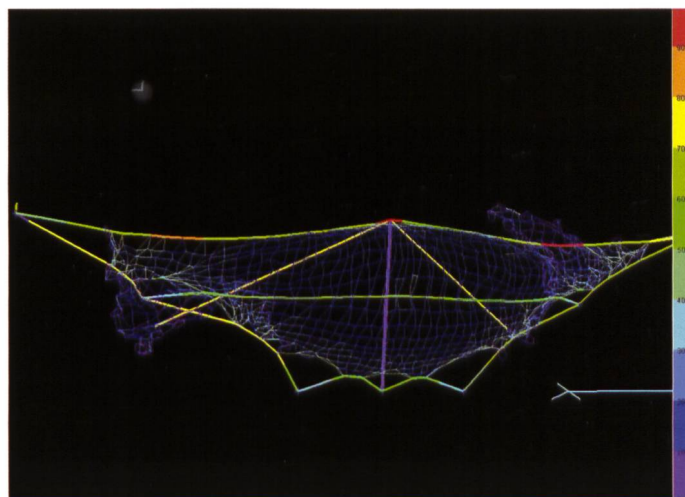


Bild 10. Berechnung Murgangnetze mit der Software «FARO».

wurde von der ETH Zürich (Dr. Volkwein) in Zusammenarbeit mit der WSL implementiert und mit Illgraben-Ergebnissen validiert (Bild 10).

Aufgrund der Höhenlage des Rückhaltesystems und dessen Exposition hinsichtlich Lawinen mussten diese Einwirkungen ebenfalls berücksichtigt werden. Es wurden dazu die Lastfälle Lawine (Staub- und Fliesslawine) sowie Schneegleiten in die Dimensionierung einbezogen.

### 5.3 Fundationen

Die Tragseile der Stahlnetz-Barrieren werden mit Selbstbohrankergruppen fixiert. Diese können mit einfachen, aufsetzbaren Bohrlafetten versetzt werden.

Die Kraftaufnahme variiert im anstehenden Baugrund stark. Für den Verwitterungsschutz kann mit Mantelreibungen von 100 bis 150 kN/m<sup>2</sup> gerechnet werden. Der effektive äussere Tragwiderstand ist mit Ausziehversuchen zu überprüfen. Die effektive Länge der Anker muss lokal dem Baugrund angepasst werden können. Lokale Erosionen im Ankerbereich müssen durch ein flexibles, nachstellbares Ankerkopfsystem kompensierbar sein.

Der Korrosionsschutz wird durch eine durchgehende Mörtelummantelung sichergestellt. Es ist auf eine genügende Einbindung und eine vollständige Hinterfüllung des Bohrlochringraumes zu achten.

### 5.4 Überlastfall

#### 5.4.1 a) Überschreitung des Retentionsvolumens

Aus topographischen Gründen ist das realisierbare und noch wirtschaftliche Retentionsvolumen in «Gummen» auf rund 10 000 m<sup>3</sup> limitiert. Diese Grösse liegt sehr nahe bei der im Grossereignis 2005 mobilisierten Fracht von 13 000 m<sup>3</sup>. Trotzdem kann die Anlage volumenmässig überlas-



tet werden. In diesem Fall werden alle Netze überströmt. Das Überströmen stellt einen Dimensionierungslastfall dar und führt nicht zum Versagen der Anlage.

#### 5.4.2 b) Ausbruch des Schlammstroms aus dem Gerinne infolge Aufstau

Dieses Szenario kann aufgrund der Topographie ausgeschlossen werden.

#### 5.4.3 c) Versagen von Einzelnetzen

Ein Versagen einer einzelnen Barriere ist z.B. durch fortgeschrittene Unterkolkung oder bei mangelndem Unterhalt möglich. Dadurch wird das Gesamtretensionsvolumen der Anlage verringert. Die unterstrom folgenden Sperren sind nach wie vor voll wirksam.

#### 5.4.4 d) Erhöhte Geschwindigkeit oder Spitzenabfluss

Die massgebenden Einwirkungen konnten im Rahmen der Untersuchungen zuverlässig abgeschätzt werden. Sollten trotzdem noch weit höhere Belastungen auftreten, können die ersten Netze versagen, aber dadurch so viel Energie aufnehmen, dass die Funktion der übrigen Netze sichergestellt ist.

### 5.5 Wartung und Unterhalt

Eine Leerung der Netze ist nach Grosseignissen ca. alle 10 bis 30 Jahre zu erwarten. Dazu werden die Netze abgelegt, mit Schreitbagger und Kleindumpfern geleert und instand gesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass die Erschliessung der Rückhalteräume durch das Hauptgerinne erfolgen kann.

Für den Unterhalt der Anlagen und des Gerinnes werden prospektiv die folgenden Wartungsintervalle und -arbeiten angesetzt:

### 5.6 Kosten

Die Kosten für das Verbaunungssystem können aus langjährigen Erfahrungen

aus dem Steinschlagverbau zuverlässig ermittelt werden. Unsicherheiten bestehen aufgrund der erst kurzen Testserien bezüglich der Abschreibedauern (Dauerhaftigkeit).

Die Erstellungskosten der 13 Netze im Milibach betragen ca. CHF 2,2 Mio. Bei einem Murgangereignis, mit welchem alle 10 bis 30 Jahre gerechnet wird, fallen Wartungskosten für die Leerung, Deponie, Ersatz von Bremsen und allfälliger Ersatz von defekten Netzen und Kabeln an. Es wird mit Jahreskosten von weiteren CHF 30 000.– gerechnet.

### 6. Fazit und Ausblick

Stahlnetze sind flexibel einsetzbare Rückhaltesysteme, welche sich ausser für den Schwemholzrückhalt auch für Murgänge eignen; für Schlammströme ebenso wie für granulare Abflüsse. Ein unbestreitbarer Vorteil liegt in der einfachen Fundation auch im schwierigen Untergrund. Sie eignen sich für die Geschiebewartung. Mit einer Öffnungsgrösse von ca.  $d_{90}$  des Korngemisches konnten im Laborversuch selbst Schlammströme zurückgehalten werden.

Die Erfahrungen bezüglich des Langzeitverhaltens und der effektiven Unterhaltskosten fehlen noch. Die einfache Installation kann dazu verleiten, an schlecht zugänglichen Orten Rückhaltebauwerke zu errichten, was den Unterhalt verteuert.

Eine serielle Anordnung mehrerer Netze wurde bisher in der Schweiz nicht realisiert, scheint aber aufgrund der Vorversuche und Berechnungen keine Probleme zu bereiten. Die Anlage im Oberhasli wird eine Fülle wertvoller Erfahrungen ermöglichen. Die Einsatzmöglichkeiten von Stahlnetzen im Wasserbau sind noch nicht ausgeschöpft.

#### Literatur

[1] Bayerisches Landesamt für Wasserwirt-

schaft, 1997: Hinweise zur Bemessung und Konstruktion von Netzen in der Wildbachverbauung, Merkblatt des LfW, München Oktober 1997.

[2] Technische Universität München/Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft/Regional Fernsehen Rosenheim, 2002: Seilnetzkonstruktionen zum Schwemholzrückhalt in Wildbächen, Video VHS.

[3] Herzog Ingenieure ETH/SIA, Büro für Ingenieurgeologie BIG, 2006: Wasserbauplan Milibach und Alpbach, Projektunterlagen.

[4] Herzog Ingenieure ETH/SIA, 2006: Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse LLE Hasliberg/Meiringen.

[5] Wendeler, C., Volkwein, A. 2006: Laborversuche Murgangrückhalt. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Vortrag anlässlich des Herbstkurses FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz vom 21./22. September 2006 in Meiringen.

[6] Roth, A., Gröner E., 2006: Murgangrückhaltesysteme Typ Geobrugg, Erfahrungen, Feldversuche, Bemessung im Projekt «Gummen». Geobrugg Schutzsysteme, Romanshorn. Vortrag anlässlich des Herbstkurses FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz vom 21./22. September 2006 in Meiringen.

[7] Wenger, M., 2006: Zielsetzung, geologische Disposition, Schutzkonzept. B-I-G Büro für Ingenieurgeologie, Gümligen. Vortrag anlässlich des Herbstkurses FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz vom 21./22. September 2006 in Meiringen.

[8] Roth, M., 2001: Konzepte des Geschieberückhaltes. «Wasser, Energie, Luft», Heft 9/10, 2001.

[9] Fatzer AG, Geobrugg Schutzsysteme: 2004: VX/UX Schutzsysteme gegen Murgänge [10] Schatzmann M, Basler+Hofmann AG, 2006: Milibach Meiringen, Gutachten zum Murgangrückhalt Louwenenbach, in: LLE Meiringen Hasliberg, Herzog Ingenieure ETH/SIA, April 2006.

#### Anschrift der Verfasser

Dr. Judith Monney, Herzog Ingenieure ETH/SIA, Worbstrasse 164, CH-3073 Gümligen  
monney@herzog-ingenieure.ch

Beatrice Herzog, Herzog Ingenieure ETH/SIA, Promenade 75, CH-7270 Davos-Platz  
herzog@herzog-ingenieure.ch

Dr. Marc Wenger, B-I-G Büro für Ingenieurgeologie AG, Dorfstrasse 10, CH-3073 Gümligen  
marc.wenger@b-i-g.ch

Andrea Roth, Fatzer AG Geobrugg Schutzsysteme, CH-8590 Romanshorn  
andrea.roth@geobrugg.com

Corinna Wendeler, Swiss Federal Research Institute for Forest Snow and Landscape WSL, CH-8903 Birmensdorf, wendeler@wsl.ch.

Intervall	Erwartete Ereignisse	Unterhaltsarbeiten
2 x jährlich (Frühjahr und Herbst)	- lokale Verklausung Basisdurchlass - lokaler seitlicher Geschiebeeintrag	- Begehung und Kontrolle Gerinne - Händische Entleerung lokaler Verklausungen - visuelle Kontrolle Netze und Bremsen
≥ 10 jährlich	- Murgangereignis mit $\leq 5'000 \text{ m}^3$	- Lokale Netzentleerung durch Bacherosion - ev. Bau Maschinenweg zu Deponie - ev. maschinelle Netzeräumung und Deponie - Instandstellung Netze
10 - 15 jährlich	- Lawineneinwirkung auf Netz	- Ersatz Bremsen
30 - 100 jährlich	- Murgangereignis mit $\geq 10'000 \text{ m}^3$	- Bau Maschinenwege zu Deponie - Maschinelle Netzeräumung und Deponie - Instandstellung Netze

Bild 11. Wartungs- und Unterhaltsarbeiten.



# HYDRO **Care** GmbH

Beratungs- und Ingenieurbüro für Wasserkraftwerke

Beratung, Planung, Montage- und Inbetriebnahmeüberwachung von schlüsselfertigen Kleinwasserkraftwerken. (Pelton, Kaplan und Francis) bezüglich gesamtem elektro- mechanischem Bereich inkl. Leittechnik und Fernwirkssysteme. Revitalisierungen, Modernisierungen und Neuanlagen. Trink-, Oberflächen- und Abwasserkraftwerke.

**Werner Berchtold**

**T** 079 750 12 54

**M** werner.berchtold@hydro-care.ch

**W** www.hydro-care.ch

8542 Wiesendangen

**F** 052 337 37 35

**W** www.hydro-care.ch



## Für Informationsfluss in geordneten Bahnen.

buag-Kommunikations-Full-Service

Für die Konzeption und Realisation von Dokumentationen, Publikationen, Berichten und Broschüren steht Ihnen ein Team von Fachleuten mit einer nahtlosen Netzwerkstruktur zur Verfügung, die sich flexibel auf Umfang und Art Ihres Informationsprojektes einstellen können. Sie halten so Ihren Informationsfluss, aber auch Ihre Budgets in geordneten Bahnen. Informieren Sie sich unter [www.buag.ch](http://www.buag.ch) und verlangen Sie die Broschüre «Die Kommunikation der Information» oder rufen Sie einfach Tel. 056 484 54 54 an.



## UNTERHALT VON STAUANLAGEN

Stauseevermessungen

Enschlammung von Staubecken

Kontrolle von Rechen, Schiebern, Grundablässen,  
Druckleitungen

Spezialarbeiten

**Hydro Maintenance Service**

c/o FMB Engineering AG  
Grienbachstrasse 39, 6340 Baar  
Telefon 041 761 68 38

[info@hmservice.ch](mailto:info@hmservice.ch)  
[www.hmservice.ch](http://www.hmservice.ch)

