

NUMERISCHE HYDROLOGISCHE UND HYDRAULISCHE SIMULATION DER AUSWIRKUNGEN EINER MÖGLICHEN FLUTWELLE IM RAHMEN EINER RISIKOANALYSE UND RSIKOMANAGEMENTS AM SUGGADINBACH

NUMERICAL HYDROLOGICAL AND HYDRAULIC SIMULATION OF THE EFFECTS OF A POSSIBLE FLOOD WAVE AS PART OF RISK ANALYSIS AND RISK MANAGEMENT AT THE SUGGADINBACH

Gerald Jäger¹, Markus Moser²

ZUSAMMENFASSUNG

Das Mäbtobel, mit einem Einzugsgebiet von 0,42 km², stellt aufgrund einer Felsgleitung im Oberlauf ein großes Gefahrenpotential dar. Im Jahre 1999 hat sich diese Felsgleitung laut einer geologischen Untersuchung beschleunigt und dadurch besteht die Gefahr einer Verklauung des Vorfluters „**Suggadinbach**“ durch herab fallende Fels- bzw. Murmassen von ca. 800.000 m³. Die weitere Folge ist laut Experten ein Dammdurchbruch mit anschließender Hochwasserwelle, welche direkt auf die Ortschaft St. Gallenkirch trifft. Aufgrund dieses Szenarios wurde ein Projekt ausgearbeitet, welches aufbauend auf den neuen Erkenntnissen und Messungen im Einzugsgebiet des Mäbtobels, das Gefahrenpotential und die Auswirkungen dieser Flutwelle für den Siedlungsraum von St. Gallenkirch beurteilt und Maßnahmen im Rahmen eines Risikomanagements beinhaltet.

Als Projektgrundlagen wurden dem Stand der Technik entsprechend Laser-Scan Daten zur Erstellung eines Geländemodells herangezogen. Ebenfalls als Grundlage diente eine geologische Detailuntersuchung durch das Büro Geognos Bertle, wonach mit einer Entlastung der labilen Hangbereiche zu rechnen ist. Aufgrund dieser geänderten Ausgangssituation wurde von Experten für das Bemessungsereignis eine Kubatur von ca. 150.000 m³ Fels- und Murmassen im unmittelbaren Einstoßbereich in den Vorfluter Suggadinbach festgelegt. Die hydrologische Berechnung erfolgte mit dem Modell HEC-HMS. Die Plausibilitätsprüfung und Kalibrierung des Modells konnte mithilfe der dokumentierten Anschlaglinien und Niederschlagsmengen des Ereignisses vom August 2005 durchgeführt werden.

Der Einfluss des Dammbrechens auf die Überflutung des Siedlungsgebietes erfolgte durch die hydraulische Berechnung und Analyse verschiedener Szenarien. Zur Genauigkeitssteigerung

1 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Vorarlberg, Gebietsbauleitung Bregenz Rheinstraße 32/5; A 6900 Bregenz (Tel.: +43 – 5574 – 74995/414; Fax: +43 – 5574 – 74995/5; email: gerald.jaeger@die-wildbach.at)

2 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Salzburg, Gebietsbauleitung Tamsweg Raiffeisenstraße 258; A 5580 Tamsweg (Tel.: +43 – 6474 – 2256/16; Fax: +43 – 6474 – 2256/17; email: markus.moser@die-wildbach.at)

und Plausibilitätsprüfung wurde der Simulationsabschnitt nach hydraulischen und topographischen Gesichtspunkten in 3 Abschnitte gegliedert. Im Abschnitt 1 wird ein Murgang im Mäbtobel mit Einstoß in den Vorfluter und möglicher maximaler Aufstauhöhe simuliert. Diese Simulation erfolgte mit dem Softwarepaket FLO-2D. Eine Grundlage dafür ist eine rheologische Untersuchung des Murmaterials. Abschnitt 2 beschäftigt sich mit dem Dammbuchsenzenario, welches mögliche Varianten eines Dammbuchsen mit anschließender Flutwelle beinhaltet. Im dritten Abschnitt befindet sich die Schluchtstrecke und der Schwemmkegel bzw. das Siedlungsgebiet von St. Gallenkirch. In diesem Abschnitt wird das „Worst Case Szenario“ einer Flutwelle simuliert und die potentiell gefährdeten Bereiche am Schwemmkegel ermittelt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und Erkenntnissen konnte ein Maßnahmenkatalog im Rahmen des Risikomanagements ausgearbeitet werden.

Keywords: Muren, Hydraulik und Hydrologie, Simulationen

ABSTRACT

The Maesstobel bears high risks due to a rockslide in the upper reach. There is the danger of debris jam in the receiving stream Suggadinbach caused by tumbling rock and debris flows of approximately 800,000 cubic metres. According to experts, dam failure and a consecutive flood wave would follow. The flood wave would then directly hit the town of St.Gallenkirch. Due to this scenario, a project was designed which assesses the hazard potential and the effects of this flood wave on the residential area of St. Gallenkirch. The fundamental question is if the discharge peak, together with dam failure, means a higher hazard potential for the residential area at the deposition fan, or if the discharge peak gets flatter through the 2.2 kilometres of canyon reach – which would mean a slimmer hazard potential. Corresponding to the latest technical standard, laser scan data was used in the project to set up a digital terrain model. Another basis was a detailed geological scan. The hydrologic calculations were carried out with the aid of the HEC-HMS model. As to how much dam failure would flood residential areas, various scenarios were assumed in hydraulic calculations and analyses. So as to increase accuracy and test plausibility, the simulation section was split into three sub sectors according to topographic and hydraulic aspects. In sector 1, debris flow in the Maesstobel is simulated (FLO-2D), involving its flow into the receiving river and the possible maximum height of retained debris and water. Sector 2 deals with the scenario of dam failure (HEC-RAS), and it contains different variants of dam failure and the consecutive flood wave. The failure takes place at the discharge peak of 180 m³ per second. The breach reaches its peak after roughly 10 minutes and increases the discharge of the Suggadinbach from 180 to 380 m³ per second. This is pure water discharge. The peak is reached approximately 25 minutes after the beginning of the failure. For further calculation of the flood wave, a corresponding debris ratio was added to water hydrograph dam failure, as the deposited bedload of the Maesstobel is subsequently eroded by water and then carried on to lower reach or deposited at the fan. The discharge scenario assumed is a debris flow with 350.000 m³ of sediment. A discharge peak of 380 m³ per second plus bedload makes a peak of approximately 760 m³ per second. In the third sector, there is debris cone and the residential area of St.Gallenkirch. In this section, the worst case scenario is simulated (FLO-2D). The threatened areas on the debris cone are defined. On the basis of these findings and results, a bundle of active and passive measures could be worked out as part of a risk management concept. Moreover a new technical construction project, which contains 3 debris-sorting dams, was carried out. In addition to the active measurement passive mitigation measures

such as a monitoring system have been installed. This monitoring system is technically improved in order to provide information to local authorities if a debris flow will occur.

Keywords: debris flow, Hydraulics and hydrology, Flood risk, simulation

EINLEITUNG

Steigender Siedlungsdruck im alpinen Lebensraum und ein erhöhter Sicherheitsanspruch der Öffentlichkeit verbunden mit der technologischen Entwicklung fordern vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (WLVB) in Österreich eine ständige Weiterentwicklung und den Einsatz neuester Technologien und Instrumente für den präventiven Schutz der Menschen und des Lebens- und Kulturraumes. Umfassende Risikoanalysen und ein Risikomanagement bilden das Grundkonzept eines umfassenden Naturgefahrenmanagements. Im gegenständlichen Projekt wurde die Auswirkung einer möglichen Flutwelle im Rahmen einer Risikoanalyse und Risikomanagements am Mäbtobel mittels neuester Simulationstechniken untersucht.

PROBLEMSTELLUNG

Das Mäbtobel, mit einem Einzugsgebiet von 0,42 km², stellt aufgrund einer Felsgleitung im Oberlauf ein großes Gefahrenpotential dar [8].



Abb1: Lage des Einzugsgebietes Mäbtobel [8]

Fig1: Location of the catchment area [8]

Im Jahre 1999 hat sich diese Felsgleitung laut einer geologischen Untersuchung beschleunigt und dadurch besteht die Gefahr einer Verklausung des Vorfluters durch herabfallende Fels- bzw. Murmassen von ca. 800.000 m³ [3]. Die weitere Folge ist laut Experten ein Dammdurchbruch mit anschließender Hochwasserwelle im Suggadinbach, welche direkt auf die Ortschaft St. Gallenkirch trifft. Daher wurden bei der Gefahrenzonenplanung für die Gemeinde St. Gallenkirch große rote Gefahrenzonen für den Schwemmkegelbereich ausgeschieden. Nach dem Hochwasserereignis von 2005 wurde das Verbauungskonzept des Mäßtobels bzw. Suggadinbaches nochmals überarbeitet.



Abb2: Geschiebestausperre während dem Hochwasserereignis aus dem Jahre 2005

Fig2: Debris sorting dam during the event in August 2005

ZIELSETZUNG UND METHODIK

Die vorliegende Arbeit, die den Einsatz neuester Technologien und Simulationstechniken beinhaltet, soll die Auswirkung und den Einfluss eines Verklausungsbruchs (Dammdurchbruch) im Mäßtobel/Suggadinbach auf das Siedlungsgebiet von St. Gallenkirch quantifizieren. Die grundsätzliche Frage lautet, ob die Abflussspitze mit Verklausungsbruch ein erhöhtes Gefahrenpotenzial für die Siedlung am Schwemmkegel bedeutet, oder ob sich durch die 2,2 km lange Schluchtstrecke die Abflussspitze abflacht und somit das Gefahrenpotenzial gering gehalten werden kann? [1]

Mit Hilfe einer detaillierten Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse des Ereignisses vom 22. auf den 23. August 2005 werden die Grundlagen zur Rückrechnung des Ereignisses ermittelt. Die hydrologischen Berechnungen erfolgen mit dem hydrologischen Modell HEC-HMS. An ausgewählten Querprofilen werden die errechneten Abflüsse mit den

dokumentierten und rückgerechneten Abflüssen zeitlich und in ihrer Größenordnung gegenübergestellt und somit die Ergebnisse des Niederschlag-Abfluss-Modells verifiziert. Diese Grundlagen dienen als Basis für die hydraulische Simulation des Ereignisses. Die Berechnungen konzentrieren sich auf den Gerinneabschnitt im Zusammenfluss Mäßtobel und Suggadinbach, indem laut Experten die Verklausung erwartet wird. Um die auftretenden Prozesse (Murgang, Dammbbruch, geschiefbeführendes Hochwasser) möglichst realitätsnah nachzubilden, wird der Gerinneabschnitt in 3 Berechnungsabschnitte gegliedert, und eine Kombination von 1- und 2D Modellen durchgeführt.

HYDROLOGISCHE UND HYDRAULISCHE SIMULATION

Die Eingangshydrographen basieren auf den Ergebnissen, die im Zuge der hydrologischen Simulation (Programm HEC-HMS) ermittelt wurden. Exemplarisch zeigt die nachfolgende Grafik die Abflussganglinie des Hauptbaches Suggadinbach am Knoten Zubringer Mäßtobel. Das Bemessungsszenario ergibt eine Abflussspitze von 180 m³/s.

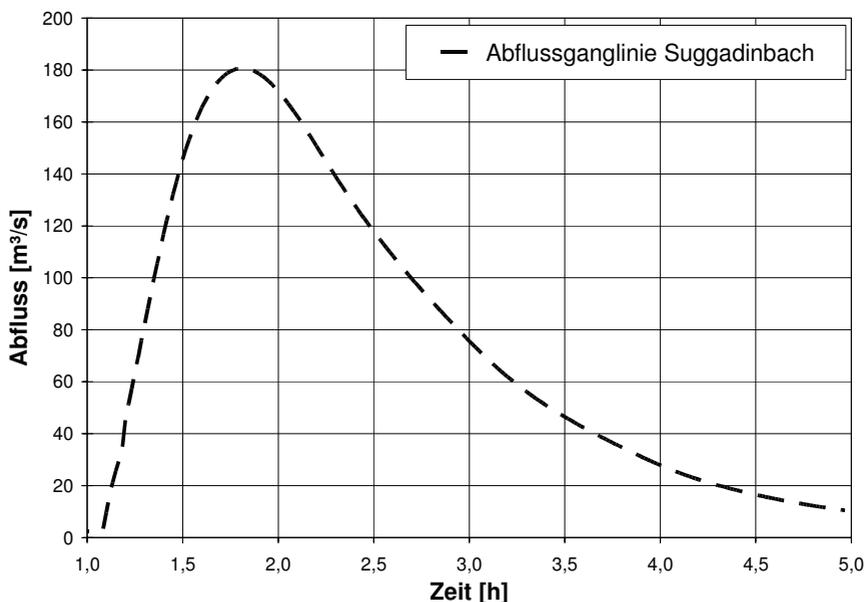


Abb3: Abflussganglinie Suggadinbach

Fig3: Discharge peak of the Suggadinbach

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt schematisch die prozessorientierte Gliederung der hydraulischen Simulation in 3 Abschnitte. Jeder Simulationsabschnitt besitzt einen Eingangs- und Ausgangsknoten. Die für das jeweilige Szenario berechnete Abflussganglinie am Ausgangsknoten dient als Eingangsganglinie für den nächsten Abschnitt.

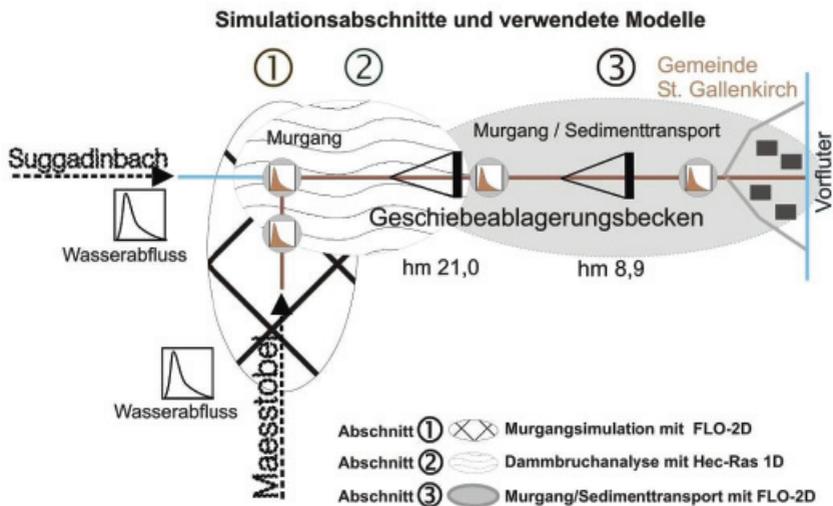


Abb4: Simulationsbereich und Abschnitte

Fig4: Simulation area and sectors

Der erste Abschnitt dient der Simulation des Murganges, der zweite Abschnitt der Simulation der Verklauung (Dammbuch) und der dritte Abschnitt der Simulation der Wellenverformung bis zum Schwemmkegel [11].

1. Abschnitt:

Simulation 1: Murgang des Mäistobels in den Suggadinbach – Die Murmasse führt zu einem Aufstau des Suggadinbaches von ca. 15 m Höhe (FLO 2D) [6].

2. Abschnitt:

Simulation 2: Dammbuchzenario mit dem Softwarepaket HEC-RAS; die entstehende Bresche erhöht die Abflussspitze des Suggadinbaches von 180 m³/s auf 380 m³/s [2,4].

3. Abschnitt:

Simulation 3: Murgang durch den Mittellauf des Suggadinbaches (FLO 2D) [6]; Zu der Reinwasserabflussganglinie kommt noch der Geschiebeanteil dazu – Abflussspitze: 380 m³/s + Geschiebe ergibt eine Spitze von ~760 m³/s [2]

Simulation des Murgangs aus dem Mäistobel im Abschnitt 1

Die Grundlage für die Berechnung des Murgangs mit dem Softwarepaket FLO-2D stammt aus der geologischen Studie Bertle, einer rheologischen Untersuchung des Murmaterials am Institut für Alpine Naturgefahren der BOKU Wien, der Aufbereitung der Laser-Scan Daten und einer Detailbegehung des Einzugsgebietes. Die laut Experten zu erwartenden Szenarien eines Aufstaus des Suggadinbaches durch das Mäistobel (ohne Hochwasserführung des Suggadinbaches) und ein Murgang des Mäistobels mit gleichzeitiger Hochwasserspitze des Suggadinbaches bilden die Ausgangslage für die Simulation 1 und 2.

Als Ergebnis liegen somit zwei Szenarien für einen Mureinstoß in den Vorfluter vor, die als Grundlage für den Damm- bzw. Verklauungsbruch im Abschnitt 2 dienen.

Ermittlung des Hydrographen infolge Sperrenbruch im Abschnitt 2

Bisher gibt es nur wenige Beispiele von Verkläuerungsbrüchen durch Wassereinstau. Erkenntnisse aus der Literatur werden als Anhaltswerte für die Abschätzung des Breschenabflusses und der Ausflusszeiten verwendet.

Die Größe und Einstauhöhe am Knoten Maßtabel/Suggadinbach konnte auf Basis der Ergebnisse im Abschnitt 1 mit ca. 15 m über Bachsohle festgelegt werden. Als Abflussszenario wird ein Murgang mit ca. 350.000 m³ Sedimentanteil und laut Expertenschätzung eine Breschengröße mit einer Breite von 25 m und einer Höhe von 10 m festgelegt. Der Bruch erfolgt bei Abflussspitze des Suggadinbaches mit 180 m³/s. Die Bresche erreicht den Höchststand nach ca. 10 min und erhöht den Abfluss des Suggadinbaches von 180 m³/s auf 380 m³/s. Dabei handelt es sich um einen Reinwasserabfluss. Die Abflussspitze wird ca. nach 25 min nach Bruchbeginn erreicht [1,5].

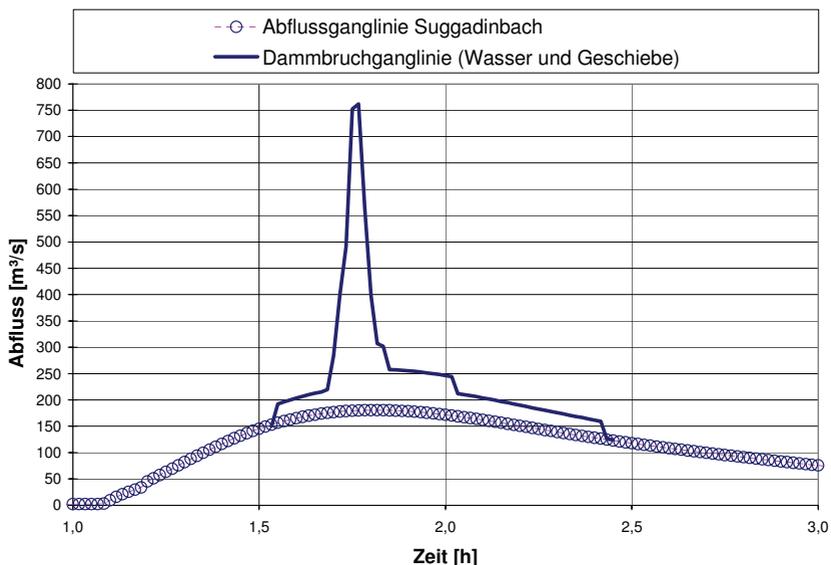


Abb5: Abflussganglinie Dammdurchbruch (schwarz) und Ganglinie des Vorfluters Suggadinbach (punktiert)

Fig5: Runoff hydrograph of dam failure (black) and inflow hydrograph Suggadinbach (dotted)

Abschnitt 3

Für die weitere Berechnung der Flutwelle im Abschnitt 3 wurde der Reinwasserdammbrechganglinie noch ein entsprechender Geschiebeanteil hinzugefügt, da das abgelagerte Geschiebe vom Maßtabel in weiterer Folge durch die Wassermassen erodiert und in den Unterlauf bzw. am Schwemmkegel abtransportiert wird [6]. Die Simulationsergebnisse sind ein Teil der Prozessanalyse, wodurch mögliche Gefahren am Schwemmkegel bzw. im Siedlungsgebiet identifiziert, lokalisiert und in ihrer räumlichen Ausbreitung abgegrenzt werden können.

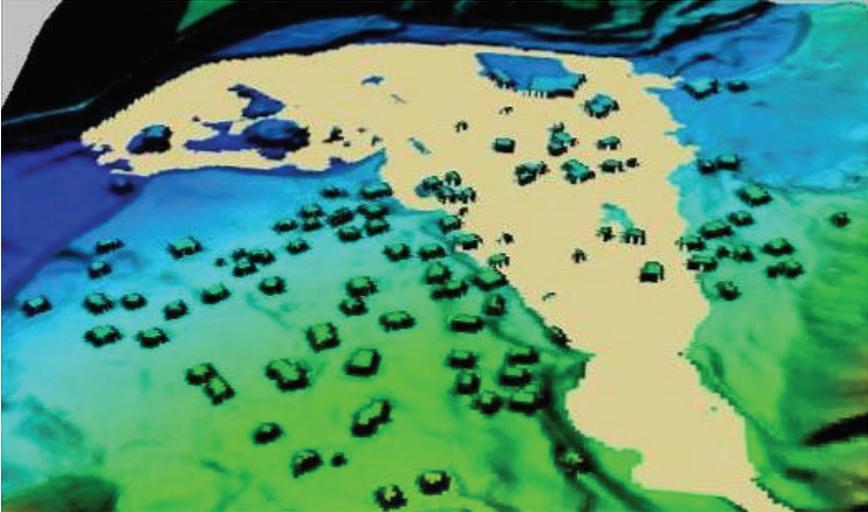


Abb6: Gefährdete Bereiche am Schwemmkegel des Suggadinbaches (Ergebnis der Simulation)
Fig6: Threatened areas on the fan of St. Gallenkirch (result of the simulation)

ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Gemeinde St. Gallenkirch hat einen Antrag an den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung um Ausarbeitung einer Studie bzw. eines Projektes zur Erhöhung der Sicherheit im Siedlungsraum von St. Gallenkirch gestellt. Nach Einschätzung von Experten besteht die Gefahr einer Verklauung durch den Einstoß von Fels- und Murmassen aus dem Mäbtobel und somit ein möglicher Dammdurchbruch mit anschließender Flutwelle.

Aufgrund dieses Szenarios wurde ein Projekt ausgearbeitet, welches aufbauend auf den neuen Erkenntnissen und Messungen im Einzugsgebiet des Mäbtobels, das Gefahrenpotential und die Auswirkungen dieser Flutwelle für den Siedlungsraum beurteilt und Maßnahmen im Rahmen eines Risikomanagements beinhaltet. Dieses Risikomanagement beinhaltet eine Risikoanalyse mit einer Ereignisdokumentation und eine Gefahrenanalyse. Durch eine Gefahrenanalyse, die sich in Prozessanalyse und Wirkungsanalyse gliedert, können mögliche Gefahren identifiziert, lokalisiert und in ihrer räumlichen Ausbreitung abgegrenzt werden. Da die räumliche Ausbreitung bei großen und seltenen Ereignissen vor allem bei Murgängen nur schwer vorhersehbar ist, wird durch sinnvolle Szenariobildung versucht, die Vorhersagesicherheit zu erhöhen. Das Ziel ist die Klassifizierung der Art, der Ausdehnung und des Grades der Gefährdung am Schwemmkegel.

Als Ergebnis dieser Studie wurde festgestellt, dass sich die Gefährdungsbereiche („Rote“ und „Gelbe Gefahrenzonen“) im Wesentlichen mit dem erstellten Gefahrenzonenplan aus dem Jahre 2003 decken. Als Maßnahmen im Rahmen des Risikomanagements Mäbtobel/Suggadinbach sieht das Projekt nun die Errichtung von weiteren 2 Wildbachsperrern

mit Retentionsräumen vor, die die Abflussspitze bei einem eventuellen Dammbbruch abflachen und entschärfen sollen [7].

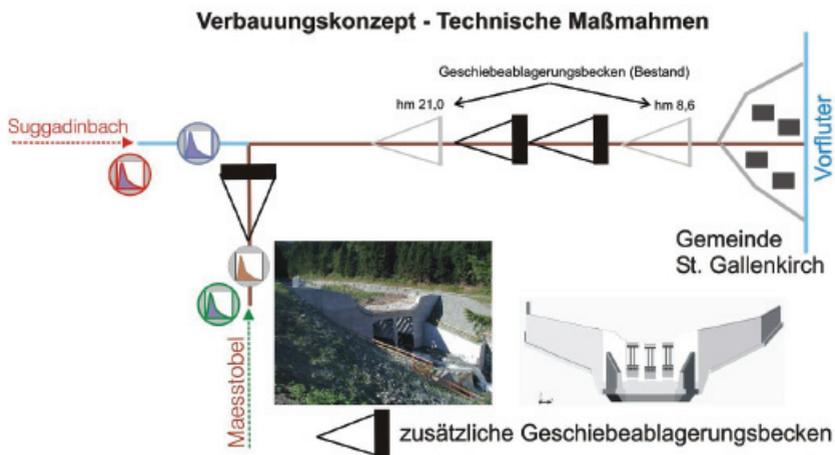


Abb7: Verbauungskonzept Mästobel/Suggadinbach

Fig7: Protection concept and mitigation measures Mästobel/Suggadinbach

Eine derartige Sperre wurde im Jahr 2002 bereits errichtet und hat sich beim Hochwasser im August 2005 bestens bewährt [7].

Das Sicherungssystem beinhaltet ebenfalls ein Frühwarnsystem, wodurch eine Warnung der Bevölkerung im Siedlungsbereich erfolgt. Die Vorwarnzeit beträgt bei Unterstellung der in der Literatur angegebenen Fließgeschwindigkeiten von Murgängen bzw. Hochwasserabflüssen mit starkem Geschiebetransport [12] zwischen 10 und 15 min. Im Rahmen des bestehenden Katastrophenplans können die unmittelbar betroffenen Bewohner informiert und evakuiert werden [10].

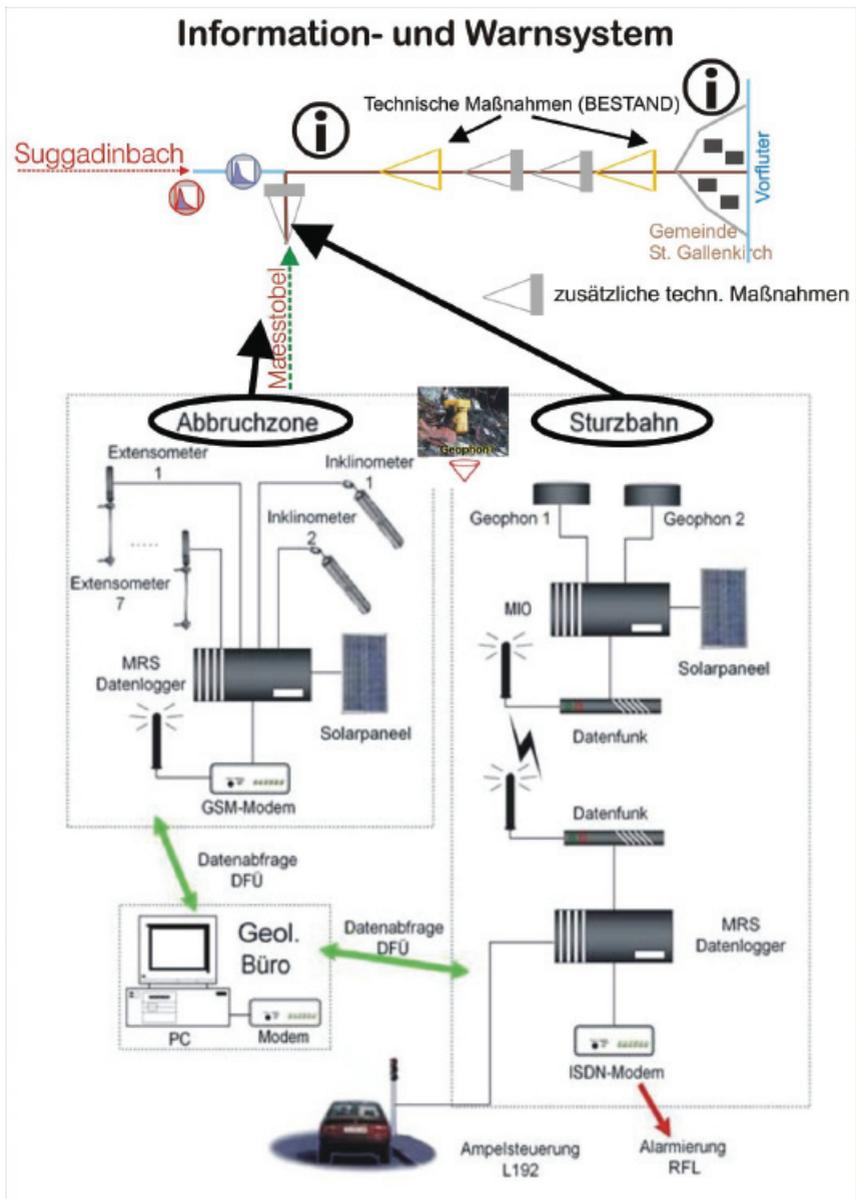


Abb8: Information-/Warnsystem

Fig8: Information and warning system

Das Projekt Mätsstobel/Suggadinbach kann als ein gelungenes Beispiel vom Zusammenwirken von temporären und permanenten Verbauungs-/ Schutzmaßnahmen angesehen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BEFFA, C. (2001): Diagramme zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen, In: Wasser, Energie, Luft, Heft ¾
- [2] BEFFA, C. (2002): Integration ein- und zweidimensionaler Modell zur hydrodynamischen Simulation von Gewässersystemen, Int. Symposium „Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau“; 7.-9. Oktober 2002, ETH Zürich
- [3] GEOGNOS BERTLE (2004): Felsgleitung Mäbtobel – geologisch-geomorphologisch-hangtektonische Detailuntersuchung; Jahresbericht 2004
- [4] FRANK, J. (1951): Betrachtungen über den Ausfluss beim Bruch von Stauwänden; In: Schweizerische Bauzeitung, 69 Jg., Juli 1951, Seite 401 – 406
- [5] HAMPEL, R. (1960): Bruchversuch an einer Bogensperre der Wildbachverbauung; In: Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 8/9, Jahrgang 12
- [6] FLO-2D, 2-dimensional Flood Routine Model Manual. Version 2006, FLO-2D Software Inc.
- [7] FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG – GEBIETSBAULEITUNG BLUDENZ (WLW 2000): Suggadinbach, Verbauungsprojekt 2000, Technischer Bericht und diverse Unterlagen
- [8] FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG – GEBIETSBAULEITUNG BLUDENZ (WLW 2002): Mäbtobel, Bauprogramm für Einzelbaumaßnahmen 2003, Technischer Bericht und diverse Unterlagen
- [10] SCHMIDT, R. (2002): Warnsysteme in Wildbacheinzugsgebieten; Wildbach- und Lawinenverbauung Vorarlberg, 6900 Bregenz, Rheinstrasse 32/4
- [11] STEINWENDTNER, H. (2002): Einsatzmöglichkeiten von Numerischen Modellen im Zuge der Maßnahmenplanung in geschiebeführenden und murfähigen Wildbächen; unveröffentlicht.
- [12] HÜBL, J., GANAHL, E., GRUBER, H., HOLUB, M., HOLZINGER, G., MOSER, M., PICHLER, A. (2004): Risikomanagement Lattenbach, Risikoanalyse, IAN Report 95 Band 1, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht)