

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 100 (2008)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Schwemmholz-, Geschiebe- und Murgangrückhalt mit flexiblen Ringnetzsperrern  
**Autor:** Denk, M. / Rimböck, A. / Wendeler, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939722>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.01.2026

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

# Schwemmholz-, Geschiebe- und Murgangrückhalt mit flexiblen Ringnetzsperrn

M. Denk, A. Rimböck, C. Wendeler

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren wurden vermehrt Starkregenereignisse im Alpenraum beobachtet. Bei den dabei auftretenden Hochwassern werden meist auch grössere Mengen Schwemmholz und Geschiebe in den Fließgewässern mittransportiert. Das mitgeführte Material kann zu Verkläunungen und Beschädigungen entlang des Gerinnes führen. Murgänge stellen ebenfalls eine ernstzunehmende Gefahr für Infrastruktur entlang der Gerinne dar.

Eine Alternative oder Ergänzung zu konventionellen starren Bauwerken zum Schwemmholz-, Geschiebe- sowie Murgangrückhalt sind flexible Ringnetze aus hochfestem Stahldraht. Die Vorteile liegen in der einfachen, zügigen und somit wirtschaftlichen Bauweise, sowie einer problemlosen Instandsetzung (Austausch der Netze). Im vorliegenden Artikel werden Forschungsergebnisse aus Labor- und Feldtests, Bemessungsansätze sowie Konstruktionsbeispiele vorgestellt.

## 2. Definitionen und Abgrenzungen

- Im Wasserbau werden in der Strömung transportierte Feststoffe, die sich gleitend, rollend oder springend auf der Gewässersohle bewegen, als Geschiebe bezeichnet (Wikipedia, 2007).
- Als Schwemmholz werden im Allgemeinen Frisch- oder Totholz, welches aus den Einzugsgebieten der Bäche bei Hochwasser mitgeführt wird, bezeichnet. Je nach Einzugsgebiet, Unterhalt und Hochwassermenge überwiegt der Frisch- oder Totholzanteil (Rickli et al., 2006).
- Ein Murgang ist ein schnell fließendes Gemisch aus Geröll, Holz und Wasser mit einem hohen Feststoffanteil. Dabei können Steine und Blöcke sogar auf der Wasseroberfläche schwimmend mittransportiert werden, was einen Murgang vom Geschiebetransport

unterscheidet. Ein Murgang zeichnet sich durch hohe Geschwindigkeiten, und bei Auftreffen auf ein Objekt, hohen Aufprallkräften aus, weshalb Murgänge ein grosses Zerstörungspotenzial aufweisen können (WSL, 2006).

Die Abgrenzung zwischen Schwemmholz/ Geschiebetransport und Murgängen ist nicht immer eindeutig. Abgrenzungskriterien sind hauptsächlich der Feststoffanteil und damit die Dichte, welche bei Murgängen im Allgemeinen höher liegt.

Im Bezug auf die Einwirkung auf eine flexible Ringnetzsperr kann eine Unterscheidung zwischen hydrostatisch (reines Wasser mit Schwemmholz), statisch (reines Geschiebe) sowie dynamisch (Murstöße) gemacht werden.

Labor- sowie 1:1-Feldversuche haben gezeigt, dass die massgebenden Einwirkungen auf flexible Schwemmholz- und Geschiebesperren hauptsächlich statischer Natur sind. Der dynamische Aufprall von einzelnen Baustämmen oder dem entlang der Bachsohle mitgeführten Geschiebe sind für die Bemessung und die Standsicherheit der Konstruktion in der Regel nicht entscheidend (Rimböck, 2003). Bei Murgangbarrieren aus flexiblen Ringnetzen hingegen ist hauptsächlich der dynamische Stoss der ersten Murgangwelle bis zur Auffüllung des Netzes massgebend für die Bemessung (Denk et al., 2008, Wendeler et al., 2007).

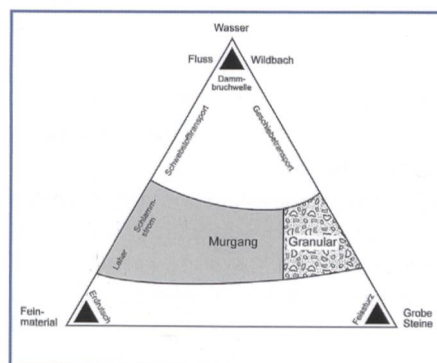
**Bild 2. Beispiel flexible Ringnetzsperr mit Stützen in Churwalden CH (Quelle Geobrugg).**



## 3. Bemessung von flexiblen Ringnetzsperrn auf Geschiebe- und Schwemmholzlasten

### 3.1 Anwendungsbereich

Flexible Ringnetzsperrn aus hochfestem Stahldraht zum Schwemmholz- und Geschieberückhalt kommen vorzugsweise in Wildbächen zum Einsatz, um das anfallende Material schon kurz nach Eintrag ins Gerinne zurückzuhalten. Die Netze sind an Seilen befestigt, welche das gesamte Gerinne überspannen und an in den Flanken versetzten Ankern befestigt sind. Standardspannweiten für Bauwerke



**Bild 1. Ereignistypen und ihre Einwirkung auf eine flexible Ringnetzbarriere.**

ohne Zwischenstützen betragen 5–15 m. Unter Einbezug von Stützen sind grössere Spannweiten möglich. Die Netze sind üblicherweise zwischen 3 und 6 m hoch, wobei meist die Bemessungshöhe  $h_B$  (siehe Abschnitt 3.3) der massgebende Faktor für die Bauhöhe ist. Die Ringnetzbarrieren werden, wie andere Rückhaltebauwerke auch, idealerweise an einer eher geraden, breiten und flachen Stelle des Gerinnes eingebaut, wo die Geschwindigkeit des Wassers abnimmt und das mögliche Rückhaltevolumen maximiert werden kann. Unterhalb des Netzes ist ein Basisdurchlass zwischen 0.2 m und 1.0 m Höhe so zu wählen, dass das Netz bei Normalabfluss nicht vorzeitig gefüllt wird, bei Hochwasser aber die Holzstücke zurückgehalten werden. Ein Einsatz von flexiblen Ringnetzen als Tauchwände ist ebenfalls denkbar. Schon zur Anwendung gekommen sind Ringnetze in Kombination mit Rechensperren. Weitere für die Bemessung relevante Randbedingungen sind bei (Rimböck, 2003) gegeben.

### 3.2 Feld- und Labortests

Die Bemessung von flexiblen Ringnetzen für Geschiebe und Schwemmholz basiert auf ausführlichen Modell- und 1:1 Feldversuchen an der TU München (Rimböck, 2002).

### 3.3 Aufstau beim Schwemmholzurückhalt, Einflussfaktoren, Bestimmung der Bemessungshöhe $h_B$

Bild 3 zeigt beispielhaft den Vorgang eines sich auffüllenden Netzes zum Schwemmholzurückhalt im Labor sowie einen 1:1 Feldversuch mit instrumentierter Ring-

netzbarriere bei Füssen (Deutschland). Der Rückhalteprozess beginnt entweder durch Verkeilung eines Holzstückes zwischen der Bachsohle und dem unteren Tragseil oder wenn der Wasserspiegel die Unterkante der Netzsperr übersteigt. Dann trifft das schwimmende Holz direkt auf das Netz und wird von der Strömungskraft an das Netz gedrückt.

Der Laborversuch zeigt, dass sich nach Verhaken des ersten Holzes unten im Netz der Holzverhau vorwiegend vertikal von der Bachsohle nach oben entwickelt (Bild 3a und 3b). Danach vergrössert sich der Holzverhau weiterhin stark in vertikaler Richtung nach oben, beginnt aber auch horizontal vom Netz in Richtung oberstrom anzuwachsen (Bild 3c). Nach und nach entsteht ein mehr oder weniger schwimmender Holzteppich (Bild 3d).

Das zurückgehaltene Holz stellt für die Strömung einen Widerstand dar und es entsteht ein Aufstau. Für die Netzbelastung und damit die geometrische Bemessung des Netzes stellt der Aufstau  $h_B$  die massgebende Grösse (= Bemessungshöhe) dar.

Bild 4 zeigt eine Schemaskizze einer Ringnetzsperr für den Schwemmholzurückhalt mit den entsprechenden Begriffen und Grössen. Die wesentlichen Einflussgrössen für den Aufstau sind die Holzart bzw. die Holzzusammensetzung, der Abfluss, die Holzmenge und das Sohlgefälle. In weniger starkem Mass beeinflussen die Sohlenrauheit sowie die Uferneigung den Aufstau. Aus all diesen Faktoren kann die Bemessungshöhe  $h_B$  bestimmt werden (Rimböck, 2003). Diese Grösse ist von entscheidender Bedeutung, da ein Überströmen von Schwemmholz über die

Netze (bei genügender Mindesthöhe) aufgrund der Verkeilung des Holzverhau nahezu unmöglich ist.

Einen Eindruck vom Einfluss der wichtigsten Eingangsparameter auf die Bemessungshöhe  $h_B$  für Schwemmholz gibt Bild 5. Insbesondere Veränderungen in der Bachbreite an der Sperrenstelle sowie des Abflusses zeigen grosse Auswirkungen auf die erforderliche Bauhöhe.

### 3.4 Einfluss des Geschiebes

Das mitgeführte Geschiebe kann die Basisbemessungshöhe  $h_B$  beeinflussen. Bei Rückhalt einer bestimmten Holzmenge tritt bis zu einer Geschiebemenge  $V_{G,1}$  keine Auswirkung auf die Verkeilung auf (Fall a). Der Rückhalt einer Geschiebemenge  $V_{G,1} < V_G < V_{G,2}$  bewirkt eine Verdichtung des Holzverhau und damit einen höheren Aufstau und höhere Netzbelastung (Fall b). Bei einer Geschiebemenge  $V_G > V_{G,2}$  dominiert das Geschiebe und das Holz spielt für die Bemessung keine Rolle mehr (Fall c). Die Bestimmung der Grenzgesechiebemengen kann nach (Rimböck, 2003) erfolgen.

### 3.5 Konstruktive Durchbildung der Ringnetzsperr

Die bei der 1:1 Feldversuchen gemessenen Kräfte in den Tragseilen zeigen, dass bei Schwemmholz- und Geschiebebelastungen auf Ringnetzsperrn die statischen Lasten massgebend sind.

Die aus der Bemessungshöhe  $h_B$  ermittelte Gesamtbelastung wird für die Fälle a) und b) (Schwemmholz massgebend) unter Ansatz des Stützkraftansatzes berechnet, welche die hydrostatischen Lasten, welche von ober- und unterstrom auf

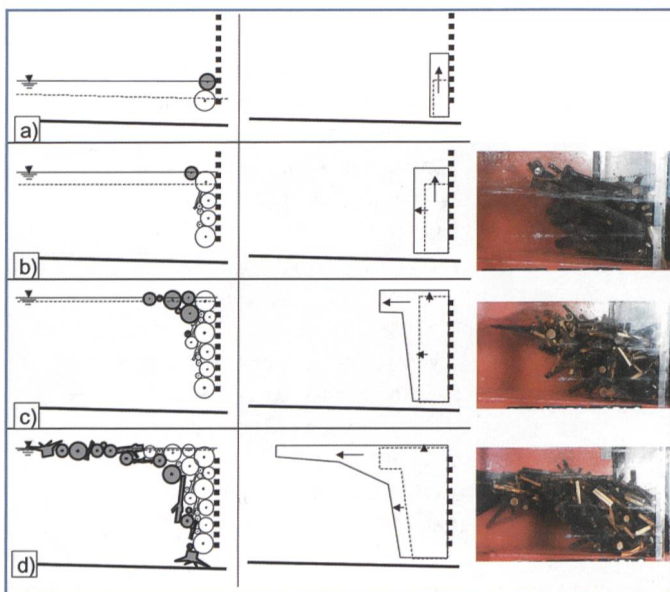
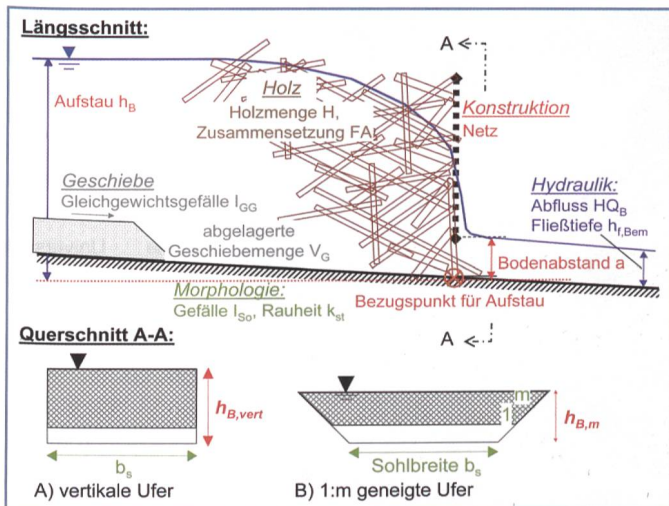
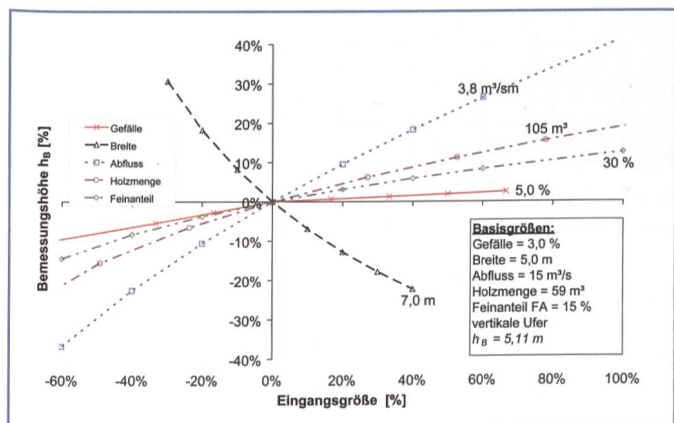


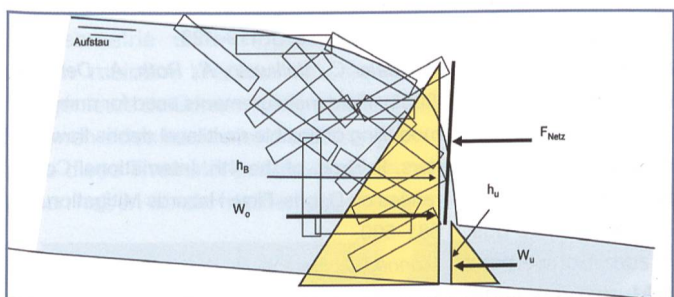
Bild 3. Labor- und Feldtest der TU München mit schematischem Auffüllprozess (Beispiel), 3a und b) Vertikale Entwicklung des Holzverhau, 3c) Beginn horizontale Entwicklung des Holzverhau, 3d) Ausgebildeter schwimmender Holzteppich.



**Bild 4. Schemaskizze Schwemmholzurückhalt mit Ringnetzsperrern, Begriffe und Grössen.**



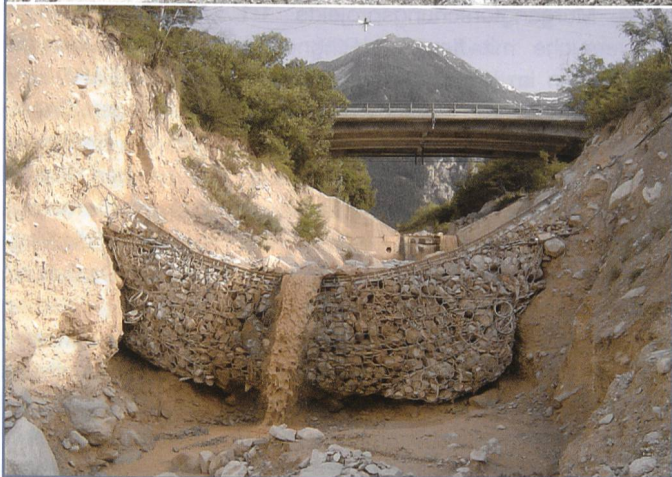
**Bild 5. Einfluss der wichtigsten Eingangsparameter auf die Netzbemessung.**



**Bild 6. Schematische Darstellung des Stützkraftansatzes.**



**Bild 7. Beispiel von installierter Ringnetzsperrung zum Schwemmholzurückhalt in Österreich.**



**Bild 8. Testbarriere Illgraben 2006 leer (oben) und gefüllt (unten).**

die Sperre wirken, berücksichtigt. Dabei werden die effektiv wirkenden Kräfte bei diesem Ansatz um ca. 25% gegenüber den Messungen im Feldversuch überschätzt, was auf Lastabtragungen in die Gewässersohle und Ufer zurückzuführen ist. **Bild 6** zeigt eine schematische Darstellung des Stützkraftansatzes, wobei mit  $h_i$  die Höhen der Wassersäulen oben und unten sowie mit  $W_i$  die entsprechenden statischen Ersatzkräfte für den hydrostatischen Wasserdruck bezeichnet sind.  $F_{\text{Netz}}$  schliesslich bezeichnet diejenige Kraft, welche durch das Netz und die Seile auf die Anker in den Flanken abgetragen werden muss.

Bei überwiegender Belastung

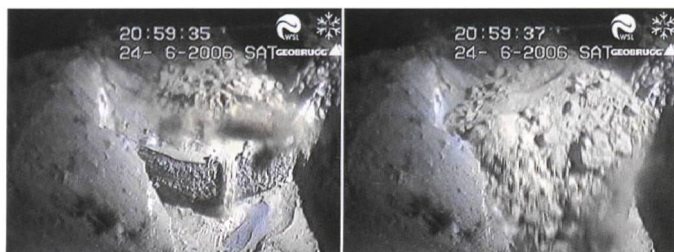
durch Geschiebe (Fall c) ist der Ansatz des aktiven Erddruckes unter Annahme der Feuchtwichte des Materials massgebend. Der aktive Erddruck beträgt dabei typischerweise etwa 60% des hydrostatischen Wasserdrucks.

Die entsprechende Gesamtbelastung wird auf die einzelnen Tragseile und auch das Netz verteilt, wobei für alle Komponenten die entsprechenden Sicherheiten auf Widerstandsseite berücksichtigt werden müssen (Rimböck, 2006). Von besonderer Bedeutung ist dabei das unterste Tragseil, da es sehr grosse Lasten aufnehmen muss und bei Versagen zu einer Unterströmung führen könnte.

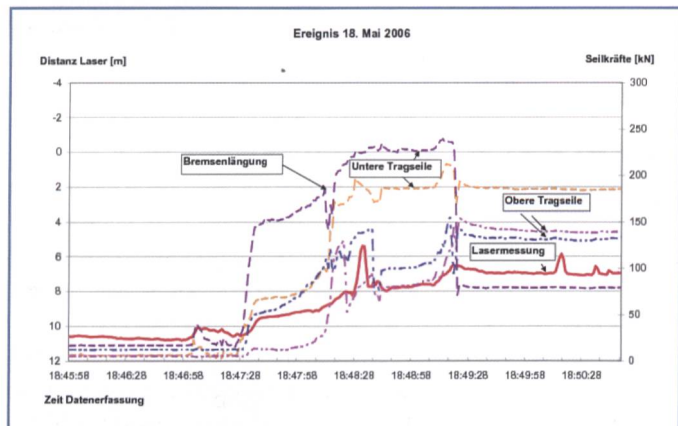
Wichtig ist auch eine ausreichende Sicherung der Gewässersohle gegen Auskolkung unterhalb der Sperre, da die vertikalen Strömungen beim Rückhalt enorme Eintiefungen verursachen können.

#### 4. Bemessung von flexiblen Ringnetzsperrern auf Murganglasten

Die Bemessung von flexiblen Ringnetzen aus hochfestem Stahldraht zum Murgangrückhalt basiert auf Labor- und Feldversuchen, welche in Zusammenarbeit mit der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL durchgeführt wurden (Denk et al., 2008).



**Bild 9. Testbarriere Illgraben 2006: Murgangfront (links), Überschäumen der Sperre (rechts).**



**Bild 10. Gemessene Seilkräfte beim Füllvorgang 2006 (Wendeler et al., 2007).**



**Bild 11. Mehrstufige Verbauung Merden-sen, Schweiz.**

#### 4.1 Feldversuche

Seit dem Jahr 2005 wurde im Rahmen eines Murgangforschungsprojekts 1:1 Feldversuche mit flexiblen Ringnetzen im Illgraben im Wallis (Schweiz) durchgeführt. In diesem Gerinne werden jährlich sechs bis acht grosse Murgänge mit jeweils mehreren 10 000 m<sup>3</sup> Murgangmaterial beobachtet. Nahe der Mündung des Illgrabens in die Rhone wurde dabei jedes Jahr eine instrumentierte Ringnetz-sperre von ca. 15 m Breite und 4 m Höhe zu Testzwecken montiert. Während der Murgangsaison, welche von Mai bis September dauert, wurde das Netz jeweils gefüllt und jährlich von insgesamt 200 000 m<sup>3</sup> Murgangmaterial überströmt.

Dabei konnten die momentane Dichte des Murgangs, die Geschwindigkeit, die Füllstandshöhe sowie die Kräfte in den Tragsseilen gemessen werden.

Die Tatsache, dass die Testbarriere beim Überfließen des Murgangmaterials keinen Schaden genommen hat bietet die Voraussetzung dafür, dass man mehrere Murgangbarrieren hintereinander gestaffelt in einem Gerinne einbauen kann, um somit das Rückhaltevolumen zu erhöhen.

Die Feldversuche haben ausserdem gezeigt, dass für die Bemessung relevanten Lasten beim Füllvorgang in Form eines dynamischen Aufpralls der Murgangfront auf die Barriere auftreten. Die beim Überfließen gemessenen Kräfte sind kleiner, obwohl das obere Tragsseil auch während

des Überfließens hohe Kräfte aufnehmen muss. Die bei den Versuchen gemessenen Parameter sowie Vergleichsversuche im Labor erlauben die Kalibrierung des FE-Modells FARO für verschiedene Arten von Murgängen. Dabei wird in Betracht gezogen, die statischen Lasten mit einem dynamischen Überhöhungsfaktor zu versehen, um die massgebenden dynamischen Lasten auf die Ringnetz-sperre abbilden zu können (Denk et al., 2008).

#### 5. Zusammenfassung

Mittels Modellversuchen und 1:1 Feldversuchen wurden flexible Ringnetze aus hochfestem Stahldraht zum Schwemmholt-, Geschiebe- und Murgangrückhalt getestet. Die Resultate erlauben die Bemessung solcher Ringnetz-sperren auf die verschiedenen Lastfälle. Während bei Schwemmholt und Geschiebe die auftretenden Lasten mit hydrostatischen und statischen Ansätzen abgedeckt werden können, bedarf es bei den Murganglasten zusätzlich einer Betrachtung des dynamischen Aufpralls der Murgangfront.

#### Referenzen

- Rickli, C. und Bucher, H.U., (2006): Einfluss ufernaher Bestockungen auf das Schwemmholtvorkommen in Wildbächen. Projektbericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Eidg. Forschungsanstalt WSL. 94 S.
- Rimböck, A. (2002): Seilnetz-sperren zum Schwemmholt-rückhalt – Planung, Durch-

führung und Ergebnisse der Naturversuche, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Nr. 93, S. 31–90.

Rimböck, A. (2003): Schwemmholt-rückhalt in Wildbächen – Grundlagen zu Planung und Berechnung von Seilnetz-sperren, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Nr. 94.

Rimböck, A. (2006): Seilnetz-sperren zum Schwemmholt-rückhalt – Anwendungs-

bereich und Bemessungskonzept; Wasser Energie Luft, 98. Jahrgang 2006, Heft 3, Seiten 214–218.

Denk, M., Roth, A., Wendeler C. und Volkwein, A. (2008): 1:1 Feldversuche für flexible Schutz-netze gegen Murgang – Versuche, Bemessung, Anwendungen. Tagungshandbuch Technische Akademie Esslingen, 6. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, S. 419–423.

Wendeler C., Volkwein, A., Roth, A., Denk, M. (2007): Field measurements used for numerical modelling of flexible multilevel debris flow barriers. In Proc. of the 4th. International Conferences on Debris-Flow Hazards Mitigation, pp. 681–690.

Monney, J., Herzog, B., Wenger, M., Wendeler, C., Roth, A.: Einsatz von flexiblen Stahlbarrieren als Murgangrückhalt. Wasser Energie Luft, 99. Jahrgang 2007, Heft 3, Seiten 255–259.

#### Anschrift der Verfasser

Dipl. Ing. Matthias Denk  
Geobrugg AG Schutzsysteme  
Hofstr. 55, CH-8590 Romanshorn  
matthias.denk@geobrugg.com

Dr.-Ing. Andreas Rimböck  
Wasserwirtschaftsamt Weilheim  
Pütrichstrasse 15, D-82362 Weilheim  
andreas.rimboeck@wwa-wm.bayern.de

Corinna Wendeler  
Eidgenössische Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf  
corinna.wendeler@wsl.ch