

FAN Forum 2016

Notfallplanung und Naturgefahrenberater:

Neue Ergänzungen in der Gefahrenprävention



Ablagerung des Felssturzes in der Kleinen Emme und Wasserschäden im Industriegebiet. Foto: ZSO Emme

Inhalt

Ausbildung «Lokale Naturgefahrenberater» in der Schweiz	3
LNB: Innovatives Potential im Naturgefahrenmanagement	6
LNB in Graubünden	7
Notfallplanung Naturgefahren Kanton LU	9
Auswirkungen des Felssturzes vom 11. Januar 2016 in Wolhusen	13

Herausgeber / Editeur

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

Offizielle Adresse / Adresse officielle

Nils Hählen, Abteilung Naturgefahren
Schloss 2
3800 Interlaken
Tel. 033 826 42 81, E-Mail: nils.haehlen@vol.be.ch

**Sekretariat, Administration, Kurswesen /
Secrétariat, administration, cours**

Ingenieure Bart AG, Rolf Bart,
Waisenhausstrasse 15, 9000 St. Gallen
Tel. 071 /228 01 70
E-Mail: kontakt@fan-info.ch
Internet: <http://www.FAN-Info.ch>

**Redaktion FAN-Agenda /
Rédaction Agenda-FAN**

Jean-Jacques Thormann, HAFL, Zollikofen
Sonja Zraggen, Amt für Tiefbau, Kanton Uri
Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf
Martin Frei, MFrei Infra GmbH, Amriswil

**Meldungen, Beiträge und Anfragen FAN-Agenda an:
Informations, contributions et demandes à
l'adresse suivante:**

Jean-Jacques Thormann, Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissen-
schaften HAFL, Fachgruppe Gebirgswald & Naturgefahren
Länggasse 85, 3052 Zollikofen
Tel. 031 910 21 47, Fax 910 22 99,
E-Mail: jean-jacques.thormann@bfh.ch

Zielsetzung der FAN

Die Tätigkeit der FAN steht im Dienste der Walderhaltung und dem Schutz vor Naturgefahren. Sie widmet sich insbesondere dem Thema Weiterbildung bezüglich Lawinen-, Erosions-, Wildbach-, Hangrutsch- und Steinschlaggefahren. Die ganzheitliche, interdisziplinäre Beurteilung und Erfassung von gefährlichen Prozessen sowie die Möglichkeiten raumplanerischer und baulicher Massnahmen stehen im Zentrum.

Mitgliedschaft bei der FAN

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 400 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 100.– / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

Objectif de la FAN

La FAN est au service de la conservation des forêts et de la protection contre les dangers naturels. Elle se consacre en particulier au thème du perfectionnement dans le domaine des dangers que représentent les avalanches, l'érosion, les torrents, les glissements de terrain et les chutes de pierres. Elle met aussi l'accent sur deux aspects importants: des évaluations et des relevés globaux et interdisciplinaires des processus dangereux, et les mesures possibles en matière d'aménagement du territoire et de génie forestier.

Adhésion à la FAN

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 400 membres, répartis dans toute la Suisse. Les demandes d'adhésion doivent être adressées au président ou au secrétaire. L'adhésion à la FAN coûte fr. 100.– / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposé.

Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Liebe Mitglieder der FAN

Lokale Naturgefahrenberater/Innen sind eine Ergänzung in der Gefahrenprävention vor Ort in den Regionen, um die Fachkräfte und die Feuerwehren zu unterstützen.

Das diesjährige FAN-Forum gab einen Überblick über das Konzept und die Ausbildung der lokalen Naturgefahrenberater/Innen von Seiten des Bundes und dem Kanton Graubünden als Beispiel. Die neue Aufgabe wurde zudem auch aus sozialwissenschaftlicher Sicht betrachtet.

Die lokalen Naturgefahren/Innen sind ein wichtiges Element in der Notfallplanung. Ein Erfahrungsbericht aus dem Kanton Luzern zeigt uns die Wichtigkeit dieser Planung aus Sicht der Behörden und der Feuerwehr auf, damit bei einem Ereignis die Einsatzkräfte möglichst zielgerichtet und effizient ihre Aufgabe erledigen können.

Am 11. Januar 2016 kam die Notfallplanung des Kantons Luzern beim Felssturz in Wohlhusen erfolgreich zur Anwendung. Dieses völlig unvorhersehbare Ereignis hat in der kleinen Emme wie ein Meteoriteneinschlag gewirkt. Steine aus dem Bachbett wurden durch die Wucht des Aufpralls vom Felsen wie Wurfgeschosse bis zu 200 Meter weit weggeschleudert. Werner Gerber von der WSL hat die Schadensbilder analysiert und die Wurfbahnen nachberechnet. Es ist ein spannender Bericht über dieses doch eher spezielle Ereignis entstanden, den er im Nachgang zum Forum der FAN Agenda zur Verfügung gestellt hat.

Herzlichen Dank und viel Spass beim Lesen!

Für die Redaktion

Jean-Jacques Thormann

Ausbildung «Lokale Naturgefahrenberater» in der Schweiz

Manuel Häberli (Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, manuel.haerberli@bafu.admin.ch)

Einleitung

Die Auswertung des Hochwassers vom August 2005 im Rahmen des Projekts „Optimierung von Warnung und Alarmierung (OWARNA1)“ sowie die Ereignisanalysen der Hochwasser vom August 2005 und August 2007 zeigen das grosse Potenzial der Vorsorge und Intervention zur Reduktion des Schadenausmasses bei Naturereignissen auf. So wurden unter anderem die Meteo- und Hochwasserwarnungen deutlich verbessert und Fachleuten sowie der Bevölkerung deutlich verbesserte Prognosen zur Verfügung gestellt. Bestes Beispiel dazu sind neue Apps von MeteoSchweiz und die Webseite www.naturgefahren.ch. Dieses Potenzial gilt es im Hinblick auf künftige Ereignisse konsequent zu nutzen.

Die zeitgerechte Auslösung von Interventionsmassnahmen bedingt, nebst umfassenden Vorbereitungen wie Notfallplanungen, entsprechendes Fachwissen vor Ort, um die Vorhersagen, Messdaten und Beobachtungen beurteilen und im lokalen Kontext interpretieren zu können.

Für den Aufbau und die Aufrechterhaltung dieses lokalen Fachwissens hat der Bundesrat im Rahmen des OWARNA-Folgeberichts (LAINAT 2010) unter anderem auch die Einführung und Ausbildung von lokalen Naturgefahrenberaterinnen und -berater (in der Folge LNGB genannt) beschlossen. Die LNGB werden nach dem „Schneeballsystem“ ausgebildet und in die jeweiligen Führungsorganisationen integriert.

Konzept zur Ausbildung der lokalen Naturgefahrenberatern

In der Schweiz wird im Umgang mit Naturgefahren das Prinzip des integralen Risikomanagements (IRM) angewendet. Das IRM geht von der Gleichwertigkeit der Massnahmen in den drei Phasen Vorbeugung, Bewältigung und Regeneration aus (PLANAT 2013).

Die LNGB sind primär in den Sektoren Vorbeugung und Bewältigung aktiv. Sie beraten die lokale Intervention mit ihren Beurteilungen und unterstützen in der Vorbeugung unter anderem die Erstellung von Notfallplänen. Zudem leisten sie einen wichtigen Beitrag in der Ereignisdokumentation. Das Ausbildungskonzept wurde in der Agenda FAN 3/2012 vorgestellt.

Aufgaben der lokalen Naturgefahrenberatern

Die Aufgaben der LNGB sind gemäss Pflichtenheft Konzeption Bund in den Sektoren Vorbeugung und Bewältigung:

bei der vorsorglichen Planung:

- die zivile Führung und die Einsatzkräfte bei Notfallplanungen beraten / unterstützen
- den Einsatzkräften lokale Erfahrungen zur Verfügung stellen
- die übergeordneten Fachstellen bei schwierigen Fragen beiziehen (Netzwerk)

im Ereignisfall:

- Informationen zur aktuellen Entwicklung

der Lage mit Beobachtungen vor Ort und den lokalen Erfahrungen in Verbindung bringen

- den Einsatzkräfte lokale Erfahrungen zur Verfügung stellen
- die Behörden zeitgerecht warnen und geeignete Massnahmen beantragen

Die Ausbildung im Kaskadenprinzip

Der Bund (BAFU) erstellt die Ausbildungsunterlagen für die kantonalen Ausbilderinnen und Ausbilder der LNGB. In fachlich und methodisch-didaktisch ausgerichteten einwöchigen Kursen vermittelt der Bund diese Inhalte. Zudem werden die Kantone bei deren Ausbildungsplanung und der Anpassung ihrer Unterlagen an die spezifischen regionalen Gegebenheiten unterstützt.

Die Kantone bilden die LNGB aus mit den auf ihre Bedürfnisse angepassten Unterlagen des Bundes. Die Kantone bieten den Gemeinden zudem Unterstützung bei der Umsetzung auf lokaler Ebene an.

Die Gemeinden rekrutieren die LNGB und integrieren diese in die zivilen Führungsorgane, dies geschieht mit spezifischen Pflichtenheften für ihre Aufgaben.

Der Bund bildet also Ausbilderinnen und Ausbilder aus, welche die lokal verankerten LNGB ausbilden. Mit dieser Methodik „Train the Trainer“ wird von den kantonalen Ausbilderinnen und Ausbilder ein breites Fachwissen vorausgesetzt, damit nicht nur eine theoretische, sondern auch eine praktische Wissensvermittlung stattfinden kann. Dies bedeutet, dass an Ausbildungsmethoden und inhaltlicher Reduktion gearbeitet werden muss.

Angepasste Ausbildungsunterlagen

Die vom Bund zur Verfügung gestellten Ausbildungsunterlagen sind in Form von einzelnen Lektionen zu den Themen Wetter, Abflussbildung, Hochwasser, Hanginstabilität, Gefahrenbeurteilung, Notfallplanungen, Arbeitssicherheit sowie Informationsbeschaffung und -vermittlung aufbereitet. Nicht zu vergessen ist die situative Nutzung der gemeinsamen Informationsplattform für Naturgefahren GIN, welche eines der wichtigsten „Werkzeuge“ der LNGB ist.

Diese Lektionen sind als Basisinformationen und Grundlagen zu verstehen und werden von den Kantonen für die Ausbildung ihrer LNGB angepasst, umgebaut oder reduziert. Je nach Bedeutung der Naturgefahren in den Kantonen werden die Ausbildungsthemen neu

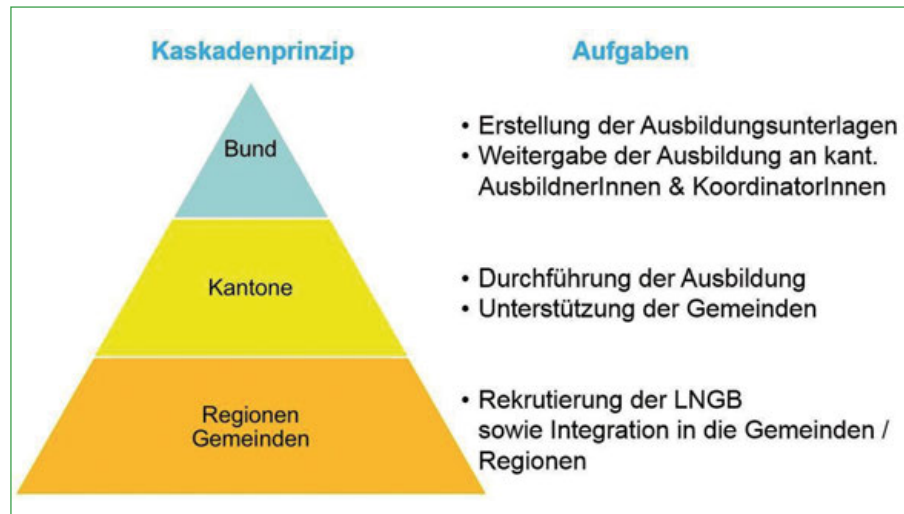


Abbildung 1: Kaskadenprinzip der Ausbildung der LNGB und Aufgaben der verschiedenen Stufen

Stand LNGB-Ausbildung im März 2016

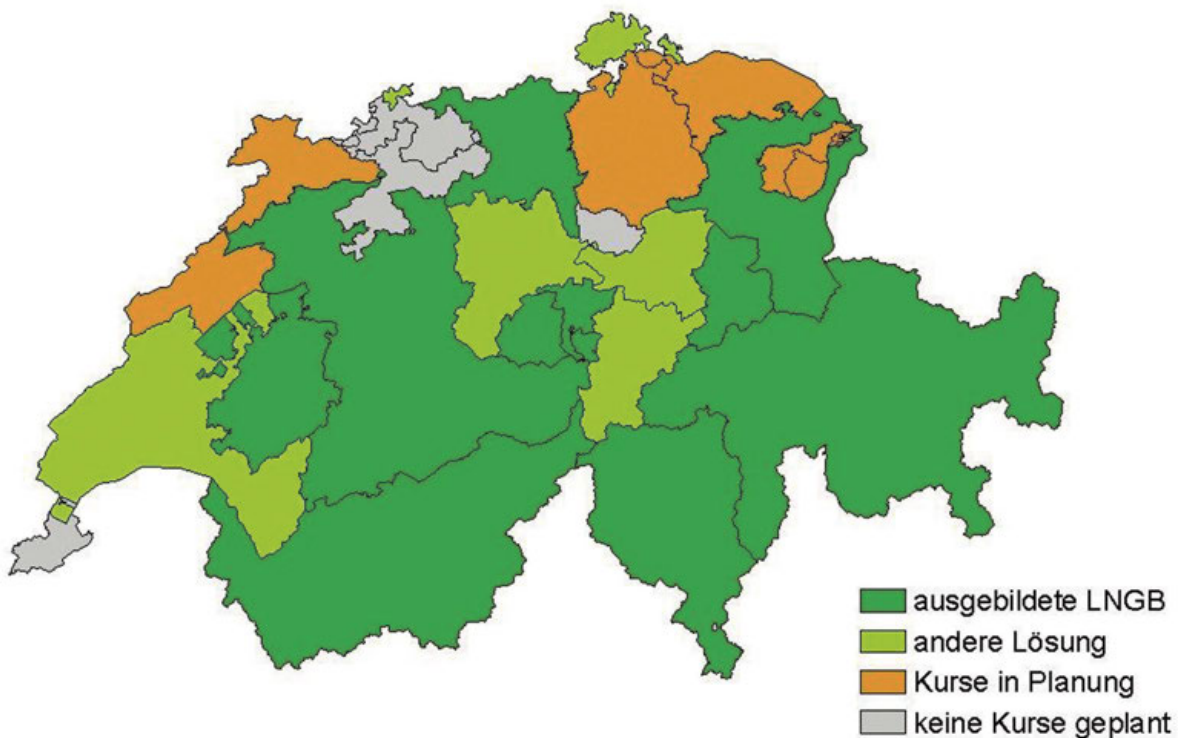


Abbildung 2: Stand der Ausbildung der LNGB

zusammengestellt. Gebirgskantone haben bekanntlich einen anderen Bezug zu Naturgefahren und deren Bewältigung als Kantone im Mittelland.

Das Ausbildungsangebot Bund

Der Bund bietet die Ausbildungskurse für die Kantone seit 2011 jährlich an. Diese Kurse werden alternierend in deutscher und französischer Sprache angeboten. 2017 findet der nächste deutschsprachige Kurs statt.

Seit dem letzten Jahr wird dieser Wochenkurs modular angeboten, d.h. es können je nach Präferenzen der Kantone einzelne Tage besucht werden, so wie es die Kantone der eigenen Ausbildungskonzeption entsprechend benötigen.

2016 wird zudem ein zusätzlicher Weiterbildungstag angeboten. Dieser richtet sich an die Auszubildenden, welche in den Kantonen Kurse durchführen und ihre Praxiserfahrungen einbringen möchten. Der Gestaltung von Lektionen im Gelände wird dabei eine grosse Beachtung geschenkt.

Zudem bietet das BAFU jährlich einen ergänzenden Erfahrungstag (ERFA-Tag) an, um die Kantone weiterhin in der Umsetzung der Ausbildung zu unterstützen.

Ausbildungsstand in der Schweiz

In der Schweiz sind zurzeit etwa 320 Personen als LNGB ausgebildet.

Da es verschiedene Modelle zur Einbindung in ein ziviles Führungsorgan gibt, sind nicht alle ausgebildeten LNGB auf Stufe Gemeinde eingebunden. In einigen Kantonen sind diese auf der kantonalen Stufe angesiedelt (hellgrün in der Abbildung 2 eingefärbt).

Entwicklung der Ausbildung

Die Ausbildung und Integration der LNGB in die zivilen Führungsorgane ist eine Daueraufgabe auf Stufe Bund, Kantone und Gemeinden.

Die Integration in die Führungsorgane kann dabei durchaus regional organisiert werden, je nach Struktur des kantonalen Bevölkerungsschutzes.

Die LNGB sowie deren Integration werden in den nächsten Jahren zu einer verbesserten Ereignisbewältigung führen und verstärkt die fachliche und organisatorische Vernetzung über alle Stufen. Der Schutz vor Naturgefahren ist eine Verbundaufgabe, welche mit einem partizipativen Risikodialog gestärkt werden kann.

Literatur

Josef Hess, Geschäftsführer LAINAT. 2010. Optimierung der Warnung und Alarmierung O-WARNA Folgebericht. Schweizer Eidgenossenschaft. Bern. www.news.admin.ch/NS-BSsubscriber/message/attachments/19198.pdf.

PLANAT. 2013. Sicherheitsniveau für Naturgefahren. Nationale Plattform Naturgefahren. Bern.

Lokale Naturgefahrenberater: Innovatives Potential im Naturgefahrenmanagement

Elisabeth Maidl (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, elisabeth.maidl@wsl.ch)

Das Management von Risiken durch Naturgefahren in der Schweiz sieht sich mit Herausforderung eines steigenden Schadenpotentials konfrontiert. In Folge des OWARNA-Folgeberichts (2010) wurden Chancen zur Verbesserung des Schutzes vor den Auswirkungen durch Naturgefahren identifiziert. Insbesondere die Stärkung lokal vorhandenen Wissens sowie eine engere Verbindung von Fach- und Führungsschiene sollen dazu beitragen, Schäden in Zukunft zu vermindern. Um dies zu erreichen wurde das Ausbildungsprogramm lokaler Naturgefahrenberater (LNB) lanciert.

Ein Jahr nach Start des Pilotprogramms im Kanton Bern führte die WSL eine sozialwissenschaftliche Evaluationsstudie zur Wirkung der Einführung von LNB durch. Dabei wurden Experten-Interviews mit 11 kantonalen Koordinatoren geführt, und im Anschluss daran eine schriftliche Befragung der bis dahin ausgebildeten LNB (N=159). Der Rücklauf betrug 50% (n=80).

Die Interviews mit kantonalen Verantwortlichen zeigten wesentliche Faktoren für die Motivation, das Programm umzusetzen. Besonders wichtig erwies sich die Möglichkeit, das Programm an die jeweiligen kantonalen Bedingungen anpassen zu können. Aus-

schlaggebend dafür, die Innovation umzusetzen, war aber das jeweilige Bewusstsein für Grenzen des bisherigen Risikomanagements im eigenen Kanton. Nur wenn Handlungsbedarf gesehen wurde, erschien der Aufwand für die Innovation angemessen. Für die Einschätzung von Aufwand und Nutzen waren die ersten beispielgebenden Erfahrungen aus der Pilotphase des Programms ein wichtiger Anhaltspunkt.

Für die Befragung von LNB wurden die erwarteten Ziele des Ausbildungsprogramms als Kriterien der Evaluation herangezogen. Die Resultate zeigen, dass die Teilnehmer der Ausbildung gut mit den Wissensinhalten aus dem Kursprogramm vertraut waren und somit das Ziel, vor Ort Wissen verfügbar zu haben, erreicht war. Dabei waren Unterschiede festzustellen, je nachdem welchen Hintergrund die LNB mitbrachten: viele LNB waren z.B. ausgebildete Förster, die bereits vor der Ausbildung über Wissen über Naturgefahrenprozesse verfügten. Andere LNB ohne professionellen Hintergrund brachten insbesondere die Vertrautheit mit lokalen Bedingungen ein und können die neu erlernten Kompetenzen im Umgang mit Wetterdaten gut mit der örtlicher Wetterbeobachtung verbinden.

Jedoch war auch festzustellen, dass die Festigung der Lerninhalte regelmässige Auffrischung bzw. Erfahrungsaustausch erfordert. Dies gilt nicht nur für Kursinhalte, sondern auch für Einstellungen zum Risikomanagement. Die Zustimmung zu Grundsätzen des integralen Risikomanagement war umso höher, je stärker die Teilnehmenden in das Programm eingebunden waren, d.h. wie viele Kurstage sowie Treffen für Erfahrungsaustausch besucht wurden. Nachhaltige Festigung vermittelten Wissens ging einher mit der Festigung von Kontakten zu anderen Akteuren im Risikomanagement, v.a. im Austausch mit anderen LNB.

Ebenso wichtig wie die Auffrischung von Lerninhalten und Pflege neu entstandener Netzwerke ist die faktische Einbindung der LNB in die zivilen Führungsstäbe. Insofern die befragten LNB das Gelernte auch anwenden konnten und in die Führungsstäbe integriert waren, zogen sie auch Motivation für weiteres Engagement.

Aus sozialwissenschaftlicher Sicht ist die Innovation von LNB ein Indikator für Adaptivität im Risikomanagement. Für einen effektiven gesellschaftlichen Umgang mit Risiken ist eine solche Adaptivität Bedingung, um auch in Zukunft sich verändernden Herausforderungen begegnen zu können.

LNB in Graubünden

Andreas Huwiler (Amt für Wald und Naturgefahren Kanton Graubünden, Chur; andreas.huwiler@awn.gr.ch)

Im Kanton Graubünden werden seit 2013 jährlich Kurse für Lokale Naturgefahrenberaterinnen und –berater (LNB) angeboten. Dabei stellt die Ausbildung einer Person zum LNB nur ein von drei Modulen des lokalen Naturgefahrenmanagements dar: Ebenso wichtig ist die Einbindung des LNB in funktionierende Gemeindeführungsstäbe und die Ausarbeitung von Notfallplänen.

Ende 2011 hat das Amt für Wald und Naturgefahren (AWN) beschlossen, die Ausbildung von Lokalen Naturgefahrenberatern zu prüfen. Unter anderem wurde dazu eine Online-Umfrage bei allen damals noch 176 Gemeinden des Kantons durchgeführt. Ziel der Befragung war heraus zu spüren, wie die Bedrohung durch Naturgefahren bei den Gemeindebehörden wahrgenommen wird, wie gut die Gemeinden auf allfällige Naturkatastrophen vorbereitet sind und ob ein LNB für die Gemeinde einen Mehrwert darstellen könnte.

Es haben 142 von damals 176 Gemeinden die Umfrage beantwortet. Gemeinden, die sich nicht an der Umfrage beteiligten, verwiesen praktisch ausnahmslos auf anstehende Fusionen (aktuell umfasst der Kanton Graubünden noch 114 politische Gemeinden).

Die Umfrage zeigte klar auf, dass ein LNB in den Gemeinden willkommen ist: 76% der an der Umfrage beteiligten Gemeinden erachten Naturgefahren als wichtig oder sehr wichtig, 62% würden sich Unterstützung durch einen LNB wünschen und begrüßen (siehe Abbildung 1).

Gleichzeitig war festzustellen, dass viele Gemeinden schlecht über die in der Ereignisbewältigung wichtigen Grundlagen informiert waren. Nur die Hälfte aller Gemeinden gab an, über Gefahrenkarten zu verfügen, Hilfsmittel wie die Gemeinsame Plattform Naturgefahren GIN waren nur 37 Gemeinden bekannt. Ein Viertel der Gemeinden verneinte zudem die Frage, ob sie über einen Gemeindeführungsstab verfügen.

Das AWN hat daraufhin zusammen mit dem Amt für Militär und Zivilschutz ein 3-stufiges Konzept erarbeitet, das als Lokales Naturgefahrenmanagement bezeichnet wird (siehe Abbildung 2). In einem ersten Modul wird in einem viertägigen Kurs eine von der Gemeinde gewählte Person, in der Regel der Revierförster, zum LNB ausgebildet. In Modul

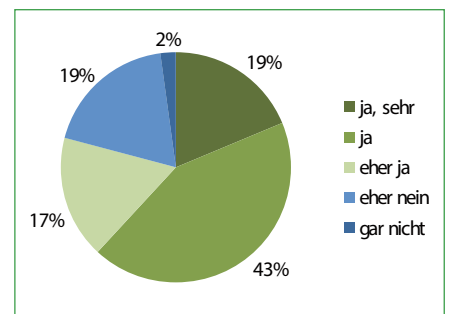


Abbildung 1: Antworten auf die Frage: „Der Kanton prüft die Ausbildung von lokalen Naturgefahrenberatern (LNB) in allen Gemeinden. Könnte eine Person aus Ihrer Gemeinde, welche die Führungsverantwortlichen im Ernstfall fachlich beraten kann, für Sie hilfreich sein?“

2 wird sichergestellt, dass der oder die LNB im Gemeindeführungsstab integriert wird und über ein Pflichtenheft verfügt. Modul 2 bietet gleichzeitig die Chance, die Führungsstäbe besser auszubilden und auf ihre Aufgaben

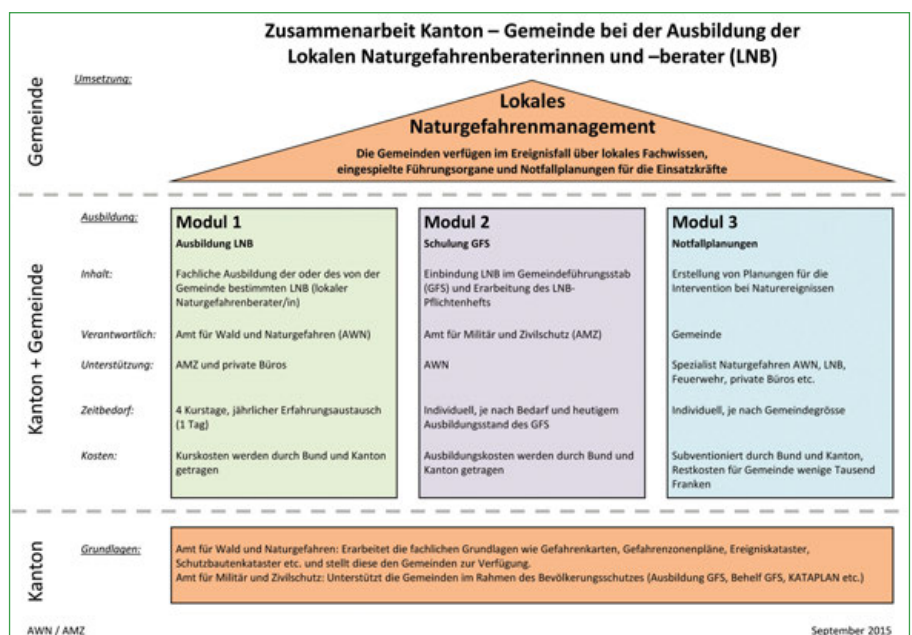


Abbildung 2: Zusammenarbeit zwischen Kanton und Gemeinden im lokalen Naturgefahrenmanagement

im Ereignisfall vorzubereiten. In Modul 3 schliesslich werden Notfallpläne für die Prozesse Wasser, Lawinen und Sturz/Rutschung ausgearbeitet. Dabei wird zwischen Stufe 1 (einfache Notfallplanung ohne Unterscheidung verschiedener Phasen oder detaillierter Handlungsanweisungen) und Stufe 2 unterschieden (bekannte Interventionkarten mit 3 Phasen für z.B. Wassergefahren).

Zum aktuellen Zeitpunkt sind im Kanton Graubünden 41 Lokale Naturgefahrenberater und –beraterinnen ausgebildet, 18 Personen sind für den Kurs 2016 respektive 2017 angemeldet. Mittelfristig wird angestrebt, im gesamten Kanton 80 bis 100 aktive LNB ausgebildet zu haben. Am 23. September 2012 nahmen die Stimmberechtigten eine Verfassungsrevision an, die eine umfassende Gebietsreform vorsieht. Dabei soll die Zahl der Gemeinden «50 nicht wesentlich überschreiten». Damit würden die Gemeinden je nach Grösse über ein bis zwei LNB verfügen (siehe Abbildung 3).

Das Modul 2 wurde bisher von 29 Gemeinden besucht, wobei bis heute 15 Pflichtenhefte unterzeichnet wurden (siehe Abbildung 4). In den nächsten Jahren wird der Schwerpunkt immer mehr auf die Erstellung von Notfallplanungen verlegt mit dem langfristigen Ziel, dass jede Gemeinde über eine zu den für sie relevanten Naturgefahrenprozessen entsprechende Notfallplanung verfügt.

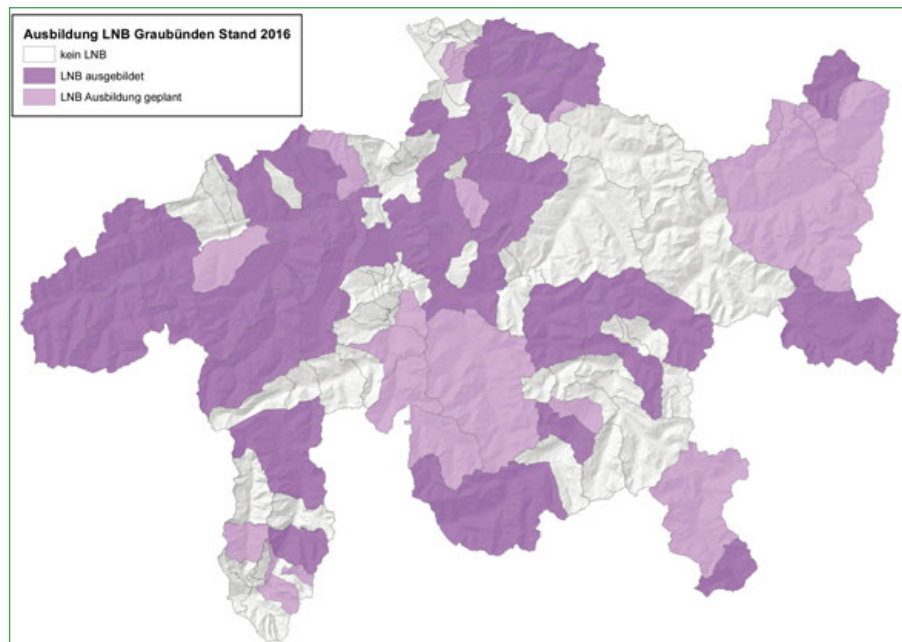


Abbildung 3: Ausgebildete LNB im Kanton Graubünden, Stand Februar 2016



Abbildung 4: Medienorientierung im Rahmen der offiziellen Ernennung der ersten LNB mit unterzeichnetem Pflichtenheft im Kanton Graubünden

Notfallplanung Naturgefahren Kanton LU: ein Erfahrungsbericht aus Sicht Behörde und Feuerwehr

Vinzenz Graf (Feuerwehrinspektor und Leiter Kantonaler Führungsstab Kanton Luzern, vinzenz.graf@gvl.ch)
Roland Stalder (Geschäftsleiter oeko-b AG, Schüpfheim, roland.stalder@oeko-b.ch)

Notfallplanung Naturgefahren

Die Notfallplanung Naturgefahren Kanton LU wurde zwischen 2009 und 2014 flächendeckend erarbeitet. Die Notfallplanung ist ein Gemeinschaftswerk der Feuerwehren (54 Ortsfeuerwehren und 12 Betriebswehren), der Gebäudeversicherung Luzern, der kantonalen Fachstelle Naturgefahren (vif) sowie von mandatierten Naturgefahrenfachbüros.

Kernstück der Planung bildet die Interventionsplanung im Feld: In kleinen Gruppen, bestehend aus Offizieren der Feuerwehr und Naturgefahrenfachleuten, werden sämtliche bekannten Schwachstellen im Gelände begutachtet. Sind Massnahmen vorgesehen, so werden diese vor Ort diskutiert, protokolliert und fotografiert. Oft komplettieren auch Vertreter der Gemeinde, des kommunalen Werkdienstes oder des Zivilschutzes das orts- und fachkundige Team.

Das Konzept der Notfallplanung Naturgefahren LU wurde in der FAN-Agenda 3/2012 detailliert beschrieben.

Einbettung im integralen Risikomanagement LU

Die Notfallplanung Naturgefahren ist in erster Linie ein Arbeitsmittel für die Feuerwehren als Ersteinsatzelement bei Elementarereignissen. Sie ist eingebettet ins integrale Risikomanagement des Kantons LU. Organisatorisch wird die Interventionsphase in einem Netzwerk verschiedener Ereignisdienste bewältigt.

Vor dem Ereignis (Phase GELB in Notfallplanung):

- Feuerwehrinspektorat und Pikett Naturgefahren (vif) tauschen sich über Beobachtungen und eingegangene Warnungen aus.
- Das Feuerwehrinspektorat gibt diese bei Bedarf an möglicherweise betroffene Feuerwehren weiter.

Während dem Ereignis (Phase ORANGE in Notfallplanung):

- Die Feuerwehr fordert beim Feuerwehrinspektorat Hilfe an.
- Das Feuerwehrinspektorat holt Informationen beim Pikett Naturgefahren ab oder bietet GeologInnen und NaturgefahrenberaterInnen auf (via Pikett Naturgefahren).
- Das Pikett Naturgefahren greift auf Niederschlags- und Abflussdaten (Echtzeit-

daten und Prognosen) zurück und gibt entsprechende Rückmeldungen an das Feuerwehrinspektorat.

- Das Pikett Naturgefahren steht in Kontakt zu Meteo Schweiz und hydrologischen Vorhersagen des Bundes.

Bei einem Grossereignis (Phase ROT in Notfallplanung):

- Das Feuerwehrinspektorat geht vor Ort und bietet allenfalls zusätzlich einen Katastropheneinsatzleiter auf, der den Stab führt.
- NaturgefahrenberaterInnen werden ins Gemeindeführungsorgan integriert.
- Bei weiterer Eskalation: der Kantonale Führungsstab KFS wird einberufen, das Pikett Naturgefahren wird darin integriert. In diesem Rahmen gibt es auch Fachkontakte zum Bund (Stab ABCN).

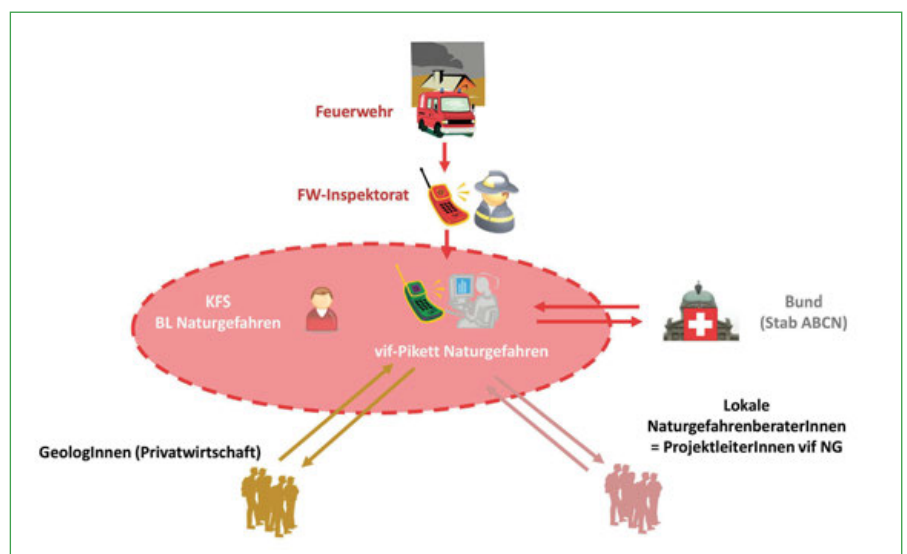


Abbildung 1: Organigramm Intervention Naturgefahren LU

Erfahrungen

Mit der Erarbeitung und Umsetzung der Notfallplanung Naturgefahren Kanton LU konnten vielfältige Erfahrungen gemacht und für eine Weiterentwicklung genutzt werden. Die Erfahrungen wurden im Rahmen der Erarbeitung der Notfallplanung, bei spezifischen Feuerwehr-Übungen, in der Fachausbildung Elementarereignisse sowie aus zahlreichen Unwettereinsätzen gesammelt.

Direkter Einbezug der Feuerwehr

Es hat sich sehr bewährt, die Feuerwehren direkt in die Erarbeitung miteinzubeziehen.

- Feuerwehren bringen eine grosse Erfahrung im Umgang mit Elementarereignissen mit. Es lohnt sich diese abzuholen, aber auch zu konservieren (denn eine Feuerwehr-Karriere dauert in der Regel „nur“ 20 Jahre).
- Die gemeinsame Erarbeitung im Gelände fördert nicht nur die Praxistauglichkeit der Planung. Alle Beteiligten stellten zustimmend fest, etwas dazugelernt zu haben.
- Die Ereignisse 2014 haben aufgezeigt, dass insbesondere bei Gewittern die Vorwarnzeit zu kurz ist, um vorsorgliche Massnahmen ausführen zu können. Trotzdem fühlten sich die Feuerwehren dank der gemeinsamen Begutachtung der Schlüsselstellen im Gelände deutlich besser vorbereitet.
- Die Erarbeitung der Notfallplanung ist ein intensiver Risikodialog und fördert die Risikokultur aller Beteiligten. Unser Fazit: die Erarbeitung der Notfallplanung ist ebenso wertvoll wie das resultierende Produkt!

Handlungsgrundlage für Elementarereignisse

- Die Notfallplanung unterstützt den Einsatzleiter im Ereignisfall, indem sie die Problemstellen vorwegnimmt und mögliche Massnahmen aufzeigt. Das gibt dem Einsatzleiter in einer hektischen Phase mehr Spielraum für die Koordination der notwendigen Massnahmen. Ausserdem ist in der Notfallplanung auch festgehalten, mit welchem Material und mit wie vielen Leuten diese Massnahmen umgesetzt werden. Dank dieser Grundlagen hat der Einsatzleiter den Kopf wieder frei für andere Aufgaben. Trotz dieser vorbehaltenen Entschlüsse muss der Einsatzleiter eine Problemerkennung machen, die Lage laufend beurteilen und situativ handeln. Ganz nach dem Motto „Laminierte Blätter, nicht laminierte Hirne“.
- Die Struktur der Phasen in der Notfallplanung passt zu den Eskalationsphasen in der Realität, ein niederschwelliger Er-

steinsatz ist wichtig und hat sich durchaus bewährt.

Steigerung der Effizienz

Die Notfallplanung verfolgt drei Aspekte der Effizienzsteigerung:

- Mehr Vorlaufzeit, da drohende Ereignisse frühzeitig erkannt werden.
- Mehr Zeit während Ereignis dank Führungsvorsprung.
- Effizienterer Mitteleinsatz, da diese geplant und koordiniert werden.

Ereignisse bei Talflüssen (z.B. an der Luthern 2014) haben gezeigt, dass die dank rechtzeitiger Warnung gewonnene Vorlaufzeit mit der Notfallplanung auch tatsächlich dazu genutzt werden kann, vorsorgliche Massnahmen zu installieren und Schäden zu verhindern.

Bei Wildbächen gibt es in der Regel kaum verlässliche Anzeichen, mit denen sich Vorlaufzeit gewinnen lassen würde.

Schadenereignisse verlaufen je nach Situa-



Abbildung 2: Vorsorgliche Massnahmen entlang der Luthern (2014)

tion und Rahmenbedingungen ganz unterschiedlich. Der grösstmögliche Schaden kann schlagartig eintreten oder er erreicht das volle Ausmass erst durch eine Verkettung von Ereignissen. Das Vorausdenken in der Auseinandersetzung mit der Erarbeitung der Notfallplanung ermöglicht im Ereignisfall einen Führungsvorsprung. Dann denken und planen, wenn man Zeit dazu hat, um in einer chaotischen und hektischen Phase strukturiert und koordiniert vorgehen zu können.

Eine detaillierte Analyse der möglichen Gefährdungen und Schadenpotentiale ermöglicht das Festlegen der notwendigen Massnahmen sowie der dafür zweckmässigen Einsatzmittel. Durch die Notfallplanung wurden Mittel für die Elementarereignisbewältigung bereitgestellt. Mit der finanziellen Unterstützung der Gebäudeversicherung wurden zudem polyvalente Einsatzfahrzeuge beschafft, die auch bei Unwetterereignissen zum Einsatz kommen. Dank der Notfallplanung hatten die Feuerwehren die notwendigen Argumente, um diese Mittel zu beschaffen.

Steigerung der Sicherheit der Einsatzkräfte

- Mögliche Entwicklungen können die Sicherheit der Einsatzkräfte bedrohen. In diesem Fall ist von einer Verschlimmerung der Situation auszugehen. Die Feuerwehr wechselt von der sonst angewandten offensiven Einsatztaktik (z.B. bei der Brandbekämpfung) zu einer defensiven Taktik bei Elementarereignissen.
- Die Festigung der Einsatztaktik und das Bewusstmachen der Sicherheitsregeln bei Hochwassereinsätzen, welche sich teilweise erheblich von Brandereignissen unterscheiden, sind unter Umständen lebenswichtig. Im Rahmen der Ausbildung werden sicherheitsrelevante Aspekte anhand der Grundlagen in der Notfallplanung trainiert.



Abbildung 3: Gute Investition! Eine Notfallplanung kostet so viel wie ein durchschnittlicher Schaden pro Gebäude

Einheitliche & zweckmässige Dokumente

Es gibt gute Gründe, weshalb alle Notfallplanungen Naturgefahren im Kanton LU einheitlich aufgebaut sind:

- Je nach Eskalationsstufe eines Ereignisses werden Katastropheneinsatzleiter und/oder NaturgefahrenberaterInnen aufgebildet. Diese finden sich in einer einheitlich aufgebauten Notfallplanung besser zurecht.
- Es ist durchaus denkbar, dass sich Feuerwehren bei Elementarereignissen gegenseitig unterstützen.
- Eine einheitliche Notfallplanung kann auf verschiedenen Ausbildungsstufen eingesetzt werden.

Ein grosses Anliegen der Projektgruppe war es, zweckmässige Dokumente zu schaffen, die übersichtlich, prägnant, informativ und gut anwendbar sind. Stellvertretend zu zahlreichen Feedbacks zwei Stimmen dazu...

- „Man muss kein Philosoph sein, um diese Karte lesen zu können...“
- „Am Anfang habe ich gedacht: Schon wieder ein Papiertiger! Aber mit diesem Ordner können wir arbeiten...“

Leben retten, Sachschäden verhindern & vermindern

Das primäre Wirkungsziel der Notfallplanung Naturgefahren LU ist es, Leben zu retten und Sachschäden zu verhindern respektive zu vermindern.

- Es ist schwierig, den quantitativen Nutzen der Notfallplanung genau zu errechnen. Mit Sicherheit lässt sich aber durchaus behaupten, dass eine Notfallplanung innerhalb einer Gemeinde schnell amortisiert ist. Die Kosten für die Erstellung einer Notfallplanung belaufen sich in etwa in der Schadenhöhe eines durch das Hochwasser betroffenen Hauses.

Ausblick

Dank der Notfallplanung hat sich innerhalb der Feuerwehren und der beteiligten Behörden ein verbessertes Risikobewusstsein entwickelt. Mit zusätzlichen Informationskampagnen soll in Zukunft auch die Bevölkerung vermehrt auf die Gefahren bei Unwetter sensibilisiert werden.

Qualitativ verbesserte Informationen in der Vorwarnzeit könnten durch eine verbesserte Vernetzung der Messstationen und einer Kopplung mit den Phasenübergängen der Notfallplanung erreicht werden.

Digital erstellte Lagekarten werden in Zukunft die Führungskräfte unterstützen. Dazu wurde ein Einsatzplanungstool entwickelt, welches allen Feuerwehren zur Verfügung steht. Dieses soll in Zukunft auch interaktiv zum Einsatz kommen und so die Führungsarbeit erleichtern. Analog an der Front, digital bei der Führung!

Fazit

Die Notfallplanung Naturgefahren Kanton LU hat sich in vielerlei Hinsicht bewährt:

- Erfahrungsaustausch und Risikodialog im Rahmen der Erarbeitung
- Sensibilisierung bei der Ausbildung
- Vorbereitet sein dank Beübung
- Arbeitsmittel und Handlungsgrundlage bei Elementarereignissen

Die Anwendbarkeit der Notfallplanung, insbesondere der geplanten vorsorglichen Massnahmen, hängt stark vom jeweiligen Ereignis ab. Bei Dauerniederschlag bleibt mehr Vorlaufzeit zwischen den Eskalationsphasen. Insbesondere entlang von Talflüssen und Seen kann mit „hard factors“ (Abfluss- und Pegelmessungen, quantifizierbare Vorlaufzeiten) gearbeitet werden. Bei Gewittern werden die Vorlaufzeiten massiv verkürzt. Insbesondere bei Wildbächen müssen die Entscheidungen auf „soft factors“ abgestützt werden (diffuse Hinweise, Interpretationen, Bauchge-

fühl).

Die Massenbewegungen sollten aufgrund der Unsicherheiten bei der räumlichen Eintretenswahrscheinlichkeit nur zurückhaltend in die Notfallplanung integriert werden.

Die Notfallplanung kann im Einsatz nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn sie durch die Führungs- und Einsatzkräfte regelmässig geübt wird. Durch das Training werden die Grundlagen geschaffen, welche im Ereignis die Arbeit vereinfachen. Aufträge sind bekannt und müssen nicht mehr bis ins Detail besprochen werden, sondern können im besten Fall durch knappe Absprachen ausgelöst und durchgeführt werden.

Die Notfallplanung ermöglicht es zudem, nach einem Ereignis allfällige Schwachpunkte strukturiert zu erkennen und Handlungsbedarf daraus abzuleiten. Dies ermöglicht eine laufende Aktualisierung und Verbesserung der Planungen.

Auswirkungen des Felssturzes vom 11. Januar 2016 in Wolhusen

Werner Gerber (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, werner.gerber@wsl.ch)

Einleitung

Beschreibung Felssturz Wolhusen

Das Felssturzereignis in Wolhusen wurde in einem Artikel der Neuen Luzerner Zeitung (Online Ausgabe) vom 11. Januar 2016 wie folgt beschrieben: „Ein wuchtiger Felssturz in die Kleine Emme hat am Montagmorgen bei Wolhusen eine Überschwemmung verursacht und erhebliche Gebäudeschäden verursacht. Steine und Gehölz wurden bis zu 200 Meter weit geschleudert. In der Nacht auf Montag um rund 3 Uhr löste sich in der Badfluh auf 50 Metern Höhe ein rund 5'000 Kubikmeter grosses, überhängendes Felsband und stürzte in die Kleine Emme. Der aufgebotene Geologe Klaus Louis sagte, der Fels sei in eine Kiesbank eingeschlagen. Die Wirkung sei wie bei einem Meteoriten gewesen. Durch die Wucht wurden Steine und Bäume 200 Meter weit in und über das dortige Gewerbe- und Wohngebiet auf die parallel zum Fluss führende Kantonsstrasse und ins dahinterliegende Wiesland geschleudert. Das Material schlug bei einem mehrstöckigen Wohnhaus Ziegel vom Dach. Die Fassade und die Fenster eines nahe beim Fluss stehenden Gewerbegebäudes wurden beschädigt. Personen kamen dabei keine zu Schaden....“ (Abb. 1).

Analyse der neuartigen Prozesse

Im einleitenden Artikel interessiert vor allem der vom Geologen erwähnte „Meteoriteneinschlag“ und seine Auswirkungen. Die Reichweite der Steine war viel grösser als bis anhin bekannt. Normalerweise lagern sich Felssturmassen in dieser Grössenordnung unter



Abbildung 1: Drohnenaufnahme des Schadengebietes mit den Ablagerungen zwischen Kantonsstrasse und Bahnlinie. Foto: ZSO EMME am 11.1.2016

einem Winkel von 35-45° ab (Fey 2010). Dies bedeutet, dass bei Fallhöhen von 50 m maximale Reichweiten von 50-70 m hätten auftreten sollen. Stattdessen wurden aber beim Felssturz in Wolhusen Reichweiten bis zu 200 m aufgeführt. Es wird auch erwähnt, dass die Felsmassen in die Kleine Emme gefallen seien. Der Grund für die grosse Reichweite der Steine muss deshalb mit ihrem Auftreffen ins Wasser in Zusammenhang stehen.

Ziel der nachfolgenden Analysen ist es, das Ereignis bezüglich Reichweite von einzelnen Komponenten näher zu untersuchen. Auch soll erforscht werden, ob es sich bei diesem Ereignis um einen Einzelfall handelt oder ob es schon an anderen Orten zu ähnlichen Ereignissen mit den oben beschriebenen Auswirkungen gekommen ist.

Ursprung der Flugbahnen

In einer ersten Analyse wurden die Ablagerungen zwischen Kantonsstrasse und Bahnlinie begutachtet. Diese zeigen enge Begrenzungen der Wurfrichtung (Abb. 1). Mit Hilfe von Fotos und Drohnenaufnahmen (Louis 2016) konnten vier Begrenzungspunkte festgelegt werden. Aus dem Geportal des Kantons Luzern (Geoportal LU) wurden die entsprechenden Koordinaten entnommen und basierend darauf die Richtungen der südlichen und der nördlichen Begrenzungslinie berechnet (Abb. 2).

Die südliche Begrenzungslinie weist eine Richtung von 116°, die nördliche eine solche von 109° auf. Der Ort des Aufpralls wird auf dem Mittelwert dieser beiden Linien vermutet mit einer Richtung von 112.5°. Damit ergibt sich

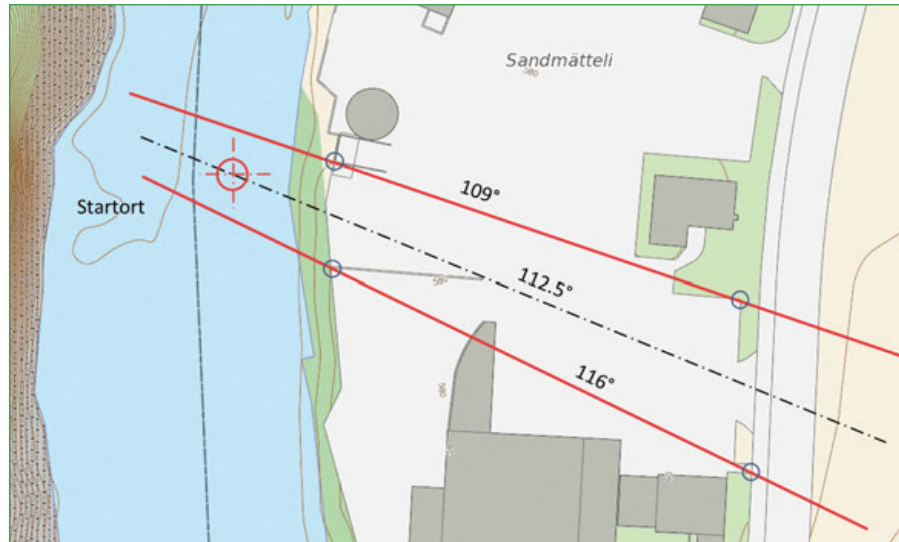


Abbildung 2: Foto mit Begrenzungslinien und dem entsprechenden Kartenausschnitt mit Kennpunkten. Foto: K. Louis. Karte: Geoportal Kanton Luzern

ein Startpunkt im Bereich des Flusses (1/3 der Flussbreite, s. Abb. 2) mit den Koordinaten 647'628/211'200. Die Höhenlage des Startpunktes wurde zu 576 m ü.M. angenommen.

Schäden an Industriegebäuden Steinschlagtreffer in der West- und Nordfassade

Das Industriegebäude Nr. 395 konnte mit Hilfe der Grundbuchpläne (Geoportal LU) und den Höhenangaben (Swisstopo) in seinen Abmessungen erfasst werden und in der Folge wurden in der Westfassade des Gebäudes vier Steinschlagtreffer (Nr. 1-4) ausgewählt und vermessen. Die Treffer in der Fassade lie-

gen in horizontalen Entfernungen von 56-65 m und 15-21 m höher als der Startpunkt. In der Nordfassade wurden wiederum einzelne Schäden (Nr. 5-8) bezüglich Höhenlage und Abstand vom Startpunkt vermessen, um ein möglichst breites Spektrum von Flugbahnen nachrechnen zu können. Die Treffer in der Nordfassade liegen in einer Entfernung von 57-76 m und 13-21 m höher als der Startpunkt (Abb. 3).

Es galt nun Flugbahnen zu bestimmen, auf denen Steine mit einer ungefähr einheitlichen Geschwindigkeit und in einheitlicher vertikaler Richtung starten und die in unterschiedlichen Lagen befindlichen Schadstellen auch treffen. Dazu wurden die Berechnungsmethoden der WSL verwendet (Gerber 2016). Sowohl in der Westfassade wie auch in der Nordfassade konnten solche Flugbahnen gefunden werden (Abb. 4).



Abbildung 3: Nordfassade mit den ausgewählten Schadstellen Nr. 5-8 und Westfassade mit den Schadstellen Nr. 1-4 am Industriegebäude. Foto: W. Gerber

Für die tiefer liegenden Schadstellen (Nr. 1-2 und 5-6) resultieren Startgeschwindigkeiten von 43-45 m/s bei vertikalen Richtungen von 22-24°. Für die höher liegenden Schadstellen (Nr. 3-4 und 7-8) sind leicht höhere Geschwindigkeiten (45-47 m/s) und höhere vertikale Startrichtungen (25-27°) berechnet worden. Nach dem Start der Steine im Flussbett der Kleinen Emme reduzieren sich die Geschwindigkeiten infolge der Erdbeschleunigung. Die Geschwindigkeiten beim Auftreffen auf das Gebäude liegen daher tiefer. Je nach Höhenlage am Gebäude treten noch Geschwindigkeiten von 41-43 m/s auf (Abb. 5).

Die kinetische Energie der Steine beim Auftreffen auf die Fassade ist neben der Ge-

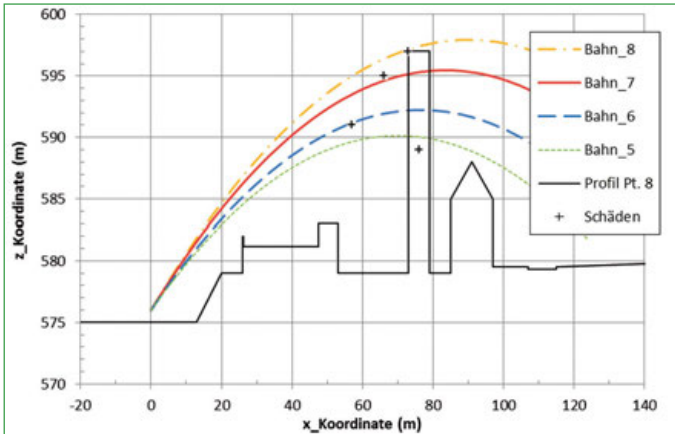


Abbildung 4: Mögliche Flugbahnen zu den ausgewählten Schadstellen Nr. 5-8 der Nordfassade

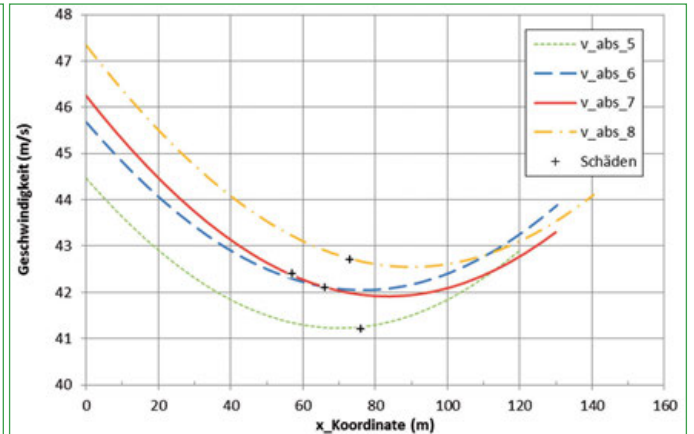


Abbildung 5: Absolute Geschwindigkeiten der Steine auf den Flugbahnen zu den ausgewählten Schadstellen Nr. 5-8 der Nordfassade

schwindigkeit auch von der Masse abhängig. Bei Steingrößen mit Durchmessern von 5-40 cm und Auftreffgeschwindigkeiten von 42 m/s treten Energiewerte zwischen 0.16-80 kJ auf (Tabelle 1). Die Tabelle 1 zeigt Energiewerte beim Auftreffen der Steine auf die Fassade.

Bei dieser Geschwindigkeit ist die Translationsenergie in kJ fast so gross wie die Steinmasse in kg. Bei einem direkten Personentreffen kann unter Umständen schon ein Stein mit 5 cm Durchmesser tödliche Auswirkungen haben.

Wasserschwall nur eine 2 m hohe vertikale Ausdehnung hat. Zudem wird angenommen, dass der mittlere Strahl bei einer Höhe von 576 m ü.M. startet. Dieser ist identisch mit dem Startpunkt der Steinflugbahnen. Die Flugbahnen (untere und obere Begrenzung) des Wasserschwalls müssen demnach bis an die Fassade eine Höhendifferenz von 12-13 m überwinden (Abb.6).

Tabelle 1: Energiewerte in Abhängigkeit von Masse und Geschwindigkeit

Durchmesser (cm)	5	7	10	15	20	30	40
Steinvolumen (dm ³)	0.065	0.18	0.5	1.8	4.2	14	34
Masse (kg)	0.18	0.48	1.4	4.8	11	38	90
Geschwindigkeit (m/s)	42	42	42	42	42	42	42
Translationsenergie (kJ)	0.16	0.43	1.2	4.2	10	34	80

Wasserschwall an die Nordwest-Ecke

Die Hauptschäden an der Nordostecke des Gebäudes Nr. 395 liegen auf einer Höhe von 589 m ü.M. und sind zirka 56 m vom Startpunkt entfernt. Die Mächtigkeit des Wasserschwalls an der Fassade wird mit 3 m Höhe angenommen. Beim Startpunkt hingegen wird angenommen, dass der

Als Startgeschwindigkeiten des Schwalls sind Werte zwischen 40 und 43 m/s berechnet worden. Dabei gilt die höhere Geschwindigkeit für die obere Parabel und die kleinere Geschwindigkeit für die untere Parabel. Die vertikale Richtung beim Start liegt zwischen 22 und 23°. Die Geschwindigkeiten an der Fassade reduzieren sich auf 37-40 m/s (Abb. 7).

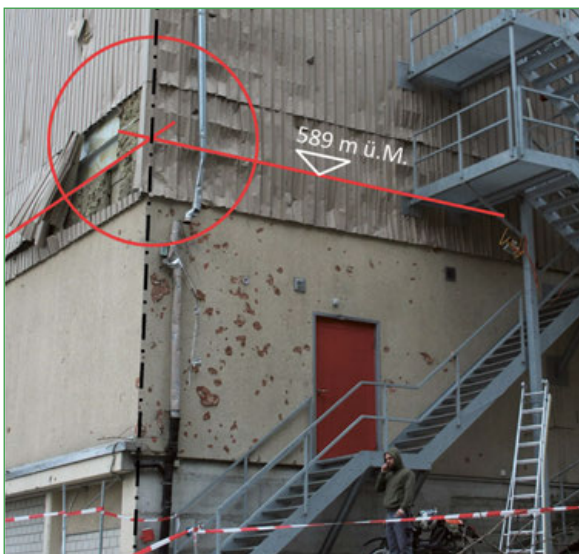


Abbildung 6: Geschätzter Aufprall des Haupt-Wasserschwalls am Industriegebäude. Foto: W. Gerber

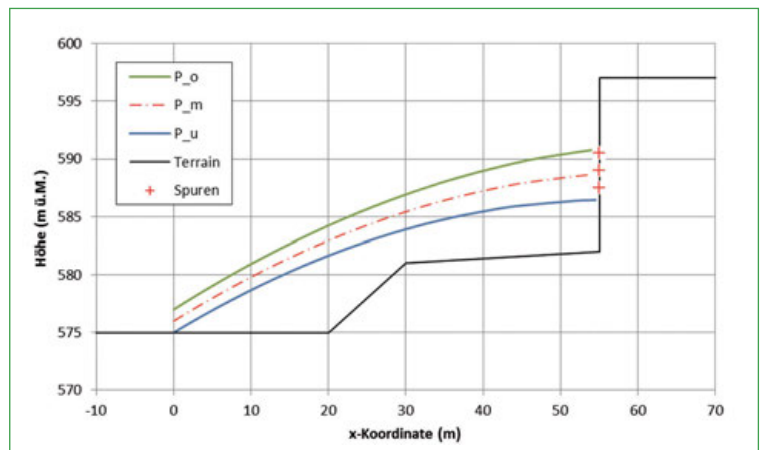


Abbildung 7: Obere und untere Begrenzungslinie des Haupt-Wasserschwalls

Werden auf Grund dieser Geschwindigkeiten und der Dichte des Wassers der Druck auf die Fassade berechnet, so zeigt sich, dass die Schäden an der Fassade und der Gebäudekonstruktion sehr gering ausgefallen sind. Wir vermuten, dass nicht ein kompletter Wasserschwall die Schäden verursacht hat, sondern lediglich einzelne Wasserlinsen. Zwischen den Wasserlinsen war wahrscheinlich neben den Steinen auch viel Luft eingeschlossen.

Flugbahnen Richtung Kantonsstrasse

Auf Grund der Ablagerungen muss angenommen werden, dass sich der Hauptaufschlagbereich des Wasserschwalls von Mitte Kantonsstrasse bis zirka 30 m in die angrenzende Wiese erstreckt. Die Entfernungen zum Startpunkt betragen somit 100-130 m bei einer Höhendifferenz von zirka 4 m. Die Flugbahnen der Steine sind praktisch identisch mit denjenigen des Wasserschwalls an das Industriegebäude. Geringfügige Änderungen der Startrichtung um ein Grad weniger oder mehr (21-24°) reichen zur Einhaltung der oben beschriebenen Bedingungen der Sprungweiten aus. Dies bei gleichbleibenden Startgeschwindigkeiten von 40-43 m/s.

Die maximalen Sprungweiten von Steinen zwischen der Kantonsstrasse und der Bahnlinie liegen bei 140-180 m. In diesem Bereich sind deutliche Einschlagspuren erkennbar (Abb. 8).

Die bis anhin gemachten Berechnungen über die Flugbahnen und die Startgeschwindigkeiten der Steine lassen den Schluss zu, dass die länglichen Spuren von Steinen stammen, welche direkt in der Kleinen Emme gestartet sind. Solche Sprungweiten werden erreicht, wenn Startgeschwindigkeiten von 43-49 m/s auftreten bei vertikaler Startrichtungen zwischen 22 und 27° (Abb.9).

Aus den vorangegangenen Abschnitten können die Startgeschwindigkeiten der Wasser-



Abbildung 8: Drohnenaufnahme des Bereichs zwischen Kantonsstrasse und Bahnlinie mit deutlich sichtbaren Aufschlagspuren der Steine. Foto: ZSO EMME am 12.1.2016.

und Steinmassen zusammengefasst werden. Sehr wahrscheinlich sind die Wassermassen kurz vor den Steinmassen mit maximaler Reichweite gestartet. Die Wassermassen mit maximaler Reichweite sind bei vertikalen Startrichtungen von 21-24° und Geschwindigkeiten von 40-43 m/s gestartet. Darin waren selbstverständlich auch Steine und Gerölle aus der Kiesbank der Kleinen Emme enthalten und diese sind noch vor dem Erreichen der Kantonsstrasse abgelagert worden. Die Steine und Gerölle mit maximaler Reichweite weisen Startwinkel von 22-27° und Geschwindigkeiten von 43-49 m/s auf. Unter diesen Bedingungen traten Sprungweiten zwischen 140-180 m auf (Abb. 10).

Ursache der grossen Sprungweiten

Die Oberflächen der Felssturzaflagerungen in der Kleinen Emme zeigen eine Zweiteilung (Louis 2016). Einerseits liegen auf der nördlichen Hälfte heterogene und abgerundete Felskörper. Im südlichen Bereich dagegen liegen sehr scharfkantige Einzelblöcke, mutmasslich als Folge des Umklippens der ab-

gelösten Felsmasse. Die Einzelblöcke weisen Abmessungen von rund 8 x 5 x 3 m aus und haben ein Volumen von maximal 110 m³. Dies entspricht einer Masse von zirka 300'000 kg. Fällt eine solche Masse aus einer Höhe von 40 m, muss für jeden Block eine kinetische Energie von über 120'000 kJ innerhalb von wenigen Metern umgewandelt werden.

Abbremsvorgang eines Felsblockes im Boden

Die Abbremsvorgänge von Steinen in Böden sind in den letzten Jahren verschiedentlich, sowohl unter Laborbedingungen als auch im Feld mit realitätsnahen Versuchen analysiert worden. Die WSL hat beispielsweise über 200 Fallversuche auf verschiedenste Materialien durchgeführt und die Verzögerungen der Wurfkörper gemessen (BAFU 2009). Je nach Versuchsbedingungen traten Verzögerungen (a) von 300 bis 2'700 m/s² auf. Die entsprechenden Eindringtiefen lagen zwischen 4 und 28 cm. Allgemein lassen sich Abbremskräfte (F) mit der Formel (1) berechnen sofern die Masse (m) bekannt ist.

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Aus den Messungen der Verzögerungen und der Eindringtiefen konnte ein Zusammenhang zwischen Aufprallgeschwindigkeit, Eindringtiefe und maximaler Verzögerung (a_{max}) bestätigt werden. Dieser ist auch Grundlage in der ASTRA Publikation über die Einwirkungen von Steinschlag auf Schutzgalerien (ASTRA 2008) und beschreibt den Zusammenhang mit nachfolgender Formel (2).

$$a_{max} = v^2/d \quad (2)$$

Dabei bedeuten v die Aufprallgeschwindigkeit (m/s) und d die Eindringtiefe (m).

Damit lassen sich nun Kräfte für allgemeine Abbremsvorgänge von Felsblöcken auf Bodenmaterial berechnen (Formel 1). Beim Felssturz Wolhusen entwickelte sich mit einer angenommenen Fallhöhe von 40 m eine Geschwindigkeit von 28 m/s. Mit einem geschätzten Bremsweg von 1.5-2.5 m wirken Verzögerungen im Bereich von 310-520 m/s², dies entspricht der 32-53 fachen Erdbeschleunigung (Abb. 11).

Bei einer Masse von 300'000 kg müssten die auftretenden Abbremskräfte für grosse Felsblöcke zwischen 90'000-160'000 kN liegen. Bei Annahme einer maximalen Aufprallfläche von 40 m² würden immer noch Druckspannungen im Bereich von 2'250-4'000 kPa entstehen. Solche Druckverhältnisse entsprechen im statischen Bereich Wassersäulen in der Höhe von 230-400 m.

Der mit dieser Methode berechnete Block (110 m³) entspricht lediglich etwa 2% des ganzen Abbruchvolumens. Wie genau und in welcher Reihenfolge, mit welchen Geschwindigkeiten der gesamte Abbruch erfolgte, kann im Nachhinein nicht rekonstruiert werden. Auch lässt sich nicht sagen, welcher der vielen Blöcke nun für die hohen Geschwindigkeiten der weggeschleuderten Steine massgebend war. Daher kann der dargestellte Abbremsvorgang nur als Beispiel angesehen werden,

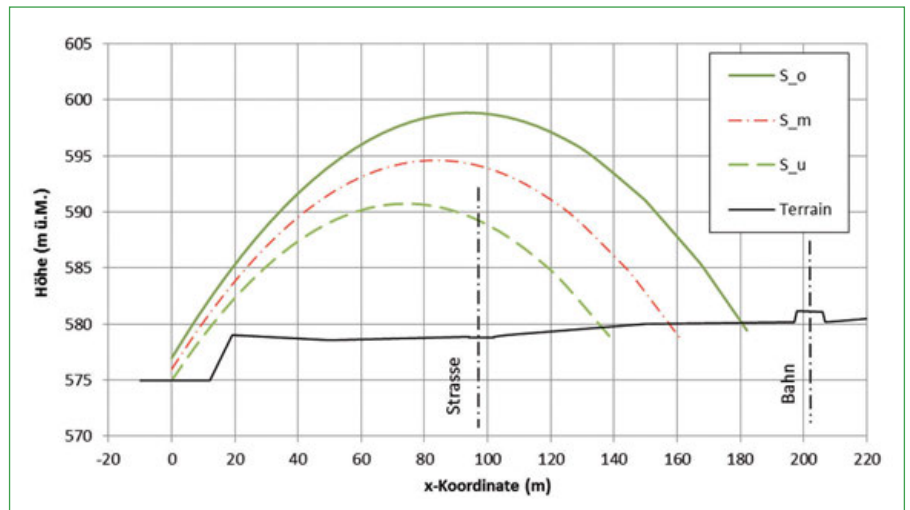


Abbildung 9: Mögliche Flugbahnen der Steine mit Aufschlagstellen in 140-180 m Entfernung vom Startpunkt

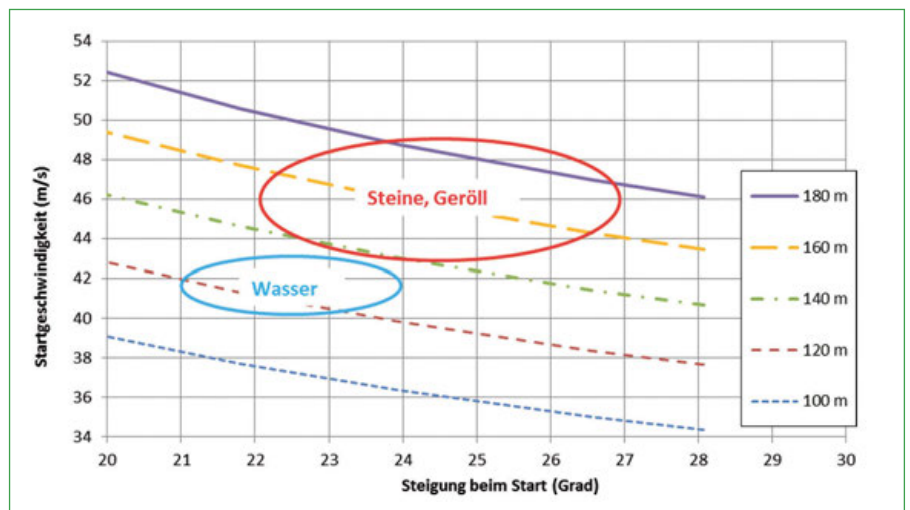


Abbildung 10: Vergleich der maximalen Startgeschwindigkeiten beim Wasserschwall und bei den Steinen in Bezug auf die Sprungweite und die Richtung beim Start

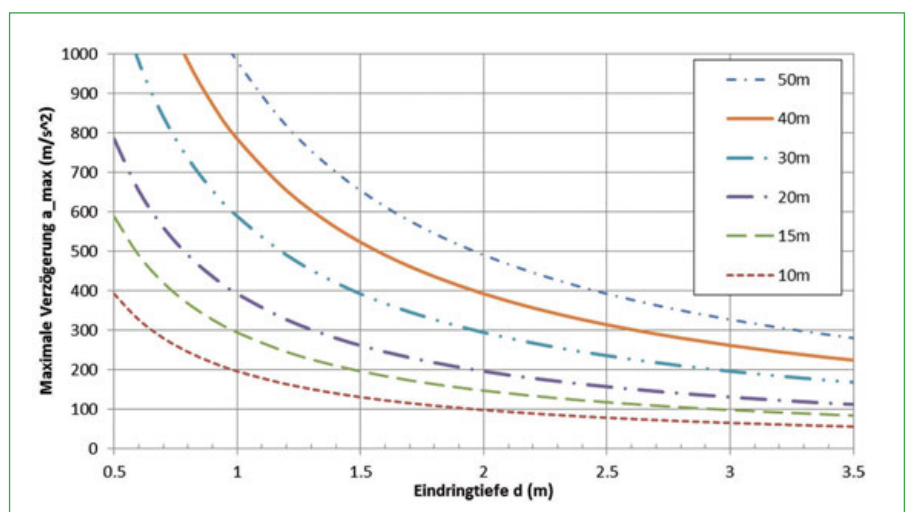


Abbildung 11: Maximale Verzögerung bei Abbremsvorgängen als Funktion von Fallhöhe und Eindringtiefe

welcher auch anders hätte verlaufen können. Massgebend ist die gewählte Eindringtiefe, die einen sehr direkten Einfluss auf die wirkenden Verzögerungen und die Kräfte hat.

Andere ähnliche Ereignisse

Im Gebiet Badfluh Wolhusen sind schon mehrfach Ereignisse wie das beschriebene aufgetreten. In Louis (2016) werden zwei Ereignisse angesprochen, welche in den Jahren 1890 und 1910 stattfanden. Allerdings sind die Beschreibungen im Staatsarchiv des Kantons Luzern nicht immer gleich ausführlich. Die Zeitung Vaterland schrieb am 21. Juni 1910: *„Am Samstag mittags löste sich an der Badfluh am linken Emmeufer eine grössere Felsmasse mit über 50 m³ ab und fiel mit Wucht in die Emme. Der Absturz verursachte einen mächtigen Luftdruck. Am rechten Ufer der Emme wurde ein gemauerter Damm aufgerissen, die Steine wurden fast 300 m weit in das Sandmätteli über die Kantonsstrasse und bis über die Bahnlinie geschleudert. ...“*

Am 17. April 2005, um 10:45 Uhr, ereignete sich in Willisau im Gebiet Schwizermatt ein Felssturz der, laut Augenzeugen, mit einem heftigen Knall erfolgte und von einer Staubwolke begleitet wurde (Geotest 2005): *„Der Abbruch ereignete sich aus einer 18-20 m hohen Nagelfluhwand. Schätzungsweise 50-70 m³ brachen ab und stürzten in die darunter fliessende Enziwigger. Die Wassermassen wurden schwallartig aus ihrem Bachbett gedrückt. Beim Absturz zerbrach die relativ weiche Nagelfluh fast vollständig (Bruchstücke konnten von Hand zerkleinert werden). Die Ablagerungen bestanden fast nur noch aus den einzelnen Komponenten oder kleinen Bruchstücken. Die Enziwigger konnte sich durch dieses kiesige Ablagerungsmaterial rasch wieder einen Weg bahnen“.*

Aus dem Geoportal des Kantons Luzern wurden wiederum die Distanzen zwischen dem

Startort in der Enziwigger und der Lage der Schäden ermittelt. Auch zu den vermessen Schadstellen sind mögliche Flugbahnen berechnet worden, die eine fast identische Startgeschwindigkeit und verschiedene Sprungweiten aufweisen. Es resultierten Startgeschwindigkeiten von 29-32 m/s bei Startneigungen von 20-27 Grad. Dies bewirkte Sprungweiten von 57-87 m.

Schlussbemerkungen

Der Felssturz in Wolhusen zeigt die gefährliche Situation von hohen Felswänden an Bach- oder Flussufern auf. Der Absturz von einzelnen Felsblöcken erfolgt nicht auf Bodenmaterial sondern in das Wasser oder in wassergesättigte Böden. Da das Eindringen eines festen Körpers das Wasser vorerst horizontal verdrängt, werden mit dem Wasser auch sämtliche Materialien im Gerinnebett weggeschleudert. Dabei kann die Startgeschwindigkeit von Geröll und Wasser bis zu einem Faktor 1.5 grösser sein als die Aufprallgeschwindigkeit der Sturzmasse selber. Dies bewirkte sowohl beim Felssturz in Wolhusen wie auch bei einem ähnlichen Ereignis im Gebiet „Schwizermatt“ in Willisau (Geotest 2005), dass die Reichweite der herausgeschleuderten Steine um einen Faktor 4 grösser war als die Höhe der betroffenen Felswand.

Die Translationsenergie der weggeschleuderten einzelnen Steine betrug beim Aufschlagen in die Gebäudefassaden oder in der Wiese wenige kJ bis einige 10 kJ. Gemäss den Intensitätsklassen bei der Gefahrenbeurteilung bedeutet dies eine schwache Intensität. Rechnet man bei den Auswirkungen des Felssturzes in Wolhusen mit Aufprallgeschwindigkeiten von 45 m/s, ist die Translationsenergie in kJ gleich gross wie die Masse des einfallenden Steines in kg (siehe Kap. 3). Diese einfache Rechnung zeigt aber auch, dass die Gefährdung von Personen und Tieren im entsprechenden Umfeld keineswegs harmlos ist. Sie zeigt im

Gegenteil sehr deutlich, dass bei diesen hohen Geschwindigkeiten schon Einwirkungen von unter 1 kJ tödlich sein können.

Literatur

ASTRA, 2008: Einwirkungen infolge Steinschlags auf Schutzgalerien ASTRA 12 006. Bundesamt für Strassen, Bern. 21 S.

BAFU, 2009: Dokumentation über Fallversuche auf Bodenmaterial. Technischer Bericht Nr. 09-6 der WSL. 17 S.

Bundesamt für Landestopographie, 2016: DOM 2m Raster, Digitales Oberflächenmodell der SWISSTOPO (intra.wsl.ch/forschung/geodaten).

Fey, Ch., 2010: Modellierung von Steinschlag, Blockschlag und Felsstürzen auf alpinen Bergwegen. Diplomarbeit Institut für Geographie, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. 125 S.

Geoportal Kanton Luzern 2016: Online-Karten - Digitaler Einblick in Karten und Pläne (https://rawi.lu.ch/themen/geoportal/online_karten).

Geotest, 2005: Felssturz Schwyzermatt vom 17.4.2005 in Willisau, Aktennotiz zur Begehung. Horw. 3S. (und Fotoanhang).

Gerber, W., 2016: Geschwindigkeit und Energie aus der Analyse von Steinschlagspuren - Velocity and kinetic energy from the analysis of rockfall trajectories. Österr. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift 160, 1: 171-175.

Louis Ingenieurgeologie GmbH, Weggis, 2016: Ereignisdokumentation, Felssturz Badfluh, Wolhusen. Verkehr und Infrastruktur, Luzern (inkl. Fotos und Drohnenaufnahmen der Zivilschutzorganisation ZSO-EMME, Emmenbrücke).

Auswirkungen des Felssturzes in Wolhusen mit Ablagerungen von Steinen und Holz bis zur Bahnlinie (Entfernung von 230 m). Foto: Thomas Bickel

