Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 93 (2001)
Heft: 1-2

Artikel: Murgang-Beobachtungsstationen in der Schweiz
Autor: Rickenmann, Dieter / Hürlimann, Marcel / Graf, Christoph
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939854

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: 03.07.2025

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

Murgang-Beobachtungsstationen in der Schweiz

Dieter Rickenmann, Marcel Hürlimann, Christoph Graf, Daniel Näf, Daniel Weber

Der Prozess Murgang wird in der Schweiz erst seit jüngerer Zeit wissenschaftlich eingehend untersucht. Ausgangspunkt dazu bildeten die Unwetter 1987, welche die Bedeutung dieses gefährlichen Prozesses deutlich vor Augen führten. Seither wurden in der Schweiz verschiedene Projekte zur genaueren Erfassung der auslösenden Faktoren und des Ablaufes dieses Prozesses durchgeführt. Beobachtungen und Messungen an ablaufenden Murgängen sind unabdingbare Voraussetzung, um genauere Kenntnisse für das Prozessverständnis zu erhalten. Diese Kenntnisse bilden ihrererseits wiederum die Grundlage für die Gefahrenbeurteilung von Murgängen und für die Planung von Schutzmassnahmen. Die jüngsten Unwetterereignisse vom Herbst 2000 im Kanton Wallis zeigten einmal mehr, dass Murgänge ein grosses Schadenpotenzial aufweisen.

Einleitung

Etwa seit den 1980er-Jahren hat die Murgangforschung in Europa und weltweit beträchtlich an Beachtung gewonnen. Eine übersichtliche Zusammenstellung über das Phänomen Murgang hat Costa (1984) erarbeitet. Einen Überblick über die Prozesse der Feststoffverlagerung in einem Wildbacheinzugsgebiet generell und über die Einordnung der Murgänge vermitteln beispielsweise Kienholz et al. (1998). Grundsätzlich weist die Murgangforschung die drei methodischen Schwerpunkte Feldbeobachtungen, Laboruntersuchungen und Simulationsmodelle auf. Vereinfacht kann zwischen grobblockigen Murgängen (debris flows), wie sie in den Schweizer Alpen in der Regel auftreten, und eher feinkörnigen Murgängen (mudflows) unterschieden werden (Rickenmann, 1999, 2001).

Die erste grössere Studie über Murgänge in der Schweiz entstand im Nachgang zu den Hochwasserereignissen des Sommers 1987 (Rickenmann und Zimmermann, 1993). Dabei wurden insbesondere die zahlreichen Ereignisse dokumentiert, hydrologische und geomorphologische Aspekte diskutiert, und die Anwendbarkeit von Schätzformeln wurde überprüft. Im Rahmen des NFP-31-Programms «Klimaänderungen und Naturkatastrophen» beurteilte man die Murganggefährdung mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems und untersuchte das räumliche und zeitliche Auftreten von Murgängen sowie den Einfluss einer möglichen Klimaerwärmung (Zimmermann et al., 1997).

In dem vom ETH-Rat unterstützten Forschungsprojekt «Murgänge» begann man in der Schweiz auch die mechanisch-physikalischen Vorgänge bei der Murgangentstehung, beim Fliessvorgang im Gerinne und bei der Ablagerung zu untersuchen (WSL/LSC/LMS/VAW, 1999). Zum besseren Verständnis dieser Aspekte wurden Laborexperimente (physikalische Modelle) durchgeführt sowie numerische Simulationsmodelle entwickelt und angewandt. Das Projekt wurde von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL, zwei Instituten der EPF Lausanne (Laboratoire de mécanique des sols, LMS, und Laboratoire des structures et milieux continus, LSC) und der ETH Zürich (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW) durchgeführt.

Zur Übertragung der Resultate aus Laborversuchen in die Natur existieren in der Reinwasserhydraulik bekannte Ähnlichkeitsgesetze und dimensionslose Parameter, welche zu berücksichtigen sind. Bei den Murgängen ist das Materialverhalten viel komplexer als bei Reinwasserabflüssen, weshalb bei den Ähnlichkeitsgesetzen gewisse Unsicherheiten bestehen, die nur durch Messungen sowohl im Labor als auch in der Natur geklärt werden können. Schwierigkeiten ergeben sich insbesondere auf Grund der sehr breiten Kornverteilung des fliessenden Materials und den nur unzulänglich messbaren rheologischen Eigenschaften des Murganggemisches. Ein ähnliches Problem besteht auch bei der Anwendung von numerischen Simulationsmodellen: Eine direkte Messung dieser Materialparameter ist äusserst aufwendig und nur für bestimmte Ansätze möglich. Daher müssen die Messungen im physikalischen Modell sowie die Berechnungen mit numerischen Simulationsmodellen durch direkte, automatische Messungen in der Natur sinnvoll ergänzt werden.

Die umfangreichsten Feldbeobachtungen von ablaufenden Murgängen wurden früher vor allem in Japan und in China durchgeführt. Leider ist nur ein kleiner Teil der Forschungsergebnisse direkt auf schweizerische und alpine Verhältnisse übertragbar, weil die Korngrössenzusammensetzungen der Murgangmaterialien unterschiedlich sind. So treten z.B. im Jiangjia Gully (Provinz Yunnan, China) vor allem feinkörnige, schlammstromartige Murgänge auf (Zhang, 1993). Von besonderem Interesse sind die Aufzeichnungen von mehreren Ereignissen am Mount Yakedake in Japan (Suwa, 1989). Bei diesen weisen sowohl die Kornverteilung als auch die topografischen Verhältnisse Ähnlichkeiten mit den typischen Eigenschaften von Murgängen in den Alpen auf. Seit einigen Jahren existieren auch in Italien automatische Stationen zur Murgangbeobachtung (Arattano et al., 1997; Berti et al., 1999). Zahlreiche Ereignisbeschreibungen in der Fachliteratur eignen sich wegen der meist nur groben Angaben zu Fliesshöhen und -geschwindigkeiten lediglich bedingt zur Validierung von Modellansätzen oder zur Überprüfung von Erkenntnissen aus dem Labor. Es besteht deshalb weltweit ein erheblicher Bedarf an genauen Daten über die Eigenschaften und das Fliessverhalten von Murgängen aus Naturmessungen.

Murgang-Beobachtungsstationen

Erste automatische Videoaufnahmen von Murgängen wurden in der Schweiz 1993 im Dorfbach Randa (Mattertal, Kanton Wallis) realisiert. Nach dem Bergsturz im Jahre 1991 an der gegenüberliegenden Talflanke wurde 1992 im Dorfbach Randa ein horizontaler Stahlrost als Murgangbremse im Bachgerinne eingebaut, um Geschiebefrachten bis zu einem Gesamtvolumen von etwa 15 000 m^3 bis 20 000 m^3 zurückzuhalten. Dabei installierte man auch eine einfache Schwarzweissvideo-Überwachungsanlage. Im Rahmen des NFP-31-Projektes wurde auf den Sommer 1995 hin eine neue Videoanlage mit vier Farbkameras und starken Scheinwerfern aufgebaut. Diese Installation wurde gemeinsam durch das Fernsehen DRS, das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) und das NFP-31-Projekt realisiert.

Im Rahmen des ETH-Rat-Projektes «Murgänge» wurde 1997 eine Murgang-Beobachtungsstation im Schipfenbach bei Silenen (Kanton Uri) eingerichtet. Ausserdem konnte mit finanzieller Unterstützung des BWG die Murgang-Beobachtungsstation im Dorfbach bei Randa weiterbetrieben und er-

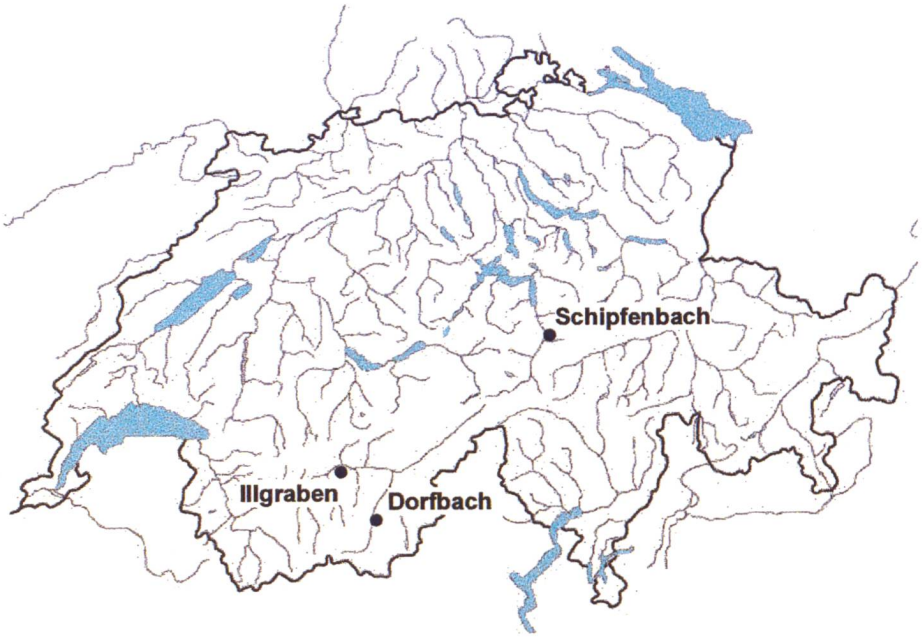

Bild 1. Lage der Murgang-Beobachtungsstationen in der Schweiz.

gänzt werden. Schliesslich wurde im Mai 2000 am Illgraben (Susten, Kt. Wallis) eine dritte automatische Station zur Murgangbeobachtung in der Schweiz aufgebaut. Diese steht im Zusammenhang mit einer Studie des Kantons Wallis zur Gefahrenbeurteilung von Murgängen im Illgraben. Bild 1 gibt einen Überblick über die Standorte der in der Schweiz existierenden Murgang-Beobachtungsstationen.

Bei der Auswahl der Beobachtungsgebiete und der Messquerschnitte wurden unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt:

- möglichst häufiges Auftreten von Murgängen;
- unterschiedliche Geologie des Einzugsgebietes bzw. Kornverteilung des Murgangmaterials;
- Möglichkeit der Bestimmung der umgesetzten Kubaturen (z.B. Geschiebesammler, Ablagerungsmöglichkeit im Kegelbereich);
- stabile Sohlenlage bei einem potenziellen Messquerschnitt (z.B. Wildbachsperren, betonierter Querschnitt unter Brücke).

Bei den Beobachtungsstationen wurden in einem ersten Schritt im untersten Gerinneabschnitt des Einzugsgebietes Geräte zur direkten Messung des Fliessverhaltens von Murgängen installiert. Diese Messungen liefern Informationen über die Anzahl Schübe, die Fliessgeschwindigkeit, die Geometrie der Welle, die Materialzusammensetzung usw. Durch ergänzende Studien im Einzugsgebiet vor und nach einem Ereignis können damit wichtige Aspekte untersucht werden, wie zum Beispiel das Erosionsverhalten, das Anwachsen von Murenschüben, die Fliessgeschwindigkeiten, die Verteilung der Sedimentfracht über die Länge der Welle, die kritischen Niederschlagsverhältnisse beim Auftreten von Ereignissen und der Einfluss der Materialzusammensetzung. Da der Anteil des Feinmaterials einen wichtigen Einfluss auf das Fliessverhalten ausübt, ist es sinnvoll, nach Möglichkeit Beobachtungen in geologisch unterschiedlichen Gebieten durchzuführen. Anzustreben ist grundsätzlich auch die Erfassung der kritischen Auslösebedingungen im Bereich möglicher Anrisszonen im oberen Teil des Einzugsgebietes (Niederschlag, Feuchteverhältnisse im Boden, Instabilität des Bodens). Solche Messungen konnten bisher jedoch noch nicht realisiert werden.

Die Beobachtungsstationen sind mit folgenden Messgeräten und Installationen ausgerüstet:

- *Videokamera(s) inklusive Aufzeichnungsgerät*
  Die Aufzeichnung einer Murgangwelle auf Video erlaubt Aussagen zum Bewegungsverhalten und zur Geometrie der Welle. Zudem können qualitative Informationen über die Materialzusammensetzung, den Wassergehalt und eventuellen Holzanteil gewonnen werden.
- *Beleuchtung (nur Dorfbach Randa und Schipfenbach Silenen)*
  Wenn die von der Videokamera eingesehenen Abschnitte des Gerinnes mit Scheinwerfern ausgeleuchtet werden können, sind auch bei Nacht und bei schlechten Lichtverhältnissen Videoaufzeichnungen möglich.
- *Ultraschallsensoren oder Radarmessgeräte (Echolote)*
  Mit Hilfe dieser Instrumente werden die Abflusstiefe und das Längsprofil der Welle detailliert gemessen. Diese Messungen sind auch für eine semiquantitative Auswertung der Videoaufzeichnungen hilfreich. Um eine hohe Genauigkeit für die Erfassung der Welle zu erreichen, wird wenn möglich an zwei Orten im Bach gemessen.
- *Geophone*
  Die Geophone dienen einerseits als Auslöseüberwachungsinstrument zur automatischen Inbetriebnahme aller übrigen Messgeräte. Andererseits können mit den Geophonmessungen Aussagen zum Zeitpunkt des Durchgangs der Murenfront und zum Verlauf der Murgangintensität während eines Schubes gemacht werden. Durch die kombinierte Information mehrerer Geophone und/oder Echolote erhält man Angaben zur Frontgeschwindigkeit.
- *Niederschlagswippe(n)*
  Mit der Niederschlagswippe werden die Niederschlagsintensitäten vor und während des Ereignisses erfasst. Damit erhält man Informationen zu den Auslösebedingungen.
- *Montagegerüste und Apparatekasten*
  Für die Montage der Messgeräte sowie für die Unterbringung der Aufzeichnungs- und Steuerungseinheit sind entsprechende Konstruktionen aus Gerüstrohr sowie Kästen als Witterungsschutz vorhanden.
- *Stromzufuhr*
  Auf Grund des relativ hohen Energieverbrauchs für die Beleuchtung und den Betrieb der Videokamera müssen die Stationen mit Netzstrom versorgt werden. Für die Überbrückung eines eventuellen Stromausfalls sind Stützbatterien vorhanden.

Schipfenbach bei Silenen, Kanton Uri

Im Schipfenbach sind Murgangereignisse seit etwa 1930 einigermassen zuverlässig dokumentiert.

Nach dieser Chronik ist im Durchschnitt rund alle zwei Jahre mit dem Auftreten eines Murganges zu rechnen.

Murgänge traten in den folgenden Jahren auf: 1834, 1929, 1933, 1937 (3-mal), 1938, 1939, 1945 (6-mal), 1954, 1959, 1960 (4-mal), 1967 (3-mal), 1968 (3-mal), 31. Juli 1977 (ca. 50 000 m^3), 2. Juli 1987 (ca. 50 000 m^3), 24. August 1987, 24. Juli 1989, 26. August 1990, 26. Juni 1991 (ca. 15000 m^3), 1993 (ca. 2-mal), 29. Juni 1994 (6500 m^3), 6. August 2000 (6000 m^3). Es sind vermutlich nicht alle kleineren Ereignisse bekannt. Auffällig ist eine Häufung der Murgangereignisse nach einem grossen Bergsturz im oberen Teil des Einzugsgebietes im Jahre 1936.

Geologisch gesehen befindet sich das Einzugsgebiet vorwiegend im Kalkgestein. Es sind teilweise auch Granit (Chli Windgällen) und schiefrige Gneise vorhanden. Die Haupterosionsrinnen befinden sich in Gehängeschutt und Bergsturzmaterial (Bergsturz im Jahre 1936).

Eine Übersicht des Einzugsgebietes und dessen Instrumentierung gibt Bild 2. In der Nähe des Kegelhalses wurde Ende der 1980er-Jahre bei Bachkote 640 m ü.M. ein Geschiebesammler erstellt. In diesem Bereich sind zwei Videokameras installiert, um das Fliessverhalten im natürlichen Gerinne oberhalb des Sammlers und das Ablagerungsverhalten darin zu beobachten. Etwa 300 m bachaufwärts wird mit zwei Echolotsensoren die Geometrie der Murgangwelle erfasst. Durch das Vorhandensein des Geschiebesammlers können die Murenfracht eines Ereignisses genau erfasst sowie ungestörte Proben des Murgangmaterials entnommen werden. Mehrere Geophone und die Niederschlagswippe befinden sich zwischen 1060 und 1200 m ü.M. Per Funkübertragung erfolgt von dort die Auslösung der Messgeräte am Kegelhals. Am 6. August 2000 konnte das erste Murgangereignis aufgezeichnet werden. Der erste Schub dieses Murganges ist in Bild 3 zu sehen. Die Videobilder zeigen die Murgangfront. Etwas später behinderte aufkommender Nebel leider für einige Minuten die Sicht auf den Ablauf des Ereignisses.

Dorfbach bei Randa, Kanton Wallis

Im Dorfbach trat in der Periode 1991 bis 1996 im Durchschnitt mindestens ein Murgang pro Jahr auf. Im Vergleich zu früher zeigt sich eine Häufung der Murgangereignisse gegen Ende des Jahrhunderts, die mit dem Rückgang des Permafrostes in Zusammenhang stehen könnte.

Murgänge traten in den folgenden Jahren auf: 1898, 1923, 1933 [evtl. HW], 1935 (2-mal, bisher grösstes Ereignis, ca. 20 000 bis 30 000 m³), 1962, 1963 [evtl. HW], 1985, 16. Juni 1991 [evtl. HW], 8. August 1991 (ca. 15 000 m³), 2. Juni 1992, 24. September 1993, 20. Juli 1994, 20. Juni 1995, 14. Juni 1996. Es sind einige weitere Hochwasserereignisse (HW) bekannt, worunter möglicherweise auch Murgänge waren.

Geologisch gesehen befindet sich das Einzugsgebiet im Kristallin. Im oberen Teil des Einzugsgebietes sind vor allem Gneise vorhanden. Im Bereich der Anrisszonen ist ein Blockgletscher und vermutlich auch Permafrost vorhanden. Die südliche Haupterosionsrinne verläuft in alten Moränenablagerungen. Bezüglich der Kornzusammensetzung des Murgangmaterials ist der Anteil an kohäsivem Feinmaterial gering. Die Gerinneverhältnisse im Dorfbach sind auf dem ganzen Fliessweg übersichtlich und erlauben eine gute Erfassung der geomorphologischen Veränderungen nach Murgangereignissen.

Eine Übersicht über das Einzugsgebiet und die Instrumentierung gibt Bild 2. Die Videoanlage und ein Echolotsensor befinden sich in der Nähe der Murgangbremse (horizontaler Stahlrost) auf Bachkote 1510 m ü.M. Dies erlaubt eine Beobachtung des Fliessverhaltens einerseits im Bereich des Bauwerkes und andererseits im Gerinneabschnitt bis etwa 300 m bachaufwärts. Einen Eindruck vom Gerinne oberhalb der Videokameras und von der Murgangbremse vermitteln die Bilder 4a und 4b. Durch die Entwässerung des Murganges auf dem Stahlrost ändern sich die

Bild 3. Erster Murgangschub im Schipfenbach beim Ereignis vom 6. August 2000.

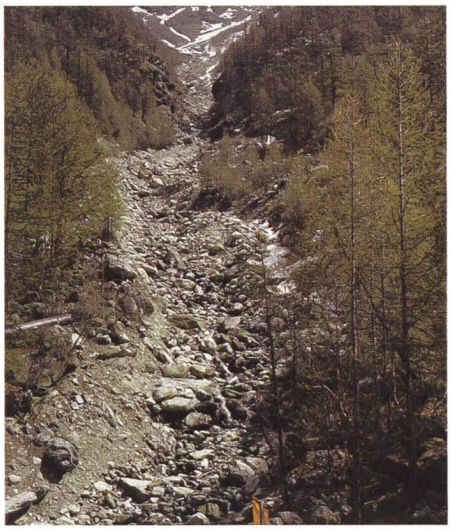

Bild 4a. Dorfbach Randa: Gerinne zwischen Echolot Nr. 1 und den Standorten der Videokameras.

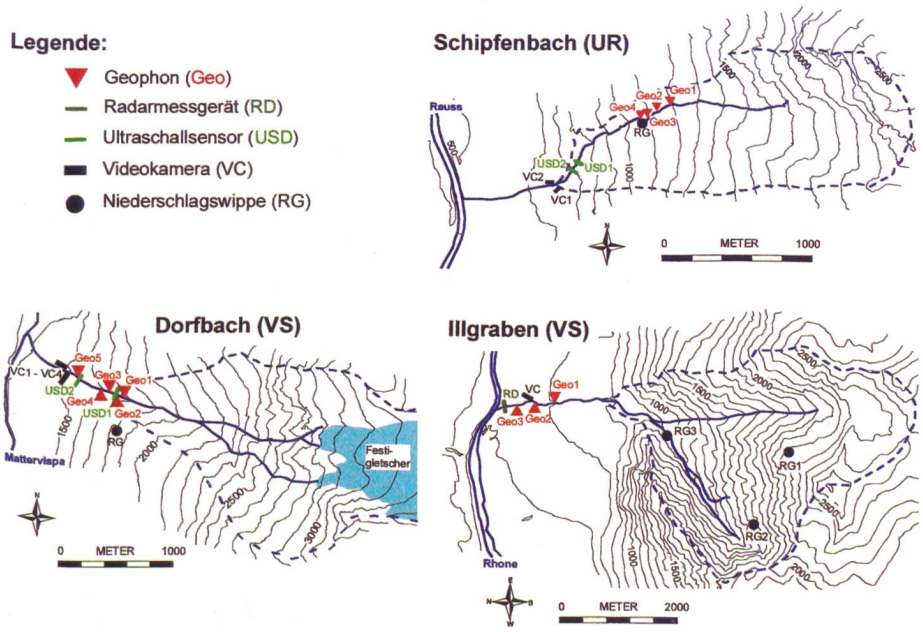

Bild 2. Übersicht über das Wildbach-Einzugsgebiet und die Art der Instrumentierung bei den Murgang-Beobachtungsstationen.

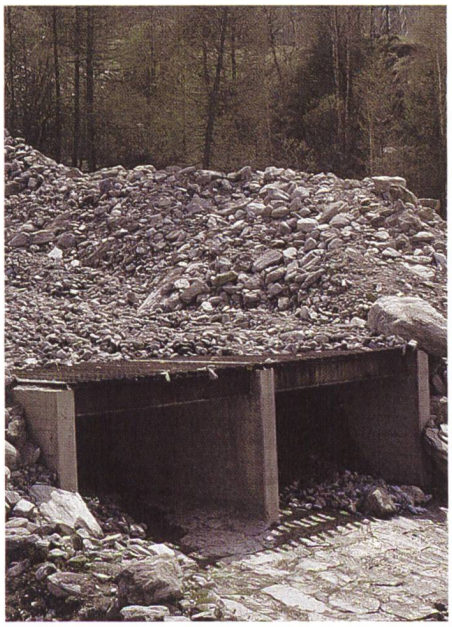

Bild 4b. Dorfbach Randa: Murgangbremse (Stahlrost) bei der Beobachtungsstation (April 1997).

Reibungsparameter sehr rasch, und kleinere Ereignisse kommen zum Stoppen (Zimmermann, 1994). Diese Tatsache sowie das generelle Verhalten von Murschüben auf dem Geschieberost sind für die Interpretation von besonderem Interesse. Die Niederschlagswippe, mehrere Geophone und ein weiteres Echolot wurden rund 500 m weiter bachaufwärts installiert. Seit der Inbetriebnahme der Beobachtungsstation konnten die Murgangereignisse vom 24. September 1993 sowie 20. Juni 1995 erfasst werden.

Illgraben bei Susten, Kanton Wallis

Regelmässig auftretende Murgänge haben den Illgraben bekannt gemacht. Jedes Jahr kann mit einem oder mehreren Murschüben gerechnet werden. Somit weist der Illgraben unter den schweizerischen Wildbächen die höchste Murgangaktivität auf und eignet sich sehr gut für die Beobachtung der Fliessdynamik.

Murgänge traten in den folgenden Jahren auf: 1932, 1944, 1945 (3-mal), 1948, 1953, 1961 (3-mal), 1962 (2-mal), 1963 (4-mal), 1964 (4-mal), 1965 (6-mal), 31. Juli 1982, 6. Juni 1985, 6. Juli 1986, 7. Juni 1987, 29. August 1988, 16. August 1989, 13. August 1990, 12. Juli 1991, 3. Oktober 1995, 21. August 1997, 30. Oktober 1998, 16. August 1999, 3. Juni 2000, 28. Juni 2000, 24. Juli 2000, 21. August 2000, 20. September 2000, 15. Oktober 2000 (3-mal). Es sind nicht alle Ereignisdaten bekannt. Auffällig ist eine Häufung der Murgangereignisse nach einem grossen Bergsturz im oberen Teil des Einzugsgebietes im Jahre 1961. Bild 5 zeigt den Illgraben nach dem grössten Murgangereignis im zwanzigsten Jahrhundert.

Geologisch gesehen ist der südliche Teil des Einzugsgebietes (am Illhorn) durch Quarzite geprägt. Am Gorwetschmassiv im nordwestlichen Teil sind Kalkgestein, Dolomit und Rauhwacke mit Gips- und Anhydritlinsen vorhanden. Die Bergsturzablagerungen (von 1961) aus diesem Gebiet bilden zurzeit die wichtigste Geschiebequelle. Bei Niederschlägen vermischt sich das gelbliche Feinmaterial zu einer breiartigen Masse, in welcher grössere Kalksteine und Quarzitblöcke transportiert werden.

Eine Übersicht über das Einzugsgebiet und die Instrumentierung gibt Bild 2. Drei Niederschlagswippen sind im oberen Teil des Einzugsgebietes installiert. Alle Messgeräte zur Beobachtung des Fliessverhaltens sind auf dem Murgangkegel angeordnet. Eine Videokamera im unteren Teil des Kegels ermöglicht die Beobachtung der Murgänge entlang einer geraden Gerinnestrecke von ca. 100 m. Bachaufwärts des Videostandortes befinden sich zwei Geophone, welche einerseits die Aufzeichnungen auslösen und andererseits zusammen mit dem dritten Geophon wichtige Daten über das Fliessverhalten der Murgänge im Kegelgerinne liefern. Zusätzlich ist unter der Strassenbrücke auf Kote 632 m ü.M. ein Radarmessgerät installiert. Obwohl der Standort des Radars durch die künstliche Gerinneverengung im Bereich der Brückenfundamente hydraulisch gesehen nicht ideal ist, liefern die Messungen wichtige Informationen über die Abflusstiefen und die Form der Murgangwellen.

Weitere Angaben zu den Beobachtungsgebieten

Bei den drei Beobachtungsstationen werden Murgänge mit ganz unterschiedlichen Charakteristika untersucht. Ein Vergleich der drei Einzugsgebiete zeigt, dass deren Grösse, Morphologie, Geologie, Vegetation und hydrologische Verhältnisse sehr verschieden sind. Dadurch haben die Gerinne und die darin entstehenden Murgänge unterschiedliche Eigenschaften. Die wichtigsten Daten der drei Einzugsgebiete sind in Tabelle 1 aufgelistet. Das Hauptgerinne des Dorfbaches zum Beispiel ist durch seine Steilheit gekennzeichnet und dessen Einzugsgebiet durch die hohen Gipfel bis über 4500 m ü.M. sowie den hohen Vergletscherungsgrad und das mögliche Permafrostvorkommen. Das Hauptgerinne des Illgrabens ist hingegen ziemlich flach, und im südlichen Teil des Einzugsgebietes befinden sich drei kleinere Seen. Da jedoch ein künstlicher Damm das Wasser aus dem Bereich der Illalp mit ihren drei Seen ableitet, ist diese Zone hydrologisch vom Rest des Einzugsgebietes abgetrennt.

Die unterschiedlichen geologischen Verhältnisse in den drei Untersuchungsgebieten lassen sich anhand von Kornverteilungskurven vergleichen. Die Materialproben wurden bis zu einem Korndurchmesser von 4 mm trocken und bis 1 mm nass gesiebt. Den Feinanteil ermittelte man mittels Schlämmanalyse. In Bild 6 sind die Kornverteilungskurven von verschiedenen Proben aus dem Dorfbach, dem Illgraben und dem Schipfenbach dargestellt. Im Illgraben wurden drei Proben aus Murgangablagerungen und vier Proben aus dem Gerinne genommen. Im Schipfenbach hingegen entnahm man nur eine Probe aus einer Murgangablagerung. Vier weitere Proben stammen aus dem Geschiebesammler ohne frische Ablagerungen. Im Dorfbach wurde eine Probe aus dem Gerinne analysiert. Ein Vergleich der verschiedenen Kornverteilungskurven zeigt, dass im Illgraben mehr Feinanteile vorhanden sind als in den beiden anderen Gerinnen. Besonders bei der Sandfraktion sind die Unterschiede sehr deutlich erkennbar.

Als zusätzliche Information sind von jedem Einzugsgebiet Luftbilder vorhanden. Aus diesen Luftbildern wurden genaue digitale Geländemodelle (DGM) hergestellt, welche die Morphologie im Gerinne, auf dem Kegel und im Einzugsgebiet wiedergeben. Diese DGM werden nach einem grossen Murgangereignis als Referenz beigezogen, um die Änderungen der Morphologie in der Anrisszone, entlang der Transitstrecke und im Ablagerungsbereich zu bestimmen. Die DGM dienen ausserdem als Grundlage für die numerischen Modelle, mit welchen frühere und zukünftige Murgänge simuliert werden.

Murgänge im Illgraben

Seit Inbetriebnahme der Beobachtungsstation «Illgraben» im Frühjahr 2000 ereigneten sich mehrere Murgänge, wobei von drei Ereignissen vollständige und genaue Messdaten vorliegen. Diese drei Ereignisse fanden während der Monate Juni und Juli statt und wiesen Murenfrachten von 6000 bis 35 000 m^3 auf. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Daten dieser drei Murgangereignisse aufgelistet. Dabei ist M die Murenfracht, Q_p der Maximalabfluss, H_{max} die maximale Abflusstiefe, v die Fliessgeschwindigkeit und k_{ST} der Reibungsbeiwert nach Strickler, welcher durch Rückrechnung aus den anderen Grössen bestimmt wurde. Die Werte für die Murenfracht wurden aus der Integration der Abflussganglinien geschätzt und beinhalten hier den Feststoff- und Wasseranteil. Die Analyse der Messdaten und der vorhandenen Videobilder zeigt deutlich die unterschiedlichen Charakteristika der einzelnen Murgangereignisse. Der Feststoff-/Wasseranteil, die Kornverteilung oder der Schwemmholzanteil sind nur einige der vielen Merkmale, welche das Fliessverhalten beeinflussen.

Das Ereignis vom 3. Juni war zum Beispiel durch einen hohen Feststoffanteil und kleine Fliessgeschwindigkeiten (1,3 m/s) gekennzeichnet. Das Ereignis vom 24. Juli hingegen beinhaltete einen ersten kleinen Schub mit viel Wasser sowie Holz und hoher Fliessgeschwindigkeit (4,5 m/s) und einen zweiten grösseren Schub ohne Holz, jedoch mit grossen Blöcken und einer Fliessgeschwindigkeit von 2,7 m/s. Beim grössten Ereignis vom 28. Juni betrug die Murenfracht etwa 35 000 m^3. Der Wasseranteil war ziemlich hoch, obwohl auch bei diesem Ereignis eine klare blockige Front gebildet wurde. Weiter unten wird noch detaillierter auf dieses Ereignis eingegangen, und die erhobenen Messdaten werden analysiert.

Zusätzlich zu den drei erwähnten Murgängen konnten im Jahr 2000 fünf weitere Ereignisse beobachtet werden. Diese fanden an drei verschiedenen Tagen statt: je ein Ereignis am 21. August und am 20. September und deren drei am 15. Oktober (während des Unwetters vom 14./15. mit grossen Schäden im Kanton Wallis). Die drei Murenschübe vom 15. Oktober fanden während der Nacht statt, weshalb kein Bildmaterial vorhanden ist. Jedoch zeigen die Mess- und Felddaten, dass die Ereignisse durch einen sehr hohen Wasseranteil gekennzeichnet waren. Dies verursachte eine grosse Erosion im Gerinne, welche in Bild 7 klar erkennbar ist. Die zwei Murgangereignisse vom August und September wiesen dagegen geringere Volumina auf und stoppten innerhalb des Gerinnes im oberen Kegelbereich vor dem Erreichen des Videostandortes. Solche Murgänge können die Sohle wesentlich erhöhen und sind hydraulisch gesehen gefährlich, da sie den vorhandenen Fliessquerschnitt verkleinern. Die historischen Daten zeigen aber, dass grossvolumige Ereignisse normalerweise bis in die Rhonemündung gelangen und nur kleinere Murgänge im Gerinne stoppen.

Im Folgenden wird das grösste beobachtete Murgangereignis vom 28. Juni 2000 eingehender vorgestellt. Der Murgang ereignete sich am frühen Nachmittag um zirka 14 Uhr (Winterzeit) und wurde durch die intensiven Niederschläge einer Gewitterfront im Einzugsgebiet ausgelöst. Die vom Murgang verursachten Erschütterungen überschritten bei Geophon 1 den festgelegten Grenzwert und lösten die bachabwärts gelegenen Messinstrumente aus. Der Durchgang des Murganges konnte somit bei den drei Geophonen, der Videokamera und dem Radar aufgezeichnet werden. Die Videobilder liefern wichtige Informationen über den Ablauf des Ereignisses und helfen, die Messdaten der Geophone und des Radars richtig zu interpretieren. Die Bilder 8a und 8b zeigen Sequenzen aus den Videoaufnahmen mit der Murgangfront bei einer Betonsperre.

Als typische Merkmale von Murgängen sind die geringe Abflussmenge vor der Murgangfront und die Akkumulation grosser Blöcke an der Front deutlich erkennbar. Nach dem Durchgang der Murgangfront mit einem Maximalabfluss von ca. 125 m^3/s und einer maximalen Abflusshöhe von 2,2 m nimmt die Abflussmenge sehr schnell ab. Kurz hinter der Murgangfront erscheint das Fliessverhalten an der Oberfläche laminar, und es sind auf den Videobildern auch keine grösseren Steine mehr zu sehen. Gegen Ende der Murgangwelle, welche etwa 30 Minuten dauert, können auf dem Video einige kleinere Ober-

Parameter	Schipfenbach UR	Dorfbach VS	Illgraben VS
Fläche [km^2]	1,8	5,6	10,5
Bodenbedeckung:			
Fels, Schutthalden [%]	36	42	25
Wald [%]	45	6	30
Offene Vegatation [%]	19	8	43
Gletscher [%]	–	44	–
See [km^2]	–	–	2
Höchster Punkt [m ü.M.]	2584	4545	2790
Tiefster Punkt (Kegel) [m ü.M.]	650	1406	610
Exposition	W	W	N
Mittleres Gefälle des Gerinnes [%]	45	50	16
Mittleres Gefälle des Kegels [%]	21	25	10
Länge des Hauptgerinnes des Kegels [km]	5,5	3,2	2,6

Tabelle 1. Charakteristische Parameter der drei Einzugsgebiete.

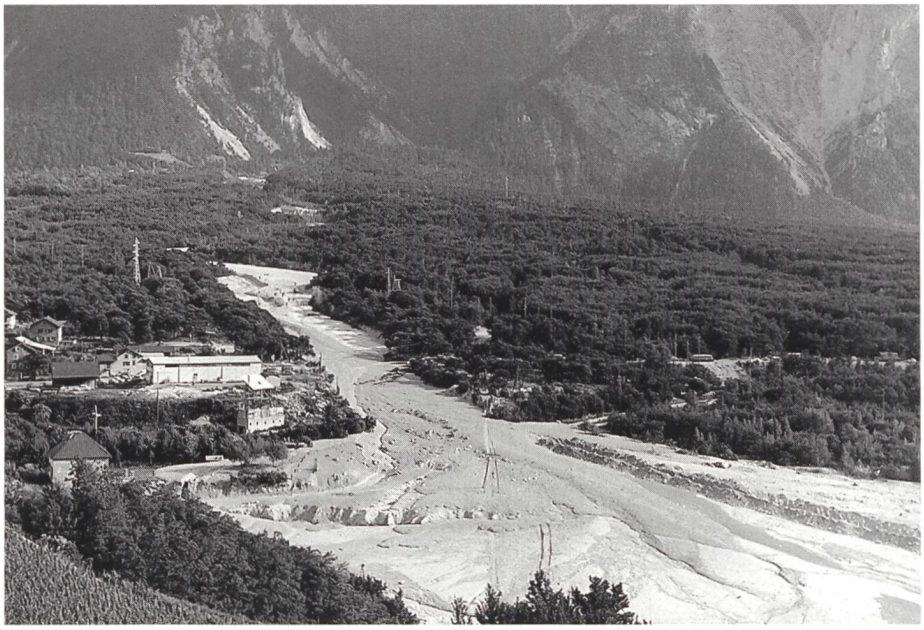

Bild 5. Kegel- und Mündungsbereich des Illgrabens nach dem Murgangereignis vom 6. Juni 1961 (Foto: Kreisforstamt IV. Kanton Wallis).

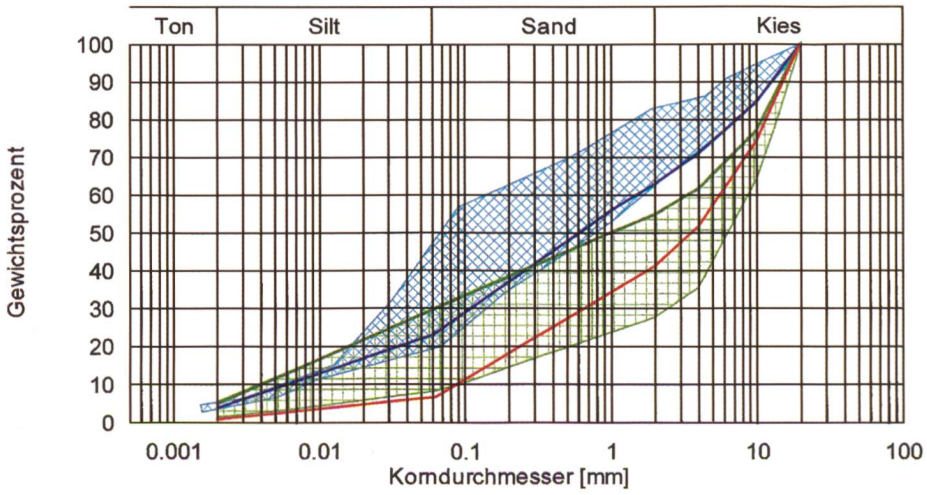

Bild 6. Kornverteilungskurven von verschiedenen Proben aus dem Dorfbach, dem Illgraben und dem Schipfenbach. Die schraffierten Flächen zeigen den Streubereich von «n» verschiedenen Proben. Für den Illgraben und Schipfenbach sind zusätzlich Kurven von Murgangereignissen im Jahr 2000 dargestellt.

flächenwellen beobachtet werden. Solche hydraulisch bedingten Wellen sind typisch bei schlammstromartigen Murgängen mit hohem Anteil an Feinmaterial.

Als Vergleich zur semiquantitativen Auswertung der Videobilder wurden auch die Messdaten des Radars verwendet. Der Radar liefert in Sekundenintervallen exakte Informationen über die Abflusstiefe des Murganges beim entsprechenden Messquerschnitt. In Bild 9 sind die Daten des Radars dargestellt und zeigen die Veränderung der Abflusstiefe über einen Zeitraum von einer Stunde. Die Form der Murgangwelle ist durch einen sehr starken und abrupten Anstieg um etwa 14:20 Uhr geprägt, welcher den Durchgang der Murgangfront beim Querschnitt darstellt. Zudem lässt sich ein fast exponentielles Abflachen der Abflusstiefe nach dem Höchstwert beobachten. Die maximale Abflusstiefe beträgt etwa 2,8 m und ist somit mehr als einen halben Meter höher als der anhand der Videoaufnahmen geschätzte Wert einige hundert Meter weiter bachaufwärts. Diese Differenz ist, wie bereits oben erklärt, auf die Verengung des Gerinnes beim Standort des Radars zurückzuführen, welche solche Änderungen im Abflussverhalten verursacht. Hier wurde eine maximale Abflussmenge von ca. 100 m^3/s berechnet, was etwas kleiner ist als derjenige Wert aus der Abschätzung mittels der Videobilder. Allerdings ist die lokale Fliessgeschwindigkeit beim Radarquerschnitt nicht bekannt, sondern nur ein Mittelwert über eine Strecke von ca. 200 m bachaufwärts.

Im Gegensatz zu den Radarmessungen und den Videobildern erweist sich die Analyse der Geophondaten als komplizierter, da der jeweilige Standort des Messinstrumentes die Aussagekraft der Daten stark beeinflusst. Geophon 2, welches direkt an einer Betonsperre angebracht ist, lieferte sehr gute und klare Daten, wogegen die Aufzeichnungen von Geophon 3 nicht so deutlich waren. Dies hängt wahrscheinlich mit dem ungünstigeren Montageort an einer ufernahen Spundwand zusammen.

Im Gegensatz zu Geophon 2 und 3 ist Geophon 1 ausschliesslich für die Auslösung der Messinstrumente bestimmt und zeichnet nur auf, ob ein definierter Grenzwert überschritten wird oder nicht. In Bild 9 sind die Daten der Geophone 2 und 3 in vereinfachter Form dargestellt. Besonders die gemittelte Kurve von Geophon 2 stimmt gut mit jener der Radarmessungen überein. Die Impulse steigen um ca. 14:18 Uhr stark an und flachen danach wieder ab. Bei den Daten von Geophon 3 erscheint hingegen nur der durch die Murgangfront verursachte grosse Impulsanstieg um ca. 14:19 Uhr. Der restliche Teil der Welle wurde wegen zu schwacher Signale nicht korrekt aufgezeichnet.

Ein wichtiger Schritt bei der Analyse der Messdaten sind die Geschwindigkeitsabschätzungen. Mit den Durchgangszeiten der Murgangfront bei den jeweiligen Messquerschnitten können mittlere Frontgeschwindigkeiten zwischen den Geophonen und dem Radar berechnet werden. In Bild 9 sind die unterschiedlichen Durchgangszeiten bei Geophon 2, Geophon 3 und beim Radar deutlich erkennbar. Die Interpretation der Geophondaten ist jedoch nicht immer einfach, und besonders bei den ersten Murgangereignisse fehlen geeignete Vergleichsdaten. Deshalb sind in der Anfangsphase des Be-

Datum	Anzahl Schübe	M^* [m^3]	Q_p^{**} [m^3/s]	H_{max}^{**} [m]	v^{**} [m/s]	k_{ST}^{**} [$m^{1/3}/s$]
3. Juni 2000	1	11000	19	1,3	1,3	4,2
28. Juni 2000	1	35000	125	2,2	4,7	11,3
24. Juli 2000***	>3	6000	22	0,75	2,7	11,9

* Messquerschnitt bei Radar
** Messquerschnitt bei Videostandort
*** Daten beziehen sich auf den zweiten Schub (erster Schub führte Holz und war kleiner)

Tabelle 2. Daten der beobachteten Murgangereignisse im Illgraben.

Bild 7. Gerinne des Illgrabens im Mündungsbereich. Bild 7a zeigt den Zustand am 10. Juli 1999, und auf Bild 7b ist die deutliche Erosion nach den Murgängen mit hohem Wasseranteil vom 15. Oktober 2000 zu sehen. Deutlich erkennbar ist auch die Sohlenerosion im Rotten durch das Hochwasser vom 15. Oktober 2000.

Bild 8. Der Murgang vom 3. Juni 2000: Das Videobild (Bild 8a) zeigt die Murenfront mit einer Höhe von 1,3 m und einem Maximalabfluss von 19 m^3/s. Die mittlere Frontgeschwindigkeit beträgt in diesem Gerinneabschnitt 1,3 m/s. Der Murgang vom 28. Juni 2000: Das Videobild (Bild 8b) zeigt den Hauptschub mit einer Höhe von 2,2 m und einem Maximalabfluss von 125 m^3/s. Die mittlere Frontgeschwindigkeit beträgt in diesem Gerinneabschnitt 4,7 m/s.

triebs einer Anlage die zusätzlichen Informationen von Radar und Video besonders nützlich. Das Ziel ist jedoch, dass nach einer Eichphase mit Hilfe der Messdaten von gut positionierten Geophonen – wie zum Beispiel Geophon 2 – eigenständige Rückschlüsse über das Murgangereignis gezogen werden können.

Eine Zusammenstellung von Murgangereignissen aus der Fachliteratur zeigt, dass zwischen dem Maximalabfluss und der Murenfracht ein empirischer Zusammenhang besteht (Rickenmann, 1999). Die entsprechenden Daten der Ereignisse im Illgraben (Juni und Juli 2000) sowie im Schipfenbach (August 2000) sind in Bild 10 dargestellt und dort mit Murgängen in einigen anderen Bächen verglichen. Die drei Ereignisse des Illgrabens liegen etwa im Bereich der Regressionslinie für schlammstromartige Murgänge, welche auf rund 100 Beobachtungen in Japan basiert. Das Ereignis im Schipfenbach hingegen liegt in der Nähe der Regressionslinie für granulare Murgänge, die anhand rund 50 solcher Ereignisse in Japan abgeleitet wurde. Diese ist auch für die meisten Daten von weiteren Schweizer Murgängen des Sommers 1987 repräsentativ, wobei es sich hier allerdings um Schätzwerte handelt (zum Beispiel Rekonstruktion der Geschwindigkeit auf Grund von Kurvenüberhöhung). Generell besteht eine Tendenz, dass Murgänge mit einem hohen Anteil an Feinmaterial einen tieferen Maximalabfluss aufweisen.

Schlussbemerkungen

Unter den alpinen Naturgefahren weisen Murgänge ein erhebliches Gefahrenpotenzial auf, weil mit Ausnahme der Bergstürze kein anderer Prozess in der Lage ist, so grosse Materialmengen innert so kurzer Zeit so weit zu transportieren. Da Murgänge bei Starkregen ohne grosse Vorwarnung auftreten können, ist eine potenzielle Bedrohung eines Gebiets durch Murgänge bei der Planung der Nutzung durch den Menschen einzubeziehen. Bisher geschah dies vor allem auf Grund von Erfahrungen und ohne detaillierte Kenntnisse der beteiligten Prozesse und der steuernden Parameter. Beim heutigen Besiedlungsdruck und der Nutzungsintensität auch in entlegenen Gebieten genügen diese Grundlagen aber oft nicht, um die mögliche Gefährdung durch Murgänge zufriedenstellend abzuschätzen.

Eine zuverlässige Analyse der Murganggefahr auch unter diesen sich ändernden Umständen ist nur anhand von physikalisch basierten Modellen durchführbar, welche die ablaufenden Prozesse möglichst präzis nachvollziehen. Für die Entwicklung von numerischen Simulationsmodellen werden theoretische Überlegungen oftmals durch detaillierte Laboruntersuchungen ergänzt. Um diese Modelle schliesslich auf natürliche Verhältnisse übertragen zu können, ist die Durchführung von zahlreichen und detaillierten Messungen in der Natur unumgänglich. Diese Messungen sollten ein möglichst breites Spektrum der zu erwartenden Bandbreite des Prozesses Murgang umfassen, damit die Variation der wichtigsten Modell-Parameter überprüft werden kann.

In diese Richtung zielen unter anderem auch internationale Projekte im Rahmen der EU-Forschungsförderung. Die Autoren beteiligen sich ebenfalls an einem solchen Projekt, welches von 2000 bis 2003 läuft. Dabei bilden Daten von Murgang-Beobachtungsstationen in Italien, Österreich und der Schweiz zusammen mit detaillierten Angaben zu früheren Murgangereignissen eine wichtige Grundlage, um numerische Simulationsmodelle zu evaluieren und geeignete Bereiche der Modellparameter zu bestimmen.

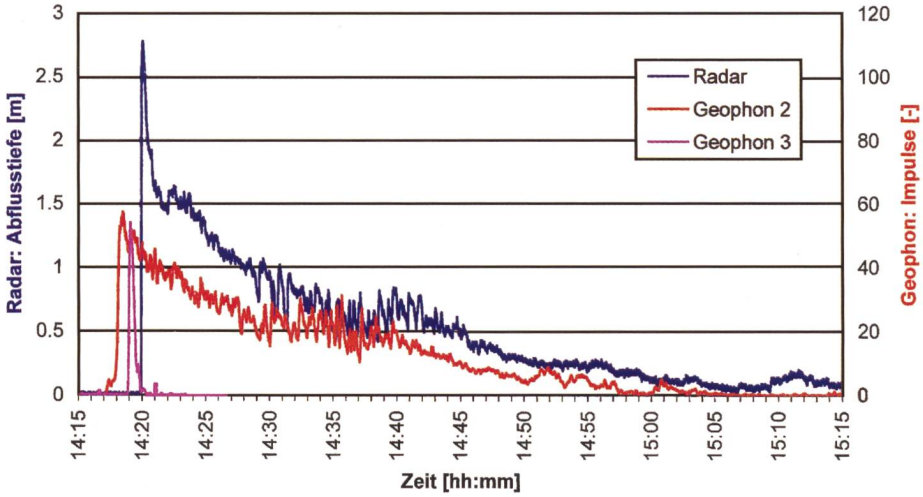

Bild 9. Murgang im Illgraben vom 28. Juni 2000: Zeitlicher Verlauf der Abflusstiefe aus den Radarmessungen im Vergleich zu den Aufzeichnungen der Erschütterungsintensität durch zwei Geophonsensoren.

Literatur

Arattano, M., Deganutti, A. M., Marchi, L. (1997): Debris flow monitoring activities in an instrumented watershed on the Italian Alps. In: «Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment», ed. Chen-lung Chen (Proc. of the first Int. Conference, San Francisco, USA), American Society of Civil Engineers, 506–515.

Berti, M., Genevois, R., Simoni, A., Tecca, P. R. (1999): Field observations of a debris flow event in the Dolomites. Geomorphology, 29, 265–274.

Costa, J. E. (1984): Physical geomorphology of debris flows. In: J. E. Costa and P. J . Fleischer (editors), Developments and applications of geomorphology, Springer, Berlin, 268–317.

Kienholz, H., Keller, H., Ammann, W., Weingartner, R., Germann, P., Hegg, Ch., Mani, P., Rickenmann, D. (1998): Zur Sensitivität von Wildbachsystemen.

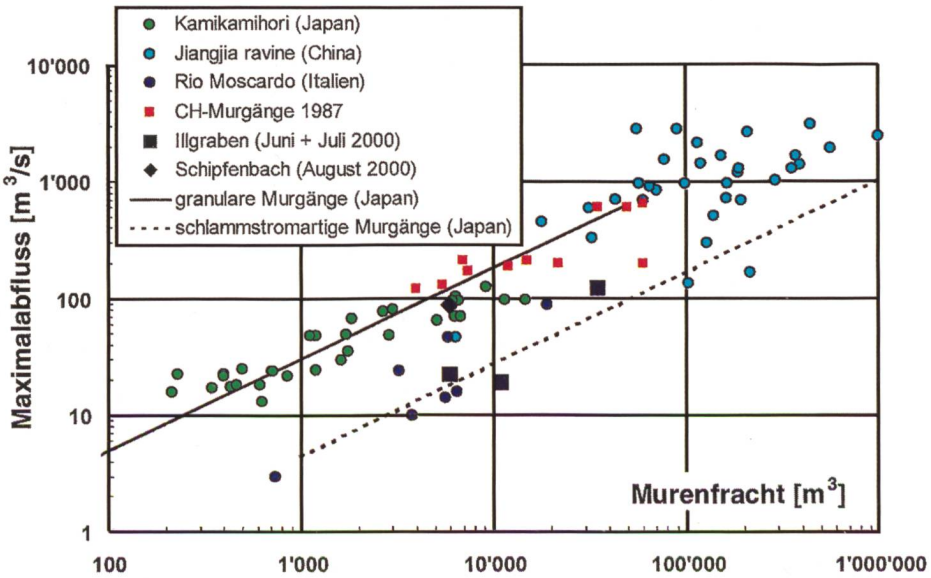

Bild 10. Maximalabfluss von Murgängen in Abhängigkeit der Murenfracht. Eingezeichnet sind auch die Ereignisse im Illgraben und im Schipfenbach des Sommers 2000.

Schlussbericht NFP31, vdf-ETH, Zürich, Switzerland.
Rickenmann, D. (1999): Empirical relationships for debris flows. Natural Hazards, 19(1), 47–77.
Rickenmann, D. (2001): Murgänge in den Alpen und Methoden zur Gefahrenbeurteilung. Mitteilung des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Hochschule Aachen, im Druck.
Rickenmann, D., Zimmermann, M. (1993): The 1987 debris flows in Switzerland: documentation and analysis. Geomorphology, 8, 175–189.
Suwa, H. (1989): Field observation of debris flow. Proc. of the Japan-China (Taipei) Joint Seminar on Natural Hazard Mitigation, Kyoto, 343–352.
WSL/LSC/LMS/VAW (1999): Synthesis report of the research project Debris Flows supported by the Board of the Swiss Federal Institutes of Technology. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland.
Zhang, S. (1993): A comprehensive approach to the observation and prevention of debris flows in China. Natural Hazards, 7, 1–23.
Zimmermann, M. (1994): Murgänge im Dorfbach Randa VS. wasser, energie, luft, 86. Jg., Heft 1/2, Baden/CH, 17–21.
Zimmermann, M., Mani, P., Gamma, P., Gsteiger, P., Heiniger, O., Hunziker, G. (1997). Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz. Schlussbericht NFP 31, vdf-ETH, Zürich, Switzerland.

Dank
Wir danken dem ETH-Rat, dem Bundesamt für Wasser und Geologie sowie den Kantonen Wallis und Uri für die finanzielle Unterstützung des Projektes Murgang-Beobachtungsstationen. Dr. *Markus Zimmermann* stellte uns Angaben zum Dorfbach Randa und zum Illgraben zur Verfügung. Von *Barbara Huber* stammt die Wildbachchronik im Schipfenbach. *Eric Bardou* machte Feldaufnahmen zu den Ereignissen im Illgraben. Weitere Mitarbeiter der WSL wirkten massgeblich beim Aufbau und Betrieb der Murgang-Beobachtungsstationen mit: *François Dufour, Bruno Fritschi,* Dr. *Christoph Hegg, Oliver Konrad und Oliver Schramm.*

Adresse der Verfasser
Dr. *Dieter Rickenmann,* Dr. *Marcel Hürlimann, Christoph Graf,* Dr. *Daniel Näf, Daniel Weber,* Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, Schweiz.

Interpraevent 2000 Villach/Österreich

■ *Dr. H. Grubinger, Prof. ETHZ i.R.*

Die Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent mit Sitz in Klagenfurt, Österreich, hatte vom 26. bis 29. Juni 2000 nach Villach zum 9. Symposion «Nachhaltiger Schutz vor Hochwasser, Muren, Lawinen und Steinschlag» eingeladen und konnte 410 Fachleute, davon 52 aus aussereuropäischen Ländern, begrüssen. Zu den fünf Themenkreisen: Naturgefahren, Wald, Vegetation und Bodenerosion, Wildbachverbauung, Lawinen, Gefahrenzonen, Schutzwasserwirtschaft wurden 190 Beiträge eingereicht, 104 davon zeitgerecht veröffentlicht und 26 Referate gehalten. Das Generalthema wurde M. Broggi, EVWSL Birmensdorf, anvertraut. «Nachhaltigkeit im Spannungsfeld von Nützen und Schützen». Neun Exkursionen (Kärnten, Slowenien, Friaul) samt «Seminarien für Praktiker» rundeten das Programm ab. Bemerkenswert waren die diesmal räumlich grosszügig bedachten und inhaltlich sowie grafisch höchst informativen Poster und Videovorführungen mit den Präsentationen von Fachfirmen und beratenden Ingenieuren.

Man hat eine vertiefte und disziplinübergreifende Information erreicht, ebenso war Raum für den immer schon erwünschten Gedankenaustausch mit Spezialisten mit Weiterbildungseffekt gegeben und Auskunft über Verfahrens- und sonstige in der Praxis auftretende Fragen zu erhalten. Für Schulen und das Publikum war auf dem Vorplatz ein gewaltiges Modell von Wildbach-Regelungsbauten aufgestellt. Eine Podiumsdiskussion über «Katastrophenmanagement», moderiert von A. Göttle, München, verlief sehr angeregt; sie leitete von Fragen des Strukturwandels in bedrohten Zonen über zur zunehmenden Empfindlichkeit der Gesellschaft gegenüber den an sich unabwendbaren Naturereignissen und zur bedenklichen Risikobereitschaft der verstädterten Menschen infolge Ignoranz und Nichtwissen.

Grosses Interesse fanden die neuen und verblüffenden virtuellen Hilfsmittel zur Modellierung und Simulation etwa von Lawinen und Muren als rasch verlaufende Einzelereignisse und von länger dauernden Entwicklungen (Massenbewegungen, Umgestaltung von Gerinnen). Was früheren Generationen erst in jahre-, ja lebenslanger Beobachtung von Vorgängen und ihren Ursachen erkennbar und verständlich wurde, lässt sich nun, Messdaten und klare Randbedingungen vorausgesetzt, mit Tastendruck halbquantitativ abspielen. Naturwissenschaftliche Sorgfalt gebietet es aber, Feldbeobachtung – und damit Erfahrung – weiterhin zu pflegen. Wie sagte doch 1975 bei Interpraevent in Innsbruck der Senior österreichischer Meteorologen, Prof. Lauscher, zu den von den neuen Möglichkeiten begeisterten jungen Teilnehmern: «...trotz aller Vorhersagemodelle und statistisch belegter hoher Trefferwahrscheinlichkeit ist es nicht verboten, vorsorglich noch beim Fenster hinauszuschauen!»

Angesichts der breit gefächerten und abgehandelten Themen von Ereignisanalysen über physikalische und biotechnische Prozesse bis zur Begründung auch besonderer konstruktiver Lösungen und technisch-rechtlicher Massnahmen, ist eine ausgewogene und umfassende Berichterstattung unmöglich. Es sei daher auf die dreibändige, von G. Fiebiger, Salzburg, und dem Wissenschaftlich-Technischen Beirat sorgfältig redigierte Tagungspublikation verwiesen, an welche Fachleute aus der Schweiz zehn Beiträge geliefert haben; sie ist zum Preis von ATS 1000.– bei der Geschäftsstelle (Internationale Forschungsgesellschaft Interprävent, PF 177, A-9021 Klagenfurt) zu beziehen. Dort ist auch das Sonderheft der «Österr. Wasser- und Abwasserwirtschaft» H. 5/6-2000 über neue Hydrologische Prozessforschung (Red. Prof. Dr. D. Gutknecht, TU Wien) erhältlich.

Interpraevent 2000 darf man somit aus sachlicher und veranstaltungstechnischer Sicht als wohlgelungen, nützlich für die Teilnehmer und informativ sowie hilfreich für die eigene Arbeit bezeichnen.

Abschliessend seien stellvertretend für die Forschungsgesellschaft und ihre Komitee- und Beiratsmitglieder zudem genannt und bedankt: G. Leipold als rühriger Präsident in Klagenfurt, F. Zollinger, Zürich, als Vorsitzender des Wissensch.-Techn. Beirates, A. Petraschek, BWW Biel, H. J. Hufnagel von der Wildbach- und Lawinenverbauung in Villach und der unermüdliche H. Jetz als multifunktionierender Büroleiter usw. Ein abendlicher Empfang und ein Gesellschaftsdinner mit opulentem Rittermahl vertieften die Kollegialität in der freundschaftlichen Atmosphäre in Kärnten. 2002 wird in Japan eine regional-asiatische Interpraevent veranstaltet, und für 2004 darf man erwartungsvoll nach Trient in die italienischen Alpen blicken.