

Extremes Hochwasserereignis 2014 in Schangnau: Ereignisanalyse und Planung von Schutzmassnahmen mit Hilfe von numerischen Modellen

Thomas Scheuner, Severin Schwab, Demian Schneider, Christoph Graf

Zusammenfassung

Infolge des schweren Unwetters vom 24. Juli 2014 traten in der Gemeinde Schangnau (Kanton Bern, Schweiz) ausserordentlich seltene und intensive Hochwasser und Murgänge auf. Die Abflüsse entsprachen statistisch einem 300-jährlichen Hochwasserereignis. Nebst Siedlungsgebiet und Infrastruktur wurden vielerorts auch bestehende Schutzbauten stark beschädigt oder zerstört.

Im Rahmen der bereits durchgeführten und der noch laufenden Instandstellungsarbeiten sollte der Schutz vor Hochwasser- und Murgangereignissen wiederhergestellt bzw. erhöht werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden in einem ersten Schritt eine umfassende Ereignisanalyse sowie eine Geschiebestudie erarbeitet. Auf deren Basis wurden in einem zweiten Schritt die wasserbaulichen Schutzmassnahmen definiert und dimensioniert.

Insgesamt wurden rund 40 wasserbauliche Massnahmen geplant und umgesetzt. Neben der Instandstellung bestehender Schutzbauwerke entstanden auch zahlreiche neue Bauwerke. Das Massnahmenspektrum reichte dabei von Schutzdämmen, Geschiebesammlern, Gerinneverlegungen, Geschiebeentnahmen und Wildbachsperrern bis zu Uferverbauungen mit Blocksatz oder Holzkästen. Aufgrund der komplexen Prozessinteraktionen zwischen Seitenbächen und Vorflutern sowie als Basis für eine gezielte Dimensionierung der Schutzbauwerke kamen numerische Modelle zum Einsatz. Für die murfähigen Wildbäche wurden Murgangsimulationen mit der Software RAMMS::Debrisflow durchgeführt. Dabei wurden die geplanten Schutzdämme sowohl direkt im Höhenmodell eingebaut als auch mit Hilfe von sog. NoFlux-Zellen in der Modellierung berücksichtigt. Für die Modellierung der Hochwasserprozesse wurde die Software Hydro_AS-2D verwendet, wobei die Resultate der Murgangmodellierungen, insbesondere die Geschiebeablagerungen, mitberücksichtigt wurden.

Es hat sich gezeigt, dass numerische Modelle einen wertvollen Beitrag zur Planung von Schutzmassnahmen darstellen. Diese ermöglichen die effiziente Berücksichtigung von komplexen Szenarien und Prozessinteraktionen und stellen eine wertvolle Ergänzung für den Gefahrengutachter dar. Unsicherheiten in der Gefahrenbeurteilung können damit verringert werden.

1 Ausgangslage

Am 24. Juli 2014 wurde die Gemeinde Schangnau (Kanton Bern, Schweiz) von einem schweren und ausserordentlich seltenen Unwetter getroffen. Der Talfluss (Emme) führte eine bisher noch nie beobachtete Hochwasserspitze und in ihren Seitenbächen traten grosse Hochwasser und Murgänge mit erheblichen Geschiebe- und Schwemmh Holzverfrachtungen auf. Eine nahe gelegene Abflussmessstation (Emme, Eggwil-Heidbühl) registrierte Abflussspitzen, die statistisch einem 300-jährlichen Hochwasserereignis entsprechen.

Nebst Siedlungsgebiet und Infrastruktur wurden vielerorts auch bestehende Schutzbauten stark beschädigt oder zerstört. Weiter ereigneten sich zahlreiche Rutschungen und Hangmuren, die

Zufahrtswege verschütteten und Landwirtschaftsland verwüsteten. Die verursachten Schäden betrugen mehr als 8 Millionen Schweizer Franken.

2 Ziele und Vorgehen

Unmittelbar nach den Unwettern vom Juli 2014 entschied die Schwellenkorporation Schangnau in Zusammenarbeit mit dem Oberingenieurkreis IV des Kantons Bern, dass der Schutz vor Hochwasser- und Murgangereignissen zumindest wiederhergestellt, respektive - wo verhältnismässig - erhöht werden soll. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden in einem ersten Schritt eine lokale, lösungsorientierte Ereignisanalyse (kurz LLE, siehe GEOTEST AG & geo7 AG, 2015) sowie eine Geschiebestudie erarbeitet. Die mit den beiden Studien gewonnenen Erkenntnisse konnten direkt für die Instandstellung der Unwetterschäden als auch für die mittel- und längerfristige Planung der wasserbaulichen Schutzmassnahmen berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Ereignisanalyse wurden sowohl die lokale Meteorologie als auch die Hydrologie des Ereignisses vom Juli 2014 untersucht und statistisch eingeordnet. Damit konnten die Dimensionierungsabflüsse festgelegt werden, welche als Grundlage für die bereits laufende Massnahmenplanung sowie für die zukünftige Ergänzung der Gefahrengrundlagen dienen. Ebenfalls wurden die aufgetretenen Gefahrenprozesse und deren Interaktionen untersucht sowie ein Vergleich mit den bestehenden Gefahrengrundlagen durchgeführt.

Darauf aufbauend wurden die Sofort- und Instandstellungsmassnahmen für die beschädigten Schutzbauwerke ausgelöst. Gleichzeitig wurden Konzepte für weitergehende Schutzmassnahmen (baulich, raumplanerisch, organisatorisch) erarbeitet.

3 Ereignisanalyse

3.1 Niederschlag

Häufige und oft auch kräftige Regenfälle bestimmten die erste Julihälfte 2014 im Kanton Bern bzw. im Untersuchungsgebiet und führten verbreitet zu stark vorgesättigten Böden. Gegen Monatsmitte wurden die normalen Julisummen der Niederschläge in weiten Teilen der Schweiz bereits erreicht, lokal auch schon deutlich überschritten. Die Speicherkapazität der Böden war daher stark eingeschränkt und die hydrologischen Einzugsgebiete in einem generell abflussbegünstigendem Zustand. Verhältnismässig wenig Niederschlag führte schliesslich zu Hochwassern und Murgängen in den Fliessgewässern und Rutschungen und Hangmuren an den Hängen.

Am Morgen des 24. Juli bildete sich am zentralen und östlichen Alpennordhang eine Gewitterlinie. In der Region Schangnau gingen dabei ungewöhnlich heftige Niederschläge nieder: Innert weniger Stunden fiel östlich der Marbachegg bis zu 95 mm Niederschlag (siehe Abb. 1) und das Stundenmaximum betrug 66 mm/h. Das Niederschlagsereignis dauerte insgesamt 7 Stunden, wobei der grösste Anteil des Niederschlags in einem Zeitraum von 3 Stunden fiel.

Eine genaue statistische Einordnung des Niederschlagsereignisses ist aufgrund der kurzen Messperiode an der nächstgelegenen Niederschlagsmessstation Marbachegg nicht möglich. Stützt man sich hingegen auf die Radardaten der MeteoSchweiz (SMA), dann kann von einer Wiederkehrperiode von 100 bis 200 Jahren ausgegangen werden.

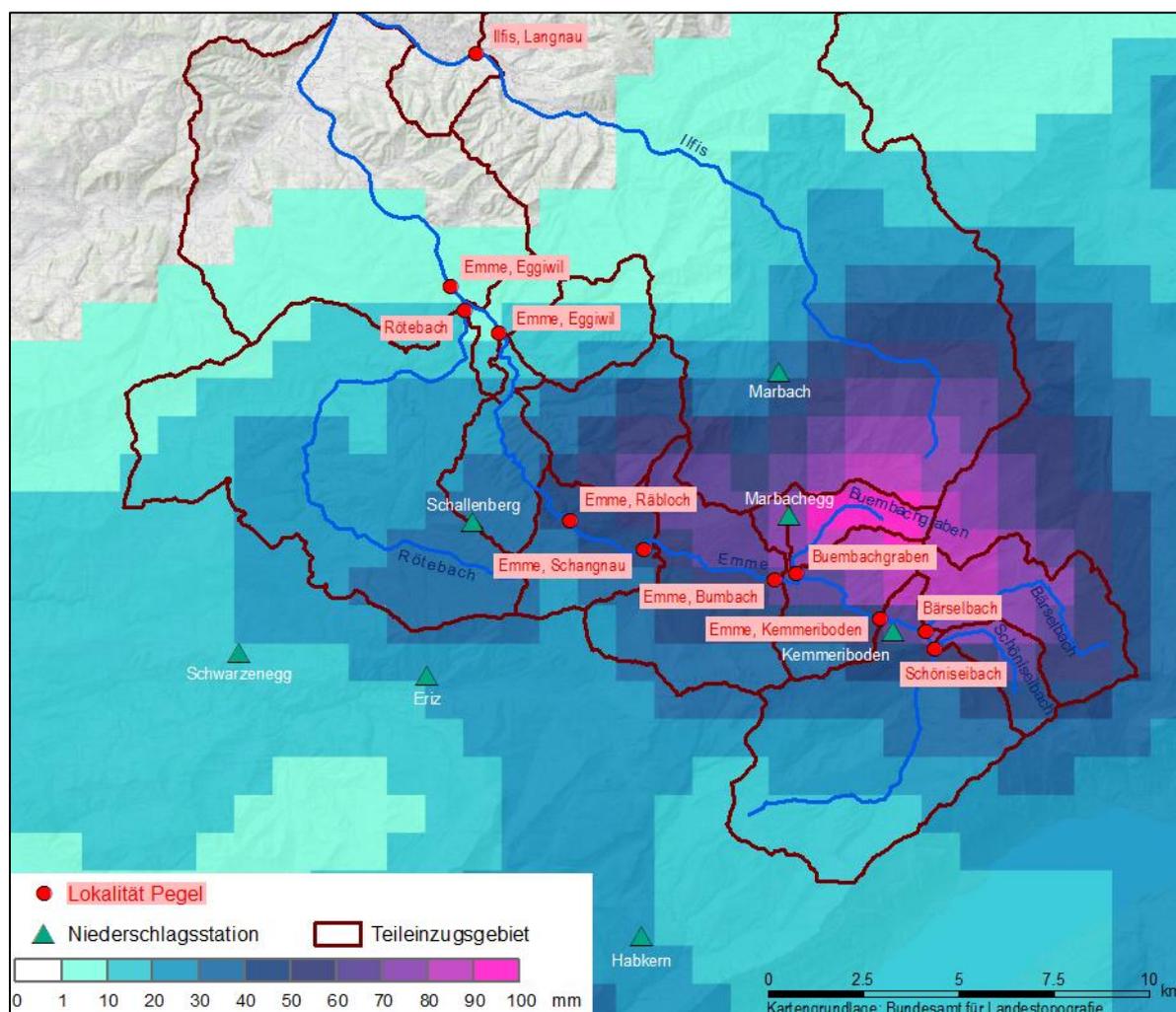


Abb. 1 Niederschlagssumme vom 24.7.2014 ermittelt aus den Radardaten der SMA.

3.2 Abflüsse

Basierend auf den vorhandenen Messungen an der Abflussmessstation Emme in Eggiwil-Heidbühl in Eggiwil¹ rund 7 km flussabwärts der Gemeinde Schangnau (siehe Abb. 2) sowie anhand von Hochwasserspuren entlang des Gerinnes wurden die Abflussspitzen an verschiedenen Stellen an der Emme bestimmt.

Die Emme in Schangnau wies eine Hochwasserspitze von rund 330 m³/s (+/- 15 %) auf. Dies entspricht einer Abflussspende von 3.8 m³/s km². Ausuferungen auf dem Gemeindegebiet von Schangnau führten vermutlich dazu, dass die Abflussspitze infolge fließender Retention noch erheblich gedämpft wurde.

In der flussabwärts von Schangnau gelegenen, engen Schlucht des Räblochs (siehe Abb. 2) wurde die Emme zurückgestaut. Grund dafür war einerseits die grundsätzlich limitierte Abflusskapazität des Schluchtabschnitts, resultierend aus einem topographisch vorgegebenen, sehr engen Abflussquerschnitt (stellenweise weniger als 2 m breit) sowie eine massive, rund 12 m hohe und 60 m lange Verkläusung des Schluchtquerschnitts durch Schwemmholz und weiteres

¹ Station des Bundesamtes für Umwelt BAFU (Stationsnummer 2409, siehe <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2409.html>)

Schwemmmaterial. Dadurch wurden insgesamt gut 260'000 m³ Wasser in Form eines Sees zurückgestaut. Durch den Rückstau wurden Liegenschaften ca. 1.5 km flussaufwärts überflutet.

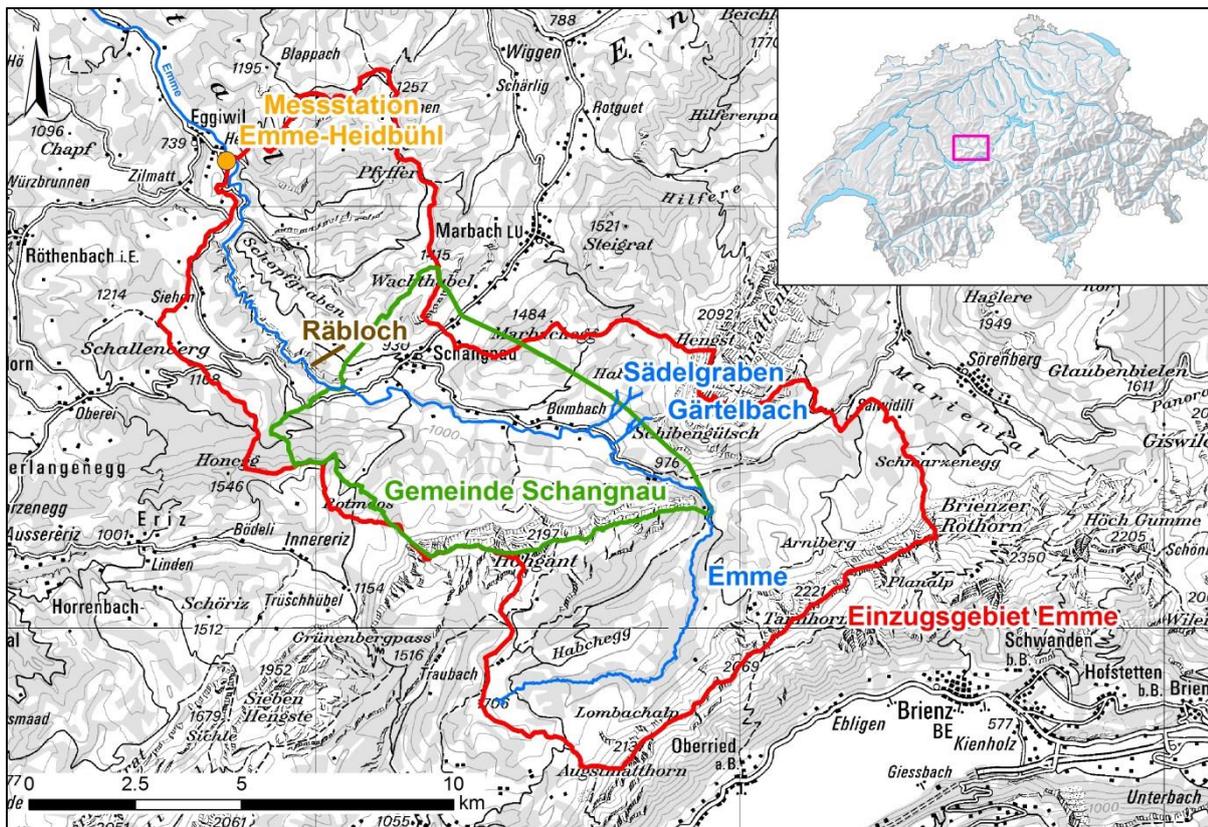


Abb. 2 Untersuchungsgebiet Schangnau, Kanton Bern.

Die hydraulische Engstelle Rüblochschlucht dämpfte die Abflussspitze der Emme um rund 50 - 70 m³/s. Bei der flussabwärts des Rüblochs gelegenen Messstation Emme-Heidbühl (Gemeinde Eggiwil) wurde trotz zahlreicher einmündender Seitenzuflüsse und einem im Vergleich zum Standort des Rüblochs deutlich grösseren Einzugsgebiet lediglich ein Abfluss von 310 m³/s gemessen.

Der Vergleich der gemessenen und rekonstruierten Abflüsse an der Emme mit den Szenarien der Gefahrenkarten zeigt, dass die Abflüsse in Schangnau grösser ausfielen, als für das 300-jährliche Szenario angenommen. Basierend auf den gemessenen Abflüssen und unter Berücksichtigung der Dämpfung durch das Rübloch mussten die Dimensionierungsabflüsse daher im Vergleich zur Gefahrenkarte deutlich nach oben korrigiert werden.

3.3 Schwemmholz

Aus den steilen und bewaldeten Seitengraben wie auch aus den Böschungen entlang der Emme wurden grosse Mengen an Schwemmholz mobilisiert. Im Sädelgraben wurde beispielsweise rund 500 m³ Frisch- und Totholz bis auf den Kegel verfrachtet (siehe Abb. 3). Insgesamt wurden in Schangnau rund 2'800 m³ Schwemmholz in die Emme eingetragen (Böckli et al., 2015). Davon wurden rund die Hälfte, also 1'400 m³ in der engen Emme-Schluchtstrecke des sogenannten Rüblochs als Verklausung retendiert.



Abb. 3 Verklausung der Brücke am Sädelgraben (Gemeinde Schangnau).

3.4 Geschiebe

Verlässliche Abschätzungen bezüglich des Geschiebetransportes von Seitenbächen bestehen vor allem für die beiden murfähigen Einzugsgebiete des Sädelgrabens und Gärtelbachs (siehe Abb. 2). Hier wurden rund 15'000 m³ bzw. 7'000 m³ Geschiebe mobilisiert und in den Talboden verfrachtet. Dies entspricht in beiden Gerinnen schätzungsweise einem 100-jährlichen Ereignis. Die Einordnung der Jährlichkeiten an den Seitenbächen ist aufgrund fehlender Messungen vergangener Ereignisse generell sehr schwierig.

Der Vorfluter Emme weist entlang von grösseren Abschnitten langfristig grundsätzlich ein Geschiebedefizit auf, d.h. sie befindet sich in einem Erosionszustand (Hunziker, Zarn und Partner AG, 2015). Durch den erheblichen Geschiebeeintrag der Seitenbäche im Rahmen der Unwetter vom Juli 2014 kam es aber lokal zu starken Auflandungen und damit zu einer teils erheblichen Einschränkung des Abflussquerschnittes. Die Hochwasserschutzdefizite waren deshalb lokal stark erhöht. Im Rahmen der Intervention nach dem Ereignis mussten daher stellenweise grössere Kiesentnahmen durchgeführt werden.

3.5 Gefahrenprozesse und Gefahrenkarte

Infolge der hohen Abflussspitze traten an diversen Stellen entlang der Emme Ausuferungen infolge ungenügender Gerinnekapazität auf. Der Dorfteil Bumbach wurde beispielsweise überflutet, wobei Fliesshöhen von lokal deutlich über 1 m sowie hohe Fliessgeschwindigkeiten von rund 2 bis 3 m/s auftraten. Durch den grossen Geschiebeeintrag aus den Seitengräben konnten zudem an zahlreichen Stellen Auflandungstendenzen beobachtet werden. Auch Tiefen- und Seitenerosion, oft verbunden mit lokalen Kolkphänomenen, führten zu hinterspülten Brückenswidern respektive teils vollständig zerstörten Brücken (siehe Abb. 4). Die Erosionsbreiten betragen stellenweise bis zu 15 m. Zahlreiche Schutzbauten (Blockverbau, Buhnen, etc.) wurden zerstört oder stark beschädigt (siehe Abb. 5).

Der Vergleich des Ereignisses vom 24. Juli 2014 mit der bestehenden Gefahrenkarte aus dem Jahr 2003 (B-I-G und Herzog Ingenieure AG, 2003) zeigt grössere Differenzen: So wurden beispielsweise die Prozessarten (Murgang, Ufererosion, etc.), die Prozessintensitäten und Gefahrenflächen, die Prozessketten (z.B. Geschiebeeintrag in den Vorfluter) oder die auslösenden Prozesse (z.B. Auflandung) im Rahmen der Gefahrenkartierung nicht oder nur teilweise er-

kannt. Im Rahmen der laufenden Beratung der Gemeindebehörden von Schangnau wurde deshalb empfohlen, die Gefahrengrundlagen nach Abschluss der wasserbaulichen Arbeiten grundlegend zu überarbeiten.



Abb. 4 Zerstörter Uferverbau an der Emme und hinterspültes Brückenwiderlager der Büetschlibrücke, Gemeindegebiet von Schangnau (Blick in Fließrichtung).



Abb. 5 Hinterspülte Buhnen sowie Ufererosionsbreiten von bis zu 15 m bei Bumbach, Gemeindegebiet von Schangnau (Blick gegen Fließrichtung).

4 Intervention, Instandstellung und wasserbauliche Schutzmassnahmen

4.1 Alarmierung und erste Notmassnahmen

Das Unwetter vom 24. Juli 2014 kam für die Feuerwehr Schangnau völlig überraschend. Eine Alarmierung seitens der Wetterwarndienste fand nicht statt. Das Extremereignis führte zudem dazu, dass die Feuerwehr praktisch nicht einsatzfähig war, da die Mannschaft aufgrund von weggerissenen Brücken und unterbrochenen Zufahrtswegen nicht einrücken konnte. Noch am Ereignistag nahm deshalb das regionale Führungsorgan (RFO) seinen Einsatz auf und entlastete damit die Feuerwehr erheblich.

Im Rahmen der sofort eingeleiteten Notmassnahmen wurden durch die Feuerwehr, lokale Bauunternehmen, den Zivilschutz sowie die Schweizer Armee Wege, Strassen, Brücken und labile Böschungen gesichert und, wo notwendig, wiederhergestellt, Geschiebe aus verfüllten Gewässerabschnitten ausgebaggert sowie Verklausungen durch Schwemmholz oder anderes Schwemmmaterial entfernt. Die Phase der Notmassnahmen dauerte rund 15 Tage.

4.2 Instandstellungsmassnahmen

In den ersten Monaten nach dem Unwetterereignis wurden insgesamt an rund 40 Lokalitäten Instandstellungsmassnahmen umgesetzt. Die entstandenen Schäden wurden behoben bzw. bestehende Schutzbauwerke Instand gestellt und wo nötig ergänzt. Damit wurde der Schutzgrad in Bezug auf Personen- und Sachwerte wieder mindestens auf das Niveau vor dem Ereignis hergestellt.

Entlang der Emme wurden grösstenteils neue Ufersicherungen realisiert. Je nach lokalem Schutzziel, vorhandenen Schutzgebieten (Naturschutz, Grundwasser, etc.) und zu erwartenden Schubspannungen (z.B. in Prallhängen) wurden die Ufer mit Blocksatz oder Holzverbau gesichert. Die waldrechtlichen, fischereitechnischen sowie ökologischen Vorgaben wurden unter Berücksichtigung der Hochwassersicherheit und Verhältnismässigkeit berücksichtigt (z.B. Fischunterstände). Zudem wurde bei Gewässerabschnitten mit Ufererosion aus Hochwasserschutzgründen versucht, die Böschung nicht auf den ursprünglichen Zustand wiederherzustellen, sondern das Abflussprofil der Emme möglichst zu vergrössern. In den Seitenbächen wurden die instabilen Böschungen und die Bachsohlen hauptsächlich mit Blöcken oder Holzkonstruktionen gesichert. Stellenweise wurden auch Schutzdämme umgesetzt oder erweitert.



Abb. 6 Erodierter Prallhang in Schangnau (vgl. Abb. 5) nach dessen Wiederherstellung mittels Blocksatz auf einem Holzrost sowie mit einem neu erstellten Doppeltrapezprofil (Blick in Fliessrichtung). Die Bepflanzung erfolgt im Frühling 2016.

4.3 Langfristige Schutzkonzepte

4.3.1 Massnahmenspektrum

Um lokale Schutzdefizite langfristig zu eliminieren, sind zusätzlich zu den bereits umgesetzten Instandstellungsmassnahmen neue Schutzbauwerke notwendig. Diese werden zurzeit im Rahmen von wasserbaulichen Vorstudien erarbeitet und evaluiert. Das Massnahmenspektrum

reicht dabei von Schutzdämmen und Geschiebesammlern über Gerinneverlegungen bis zu Geschiebeentnahmen und Sperrbauwerken. Aufgrund der komplexen Prozessinteraktionen zwischen Seitenbächen und dem Vorfluter Emme sowie als Basis für eine gezielte Dimensionierung der Schutzbauwerke wurden und werden in der wasserbaulichen Planung numerische Modelle eingesetzt.

4.3.2 Numerische Modelle für Murgänge

Für die murfähigen Wildbäche wurden Murgangsimulationen mit der Software RAMMS::Debrisflow (Version 1.6) durchgeführt. Dabei wurden beispielsweise die geplanten Schutzdämme sowohl direkt im Höhenmodell eingebaut als auch mit Hilfe von sog. NoFlux-Zellen in der Modellierung berücksichtigt (siehe Abb. 7). Es zeigte sich, dass die Implementierung der NoFlux-Zellen im Vergleich zur Modifikation des Höhenmodells deutlich effizienter ist. Die Modellierungsergebnisse sind zudem als plausibel einzustufen (Wernli, 2015). Der turbulente sowie der Coulomb-Reibungswert wurden dabei basierend auf den zahlreichen gut dokumentierten Resultaten kalibriert.

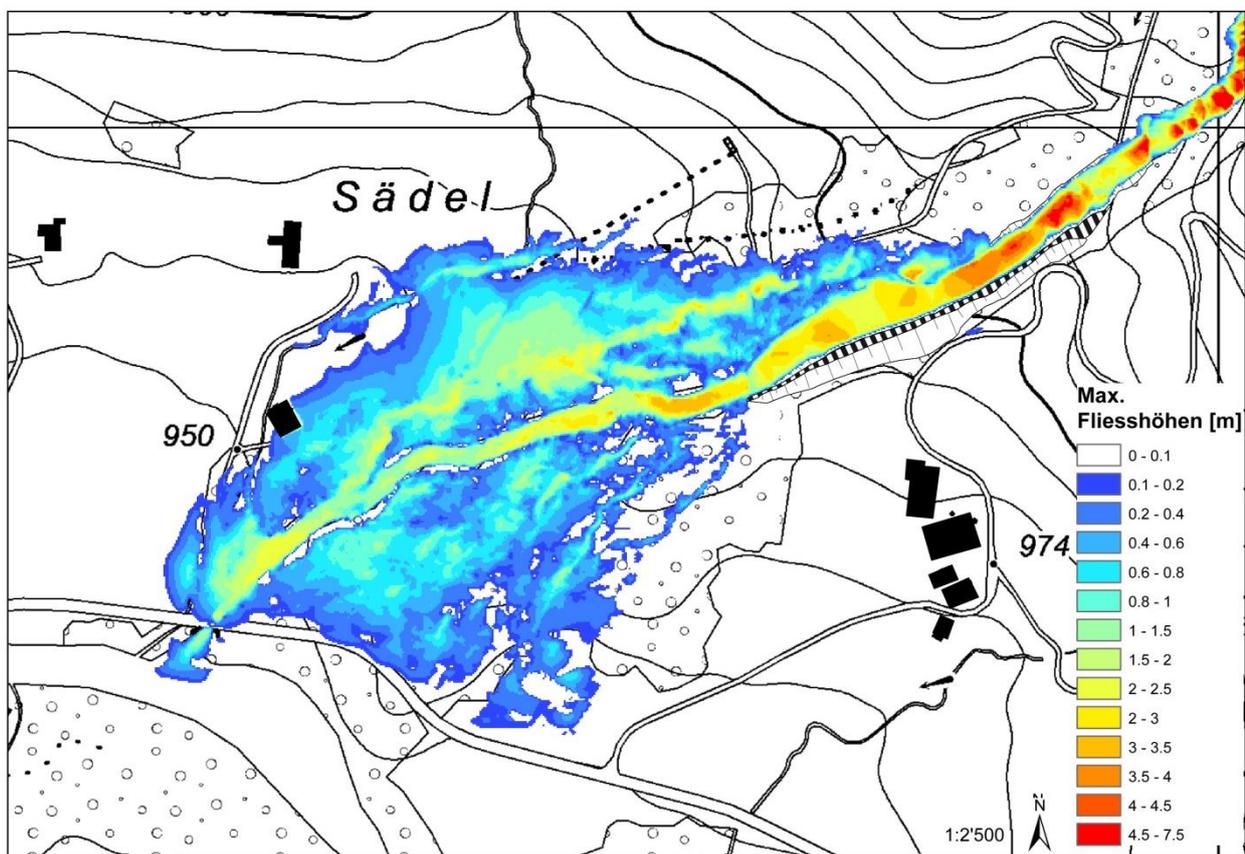


Abb. 7 Modellierung eines 300-jährlichen Ereignisses mit RAMMS::Debrisflow beim Sädelgraben. Der Schutzdamm auf der linken Gerinneseite (schwarz schraffiert) wurde ins digitale Höhenmodell eingebaut.

4.3.3 Numerische Modelle für Hochwasserprozesse

Für die Modellierung der Hochwasserprozesse wurde die Software Hydro_AS-2D verwendet. Dabei wurden die Resultate der Murgangmodellierungen mitberücksichtigt, indem beispielsweise am Gärtelbach die modellierten Geschiebeablagerungen im Vorfluter zum bestehenden Höhenmodell addiert wurden. Damit konnten die Auswirkungen von geplanten Schutzmassnahmen

men (in vorliegendem Fall eine Gerinneverlegung) bzw. Prozessinteraktionen (z.B. zwischen Murgang und Hochwasser) berechnet werden. Des Weiteren wurden auch Hochwassermodellierungen durchgeführt, um Schutzdämme zu dimensionieren (siehe Abb. 8), wobei nebst den berechneten Fließhöhen vor allem auch die Fließgeschwindigkeiten (Energiehöhe) sowie die Schubspannungen von Relevanz waren.

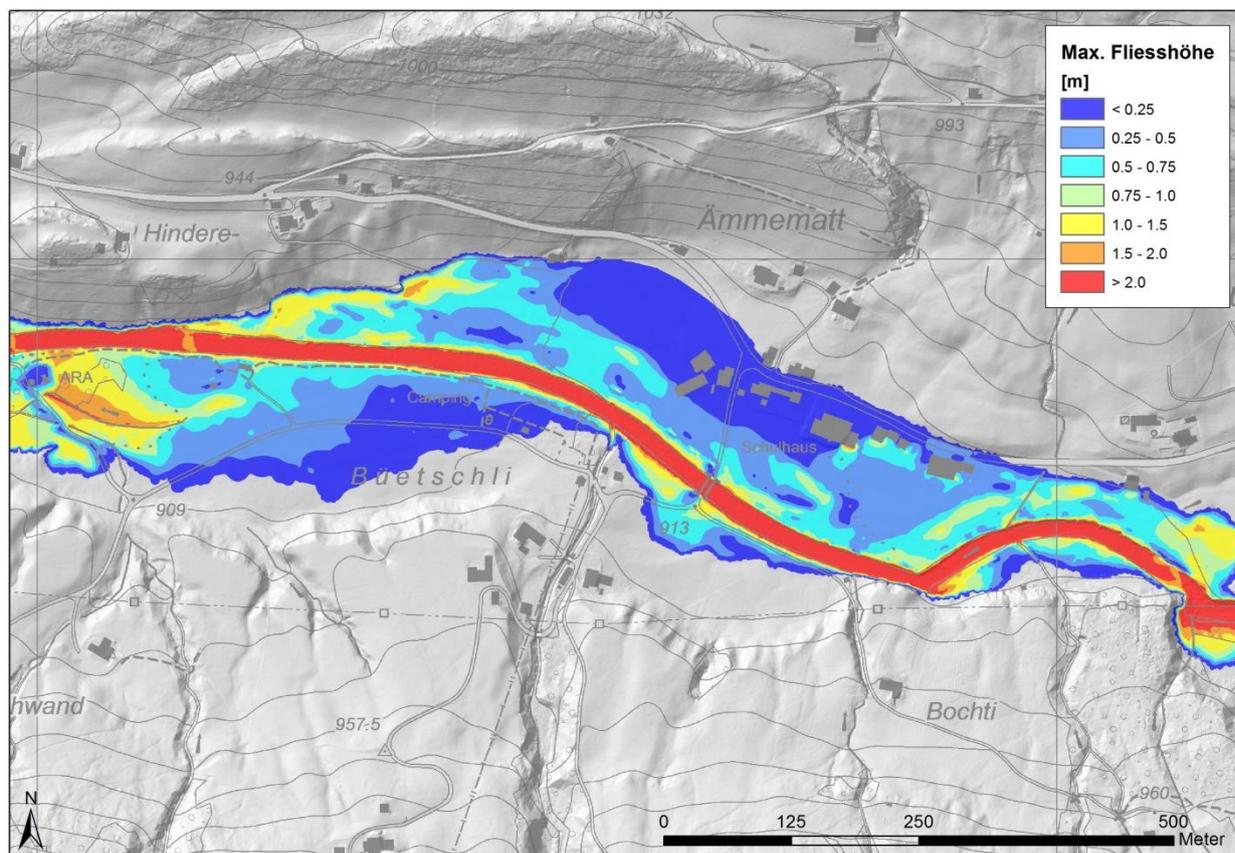


Abb. 8 Modellierung eines 300-jährlichen Hochwasser-Ereignisses mit Hydro_AS-2D an der Emme bei Bumbach Dorf (Gemeinde Schangnau). Die Modellierungen dienen als Grundlage für die Dimensionierung von Schutzdämmen.

5 Schlussfolgerungen

Die durchgeführte lokale, lösungsorientierte Ereignisanalyse im Sinne des integralen Risikomanagements war ein unverzichtbares Instrument für die mittel- und langfristige Planung sowie das partizipative Miteinbeziehen aller betroffenen Akteure. Die Auswertung der Ereignisse ist dabei ein entscheidender Schritt, um Lehren in den Bereichen Vorbeugung, Bewältigung und Regeneration ziehen zu können.

Die Ereignisanalyse zeigte ausserdem, dass aufgrund der sehr seltenen Hochwasserereignisse vom 24. Juli 2014 primär die enormen Abflussspitzen der Emme und der Seitenbäche, sekundär auch Geschiebeablagerungen (Auflandungen), Erosionsprozesse, Verklausungen sowie Prozessketten (z.B. Rückstau des Vorfluters durch Geschiebeeintrag von Seitenbächen) entscheidend waren für die erheblichen Unwetterschäden in Schangnau.

Die beobachteten Diskrepanzen zwischen der bestehenden Gefahrenkarte und dem Ereignis vom 24. Juli 2014 können daher hauptsächlich darauf zurückgeführt werden, dass die Wiederkehrperiode des Ereignisses deutlich grösser war als in der Gefahrenkarte beurteilt und die

Prozessabläufe und -ketten in der beobachteten Form nicht in jedem Fall vorhersehbar waren. Zudem führten die limitierten Methodenansätze zur Zeit der Erstellung der Gefahrenkarte zu lokalen Unschärfen.

Der Einsatz von numerischen Modellen für Murgang- und Überflutungsprozesse lieferte einen wertvollen Beitrag zur Planung der Schutzmassnahmen. Anhang der Modellierungen konnten komplexe Szenarien und Prozessinteraktionen zeiteffizient berücksichtigt werden. Dies ergänzte die Arbeit des Gefahrgutachters bzw. des planenden Ingenieurs im Sinne eines klaren Mehrwertes. Unsicherheiten in der Gefahrenbeurteilung konnten damit klar verringert werden.

Literatur

B-I-G und Herzog Ingenieure AG (2003): Gefahrenkarte Gemeinde Schangnau. Wabern, 15. März 2003.

Böckli, M.; Rickli, C.; Badoux, A.; Rickenmann, D.; Ruíz Villanueva, V.; Zurbrügg, S.; Stoffel, M. (2015): Schwemmholzstudie Hochwasser 24. Juli 2014 im oberen Emmental.

GEOTEST AG; geo7 AG (2015): Schangnau-Eggiwil - Lokale, lösungsorientierte Ereignisanalyse (LLE) Unwetter 24. Juli 2014.

Hunziker, Zarn & Partner AG (2015): Geschiebemanagementkonzept Kemmeribodenbad – Räbloch.

Wernli, R. (2015): Evaluation von Murgangschutzmassnahmen am Sädelgraben in Schangnau. Masterarbeit, HSR Rapperswil, Civil Engineering and Building Technology.

Anschrift der Verfasser

Thomas Scheuner
GEOTEST AG
Bernstrasse 165, CH-3052 Zollikofen
thomas.scheuner@geotest.ch

Severin Schwab
GEOTEST AG
Bernstrasse 165, CH-3052 Zollikofen
severin.schwab@geotest.ch

Demian Schneider
Tiefbauamt des Kantons Bern, Obergeringenieurkreis IV
Dunantstrasse 13, CH-3400 Burgdorf
demian.schneider@bve.be.ch

Christoph Graf
Eidgenössisches Forschungsinstitut WSL
Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf
christoph.graf@wsl.ch