

# DISASTER RESEARCH DAYS 2020

**DCNA**ustria  
Disaster Competence Network Austria

**WEBINAR  
SERIES**  
*OCTOBER*  
13 — 22

**Book of  
Abstracts**  
Konferenzband

# Vorwort

Der Umgang mit Katastrophenrisiken wird durch eine Reihe von Maßnahmen geregelt, die sowohl sämtliche Sektoren (Umwelt, Industrie, Katastrophenschutz, Sicherheit, Gesundheit) und Verwaltungsebenen (EU, regional, national, lokal) abdecken müssen, als auch die unterschiedlichen operativen Phasen (Vorsorge, Minderung, Anpassung, Vermeidung, Bewältigung, Wiederherstellung). Eindrucksvoll führt uns die Pandemie die Bedeutung von Wissenschaft und Forschung vor Augen, sowohl in ihrer Rolle zur Bereitstellung evidenzbasierter Entscheidungsgrundlagen als auch in ihren Beiträgen zur Bewältigung der Krise selbst.

Der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis, sowie der gemeinsame Diskurs mit ExpertenvertreterInnen aus Behörden, Einsatzorganisationen und der Wirtschaft sind dabei entscheidend, um auf Herausforderungen in der Vorsorge und Bewältigung von Katastrophen bestmöglich vorbereitet zu sein.

Die Disaster Research Days unterstützen diesen Dialog und die Vernetzung zwischen den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen und Fachbereichen im Katastrophenmanagement.

Die Konferenz wurde von 13. bis 22. Oktober 2020 als Webinar-Serie abgehalten und umfasste Beiträge aus zu den folgenden Themenschwerpunkten:

- Katastrophenrisiko,
- Kritische Infrastruktur
- Public Health
- Hochwasser
- Extremwetter
- Massenbewegungen

Ein spezieller Dank ergeht daher den Autoren und Vortragenden, den Mitgliedern des wissenschaftlichen Komitees, sowie dem gesamten Organisationsteam und allen Unterstützern und Förderern der Disaster Research Days 2020.

**Christian Resch**

Disaster Competence Network Austria

# Inhalt

## 4 Kapitel 1 Katastrophenrisiko

- 8 CESARE Auf dem Weg zu einer einheitlichen Ereignis und Schadendatenbank
- 14 A versatile, near realtime drone mapping system for disaster response in Austria
- 16 Simulation der Intensität ausgewählter Naturkatastrophen und ihr Einfluss auf wichtige Infrastruktur zur Ermittlung indirekt betroffener Gebiete
- 18 Transformational risk management to tackle climate Loss and Damage in Austria and beyond
- 22 Community Based Exercises (CBEs) to increase population awareness and resilience. A Best Practice Example for Participation
- 24 Effective use of warning apps in Germany
- 26 Lufterkundung im Bereich des Naturgefahrenmanagements und der öffentlichen Sicherheit
- 28 UN SENDAI Framework Information Management Challenges, Governance, Drivers, Management

## 72 Kapitel 3 Public Health

- 74 Ist die Fledermaus schuld an COVID-19? Schuldzuschreibung und Stigmatisierung und: Was können Entscheidungsträger\*innen tun?
- 80 Psychosocial considerations for health care workers during the COVID-19 response
- 84 Logistikerherausforderungen in Zeiten von Covid-19 am Beispiel der Berufsrettung Wien Lessons Learned
- 86 Experiences from the ad hoc setup of a psychosomatic online in-tervention module during COVID-19 pandemic in Austria
- 90 How to manage a pandemic? - Assessment of risk communication strategies for mandatory community quarantine
- 92 Psychosoziale Unterstützung am Telefon während der "Coronakri-se". Eindrücke und Lessons Learned aus der Ö3-Kummernummer
- 93 Zustimmung zu Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie: Ergebnisse einer Längsschnittstudie mit jungen Erwachsenen in Tirol
- 94 Risikokommunikation in Public Health und Pandemie: Interkulturalität in der Krisenkommunikation

## 30 Kapitel 2 Kritische Infrastruktur

- 32 Risiko und Prioritätenmanagement bei Stützbauwerkendes Landes Steiermark
- 38 The role of civil engineers as first responders in disaster management
- 40 Ein Beitrag zur systematischen Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit von Stützmauern im alpinen Raum
- 42 Probabilistic multi-hazard risk assessment for road infrastructure: application to a mountain road in Austria
- 46 Präventiver Schutz von Kulturgütern vor Naturgefahren
- 50 »Ohne Akzeptanz ist eine Technologie sinnlos« – Technische Systeme im Einsatzverfahren
- 54 Ein europaweiter Strom- Infrastruktur- sowie Versorgungs-ausfall (»Blackout«)
- 60 Securing of Food Production and Logistics
- 66 From Ecology to Cyberresilience: an interdisciplinary application of resilience principles for smart grid designs

## 96 Kapitel 4 Hochwasser

- 98 Erweiterung von Vulnerabilitätsanalysen um soziale und psychologische Faktoren
- 102 Lernen von der Vergangenheit, um die Zukunft zu gestalten: Anpassungspfade als strategisches Instrument für das österreichische Hochwasserrisikomanagement Überflutungsflächenidentifizierung an der Donau – Methodik und österreichische Beispiele zum Schadenspotenzial
- 106 Überflutungsflächenidentifizierung an der Donau – Methodik und österreichische Beispiele zum Schadenspotenzial
- 112 Emergency response planning along the river Thaya – dealing with pluvial and fluvial floods
- 114 Räumliche Ausprägung von Hochwasserereignissen – Implikationen für das Hochwasserrisikomanagement
- 118 Floodplain Urbanization as a factor in Flood Risk Assessment: the case of the Lower Don River
- 120 Räumliche Analyse des Risikos und der sozioökonomischen Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser in Österreich: Ein integrativer Ansatz kritisch beleuchtet
- 122 System EFFORS – Aktuelle Entwicklungen im Bereich der operationellen Hochwasservorhersage für mittelgroße alpine Einzugsgebiete
- 124 Politische Naturkatastrophen – Wie Ideologien den Umgang mit Hochwassern prägten

## 128 Kapitel 5 Extremwetterereignisse

- 130 Wetter melden, Warnen helfen, Gefahr vermeiden: Crowdsourcing menschlicher Wetter- und Impact-Beobachtungen in Österreich und Europa
- 134 The WegenerNet 3D weather and climate research facility: A unique open-air laboratory for high-resolution studies of extreme events
- 136 Extremwetterereignisse und individuelle Risikokommunikation: Mediale Strategien und ihre empirische Überprüfung
- 138 Determinants for Drought Management Strategies among Cameroonian Households
- 142 A REPRODUCIBLE SNOW LOAD MAP OF AUSTRIA DISASTER RESEARCH DAYS 2020, INNSBRUCK, AUSTRIA
- 146 The ΔSNOW.MODEL: A novel model for snow load and water equivalent
- 150 Climate change's influence on an extreme precipitation event in June 2009 in Southeastern Styria
- 152 Naturgefahren als Folge des rasanten Gletscherschwunds: Monitoring und Prozessstudien
- 156 AIRBORNE HIGH RESOLUTION REMOTE SENSING FOR NEAR REAL TIME FOREST FIRE DETECTION AND SURVEILLANCE
- 160 Slope Stability with Nonlinear Strength Failure Criterion
- 162 Hagelprävention
- 164 Consequences of severe Space Weather events
- 166 Nutzung eines X-Band-Radars zur Untersuchung von Starkniederschlägen im Wiener Becken
- 170 Wetterextreme im Herbst an der Alpensüdseite: zwei Beispiele
- 172 Jänner bis Juni 2019: Meteorologischer Rückblick auf ein herausragendes Halbjahr an der Nordseite der Ostalpen

## 178 Kapitel 6 Massenbewegungen

- 180 »Gehen oder Bleiben« – existenzielle Entscheidungen, erzwungen von Massenbewegungen
- 184 Monitoring und Quantifizierung von Naturgefahrenprozessen mittels Unmanned Aerial Vehicle und Structure from Motion
- 186 Monitoring und Frühwarnung von Murgängen – Vergleichsanalyse und Einsatzoptimierung eines Puls-Kompressionsradars
- 190 Monitoring von gravitativen Massenbewegungen mittels terrestrischem Laserscanning und terrestrischer Radar-Interferometrie am Beispiel des Hüttschlag-Felssturzes
- 194 Integrated monitoring of a slowly moving deep-seated gravitational slope deformation based on multi-temporal terrestrial laser scanning and total station measurements – preliminary results of the OPERANDUM project
- 196 Investigating hydrological drivers of a deep-seated gravitational slope deformation – the Vögelsberg case study (Tyrol, Austria)
- 198 Extending the integrated monitoring of deep-seated landslide activity into the past – preliminary results of the project EMOD-SLAP
- 200 Mass movements documentation with EO data for assessing the impact on the alpine trails and huts infrastructure
- 204 Dynamiken des Geschiebetransports in Einzugsgebieten mit rapidem Gletscherrückgang

## Kapitel 1



# Katastrophenrisiko

# CESARE

## Auf dem Weg zu einer einheitlichen Ereignis- und Schadendatenbank für Österreich

MATTHIAS THEMESL<sup>1</sup>, CHRIS SCHUBERT<sup>1</sup>, KATHARINA ENIGL<sup>1</sup>, STEFAN REISENHOFER<sup>1</sup>, CHRISTOPH MATULLA<sup>1</sup>, JUDITH KÖBERL<sup>2</sup>, DOMINIK KORTSCHAK<sup>2</sup>, STEFFEN REICHEL<sup>3</sup>, MARC OSTERMANN<sup>4</sup>, STEFAN KIENBERGER<sup>5</sup>, DIRK TIEDE<sup>5</sup>, DAVID N. BRESCH<sup>6</sup>, THOMAS RÖÖSLI<sup>6</sup>, ARMIN KALTENEGGER<sup>7</sup>, DAGMAR LEHNER<sup>7</sup>, ANDREAS PICHLER<sup>8</sup>, MARKUS LEITNER<sup>9</sup>, MARIA BALAS<sup>9</sup>

### Organisationen

<sup>1</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,

<sup>2</sup> JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH,

<sup>3</sup> Spatial Services GmbH,

<sup>4</sup> Geologische Bundesanstalt,

<sup>5</sup> Universität Salzburg,

<sup>6</sup> Eidgenössische Technische Hochschule Zürich,

<sup>7</sup> Kuratorium für Verkehrssicherheit,

<sup>8</sup> Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus,

<sup>9</sup> Umweltbundesamt

**matthias.themessl@zamg.ac.at, chris.schubert@zamg.ac.at, katharian.enigl@zamg.ac.at, stefan.reisenhofer@zamg.ac.at, christoph.matulla@zamg.ac.at, judith.koeberl@joanneum.at, dominik.kortschak@joanneum.at, steffen.reichel@spatialservices.com, marc.ostermann@geologie.ac.at, stefan.kienberger@sbg.ac.at, dirk.tiede@sbg.ac.at, dbresch@ethz.ch, thomas.rooesli@usys.ethz.ch, dagmar.lehner@kfv.at, andreas.pichler@bmlrt.gv.at, markus.leitner@umweltbundesamt.at, Maria.Balas@umweltbundesamt.at**

## Abstract

Naturgefahren und ihre Auswirkungen spielen eine immer wichtigere Rolle in einer Gesellschaft mit steigendem Wohlstand und verwundbarer, kritischer Infrastruktur. Mit dem Ziel, die Resilienz der Gesellschaft und Wirtschaft zu erhöhen, ergibt sich die Notwendigkeit, etwaige Gefahren zu identifizieren und ein entsprechendes Risikomanagement zu etablieren. Grundlage für eine robuste Gefahren und Risikoabschätzung sind immer Beobachtungen und Daten zu Ereignissen und deren Auswirkungen. Trotz zahlreicher bestehender Datenarchive sind in Österreich einheitliche und integrierte Auswertungen nur beschränkt durchführbar. Unterschiedliche Erhebungsstandards sowie Erhebungsziele verhindern oftmals eine einfache Vergleichbarkeit und deren Zusammenführung. Darüber hinaus bestehen auch auf europäischer und internationaler Ebene legislative Vorgaben und Abkommen, die eine systematische Erfassung und Beurteilung forcieren und notwendig machen.

Das Projekt CESARE (CollEction, Standardization and Attribution of Robust disaster Event information) entwickelt einen Demonstrator für eine nationale Ereignis- und Schadendatenbank, der erstmals einen zentralen Zugang zu harmonisierten Daten und Informationen in Österreich ermöglichen soll. Dabei baut CESARE auf vorhandenen, vor allem hoheitlichen Datenarchiven zur Erfassung von Schadendaten auf und integriert diese mit abgestimmten Transformationsalgorithmen und der Einbindung eines semantischen Layers. Je nach Informationsbedarf werden Daten aus den verschiedenen Datenquellen und -kategorien nach logischen Entscheidungsregeln teilautomatisiert extrahiert und danach nachvollziehbar miteinander verknüpft. Somit können auch große Datenarchive integriert und evaluiert werden. CESARE erweitert die Funktionalität einer üblichen Schadendatenbank auch in Richtung der Ereignisdimension. Durch die Integration und Verschneidung mit Wetterdaten lassen sich schadenauslösende atmosphärische Bedingungen (Trigger) bestimmen sowie »near miss« Situationen erkennen, also Bedingungen mit

Schadenpotential aber ohne dokumentierte Auswirkungen. Durch die Integration von Erdbeobachtungsdaten sowie Modellanalysen können Ausmaß und Beschreibungen von Schadereignissen komplementiert werden. Für die praktische Anwendbarkeit werden Visualisierungs- und Analysetools für Schaden und Verlustindikatoren auf der Gemeindeebene zur Verfügung gestellt.

Konkret soll CESARE damit die Arbeiten im Rahmen der nationalen Risikoanalyse des Bundesministeriums für Inneres (BMI), die Validierung der Katastrophen-(fonds)meldungen für Länder und das Bundesministerium für Finanzen (BMF), sowie das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) und die Berichterstattung in Richtung UNDRR Sendai Framework (Aufgabe der ASDR Plattform; unter Koordination der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) unterstützen.

Für den Demonstrator fokussiert CESARE auf Sturm, Überflutungs- und Massenbewegungsereignisse und korrespondierende (meteorologische) Ereignisse in den Bundesländern Steiermark und Niederösterreich in der Periode 2005 bis 2018 und nutzt die zur Verfügung gestellten Daten der Landesregierungen (Katastrophenfonds), von Blaulichtorganisationen, der Abteilung für Wildbach und Lawinenverbauung und Schutzwaldpolitik des BMLRT, der Geologischen Bundesanstalt und der ZAMG.

Die Grundkonzeption des Demonstrators ermöglicht eine Skalierung der Plattform nach weiteren Datenquellen sowie Gefahrenklassen als auch eine Nutzung und Sichtbarmachung der Daten im (inter)nationalen Kontext für ein bedarfsorientiertes Risikomanagement. Darüber hinaus können die in CESARE entwickelten Prozesse, Methoden und Konzepte als Vorlage für Länder und Systeme mit dezentralen und nichtstandardisierten Datenarchiven und Monitoringaktivitäten im Naturgefahrenmanagement herangezogen werden.

## Hintergrund

Jedes Jahr zerstören natur und menschengemachte Katastrophen Lebensräume und Infrastrukturen, verursachen Todesfälle beziehungsweise volkswirtschaftliche Schäden und führen in vielen Fällen zu einer Herabsetzung des Lebensstandards. Diese Faktoren spiegeln sich auch in einer steigenden Relevanz für Gesellschaft und Wirtschaftsstandorte (vergleiche World Economic Forum, 2019).

Die Anzahl von Naturkatastrophen, vor allem meteorologisch und hydrologisch bedingt, nimmt dabei seit Jahrzehnten zu und auch die damit verbundenen Auswirkungen wie monetäre Schäden steigen im Gesamten betrachtet an (Munch Re, 2018).

Bereits heute verursachen wetter und klimabedingte Schäden in Österreich Kosten von rund 1 Mrd. Euro jährlich (Steininger et al., 2015). Zu beachten ist jedoch, dass für das Ansteigen der ökonomischen Schäden sowohl die steigende Anzahl und Intensität der Wetterereignisse (Beselaar et al., 2013; APCC, 2014; IPCC, 2018) als auch die steigende Exposition von Sachwerten verantwortlich sind. Für die Ableitung von entsprechenden Risiken ist die Kombination aktueller und zukünftiger Dynamiken auf der Gefahrenseite – also der beobachtete und höchstwahrscheinlich auch zukünftige Anstieg von Extremereignissen im Zuge des Klimawandels (IPCC, 2014; IPCC 2018; APCC, 2014) – mit einer Reihe von sozialen und ökonomischen Faktoren wie dem Siedlungs- und Bevölkerungsdruck, der Exposition von Infrastruktur und Gebäuden, sich verändernden demographischen Verhältnissen oder der Verfügbarkeit von Warnsystemen ausschlaggebend (Blaikie et al., 2004, Birkmann et al., 2010).

Sowohl auf europäischer als auch auf internationaler Ebene sind in jüngster Vergangenheit Beschlüsse, Direktiven, Richtlinien oder akkordierte Standards ausgearbeitet und verabschiedet worden, die es ermöglichen sollen, Gefahren und Risiken besser zu erkennen, zu beobachten und generell eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen zu erreichen (vergleiche Beschluss Nr. 1313/2013/EU über ein legislatives Katastrophenschutzverfahren; EU Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasser- und Übersichtsrisiken, EU INSPIRE Richtlinie oder UNDRR Sendai Rahmenwerk).

Neben anderen Aktivitäten und Maßnahmen folgen die nationale Risikoanalyse oder die Austrian Strategy for Disaster Risk Reduction (ASDR) Plattform auf diese internationalen Bestrebungen. Die nationale Risikoanalyse identifiziert und bewertet in einem 3Jahreszyklus in einem Szenarienansatz derzeit 18 Gefahrenpotentiale für Österreich und fasst diese in einer Risikomatrix nach deren Eintrittswahrscheinlichkeit und den dabei zu erwartenden Auswirkungen zusammen. Dabei baut sie vorwiegend auf wissenschaftlichen Studien, Experteneinschätzungen und Erkenntnissen aus vergangenen Ereignissen auf.

Die globalen Sendai Aktivitäten zielen auf den Nachweis ab, ob und wie die Zahl der von Naturkatastrophen betroffenen Menschen, der ökonomische Schaden, und die Schäden an kritischer

Infrastruktur zwischen 2020/2030 im Vergleich zu 2005 bis 2015 reduziert werden konnten. Hierzu wurden vier Prioritäten und sieben globale Ziele/Targets definiert, zu denen sich die unterzeichnenden Staaten verpflichten, entsprechende Aktivitäten zu initiieren beziehungsweise den nationalen Status quo zu berichten. In Österreich werden diese Aktivitäten von der ASDR Plattform, einer interministeriellen Steuerungsgruppe bestehend aus VertreterInnen der Bundesministerien sowie der Bundesländer, von Einsatzorganisationen und privaten und wissenschaftlichen Stakeholdern koordiniert. Eine wesentliche Aktivität im ASDR Aktionsplan ist die Einrichtung einer nationalen Ereignis und Schadendatenbank.

## Naturgefahrenrisikomanagementsysteme

In Österreich treten häufig Naturgefahren auf, die durch die Bewegung von Luftmassen, Wasser, Schnee, Eis, Erd und Felsmassen oder Holz an der Erdoberfläche verursacht werden (Rudolf-Miklau, 2009). Entsprechend der Vielzahl an Gefahren existiert in Österreich eine große Menge an Datensätzen, technischen Ansätzen und Projektergebnissen. Aufgrund historisch gewachsener sowie politischer (föderaler) Verteilungen

von Verantwortlichkeiten und diesbezüglicher Aufgaben und Aktivitäten zur Datensammlung besteht eine signifikante Heterogenität in den Informationen. Darüber hinaus stellt die Thematik eine Querschnittsmaterie dar, bei der sowohl die Beschreibungen der Auswirkungen – also beispielsweise monetäre Schäden oder betroffene Personen – als auch Beschreibungen der Ausgangslage/der Auslöser zum Beispiel das Wetter – eine Rolle spielen. In der Zusammenschau hat keine der bekannten nationalen Datenbanken den Anspruch, ein generelles, systematisches Monitoring für verschiedene Gefahrenkategorien und für Gesamtösterreich darzustellen (vergleiche Abbildung 1).

## Zentraler Zugang und einheitliche Daten

Im Rahmen des Naturgefahrenrisikomanagements fokussiert CESARE auf das Erkennen, Analysieren, Bewerten sowie die zeitliche Entwicklung von Gefahren und Risiken. Dafür wird eine zentral erreichbare Datenplattform und Oberfläche für Erfahrungen und Schadendaten für die administrativen Aufgaben des Bundes, der Länder und Gemeinden (wie nationale Risikoanalyse oder Erhebung der Sendai Indikatoren) entwickelt. Das CESARE

	Kat.fonds	VIOLA	WLV	GBA	Blaulicht	Impaktmodelle	EO-Daten
<b>STURM</b>							
Betroffene Menschen	gering	Ja	Nein	Nein	Ja	Bedingt	Nein
Physische Schäden	gering	Ja	Nein	Nein	Ja	Bedingt	Ja
Ökonomische Schäden	gering	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
<b>MASSEN-BEWEGUNG</b>							
Betroffene Menschen	gering	Ja	k.A.	gering	Ja	Ja	Nein
Physische Schäden	Ja	Ja	k.A.	gering	Ja	Ja	Ja
Ökonomische Schäden	Ja	Ja	k.A.	gering	Nein	Ja	Nein
<b>ÜBERFLUTUNG</b>							
Betroffene Menschen	gering	Ja	k.A.	Nein	Ja	Ja	Nein
Physische Schäden	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Ökonomische Schäden	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein

**Abbildung 1: Vergleich der Informationskategorien verschiedener Datenarchive in Österreich.** Internationale Systeme wie EM.DAT, DesInventar, NatCatService, Risk Data Hub können hier auch keine Abhilfe schaffen, da diese entweder in Privathand sind (NatCatService) oder öffentlich zugängliche Systeme (EM.Dat, DesInventar, Risk Data Hub) derzeit nicht proaktiv von österreichischer Seite genutzt und gepflegt werden (vergleiche Köberl et al., 2018).

System ist dabei in der Lage, Schadendaten, die aus verschiedenen Quellen und mit verschiedenen Standards erhoben wurden, zu harmonisieren, zusammenzuführen, mit Zusatzinformationen wie Satellitendaten zu verbinden, Produkte und Auswertungen on demand zu erstellen und diese für die Nutzung in weiteren Informationssystemen aufzubereiten. Räumlich und zeitlich soll auf der Ereignisskala die höchstmögliche Auflösung erhalten bleiben, für abgeleitete Analyseprodukte, wie Indikatoren, werden jedoch entsprechende Aggregationen umgesetzt. CESARE erweitert die »üblichen« Analysefunktionalitäten einer Schadendatenbank darüber hinaus in Richtung der Ereignisdimension, indem Wetterdaten, Warninformationen und Schwellenwertanalysen zur Identifikation und besseren Dokumentation von Schadereignissen integriert werden.

## Datengrundlage

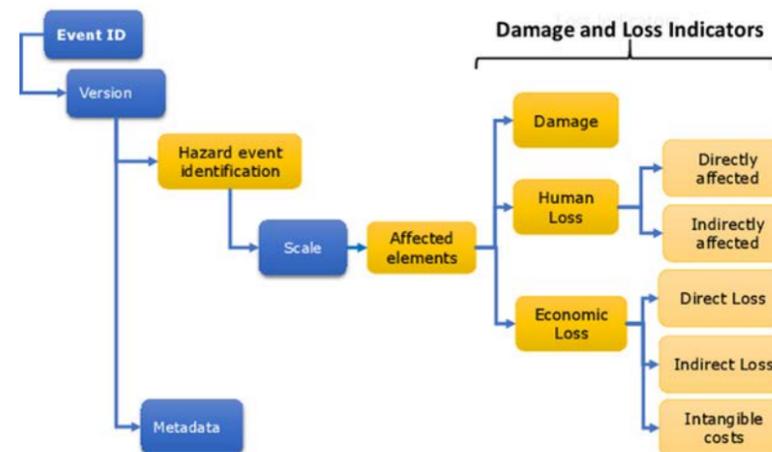
CESARE fokussiert derzeit auf Überflutungen, Sturmereignisse und Massenbewegungen in zwei Bundesländern in Österreich (Niederösterreich und Steiermark). Die Kategorien bilden drei der wesentlichen Schadkategorien der nationalen Risikoanalyse und der Naturgefahrenliste nach RudolfMiklau (2009) ab. Die Steiermark und Niederösterreich sind zwei wesentlich betroffene Regionen Österreichs. Für CESARE werden nur Datenarchive in Betracht gezogen, die sich mit dem langfristigen Sammeln und Archivieren von Ereignissen und Auswirkungen bezüglich der drei Gefahrenkategorien beschäftigen und auch eine entsprechende nachhaltige Ausrichtung aufweisen. Basierend auf diesen Kriterien werden die Datenbanken der Katastrophenfonds der Bundesländer und ihrer Fachabteilungen, Hochwasserfachdatenbanken, Einsatzdatenbanken von Blaulichtorganisationen, der digitale Wildbach und Lawinenkataster (WLV), die Datenbank für Naturereignisse der Geologischen Bundesanstalt (Tilch et al., 2011), Datenbanken des Bundesamts für Wald und Forstwirtschaft, sowie die VIOLA Datenbank der ZAMG (Reisenhofer, 2015) mitein-

bezogen. Für die betrachtete Periode von 2005 bis 2018 ergeben sich dadurch über 10.000 Dateneinträge.

## Datenmodell

Kern des CESARE Konzeptes ist ein Datenmodell, das es erlaubt, Daten aus verschiedenen Quellen zu vereinheitlichen und zusammenzuführen. Dabei wird ein konzeptionelles Datenmodell, wie von JRC (2015) vorgeschlagen (siehe Abbildung 2) in Kombination mit dem INSPIRE Modell für Naturgefahren als Zielschema definiert, worauf alle ursprünglichen Datenquellen in einem formalisierten Transformationsprozess übertragen werden. Den Ausgangspunkt stellt dabei immer ein Schadereignis dar, das – beispielsweise mittels EreignisID – eindeutig identifizierbar ist. Mit dem Ereignis können mehrere Versionen und Iterationszyklen an Schadenaufzeichnungen verknüpft sein, die zum Beispiel aufgrund von Aktualisierungen und Korrekturen oder Schätzungen unterschiedlicher Organisationen zustande kommen. Für jede dieser Versionen unter der EreignisID können nach dem Auftreten eines Schadereignisses drei Sets an Schadenindikatoren – (a) Identifikation des (Natur) Gefahrenereignisses, (b) betroffene Elemente, (c) Schaden und Verlustindikatoren – sowie Metadaten und Informationen zur Qualitätssicherung aufgezeichnet werden. Somit können vorhandene Datenquellen genutzt werden, ohne die dahinterliegenden Systeme durch Vorgaben zu beeinträchtigen.

Wesentlich für eine erfolgreiche Datentransformation und die Interoperabilität der Systeme ist die Erstellung eines Vokabulars, welches einerseits die Übersetzung in das Zielschema ermöglicht und andererseits nationale und internationale Anforderungen und Standards berücksichtigt. Dieses kontrollierte Vokabular wird über eine Erweiterung des vorhandenen INSPIRE Vokabulars (z.B.: specificHazardTypeValue) veröffentlicht werden und als zu erweiternde Grundlage einer gemeinsamen Semantik für neue Datenerhebungen dargestellt.



**Abbildung 2: Schematische Darstellung des vom JRC vorgeschlagenen Datenmodells für die Erfassung von Schadendaten (JRC, 2015).**

Mittels Entscheidungsbäumen wird der Ablauf der Datenaufbereitung, Plausibilisierung und Harmonisierung basierend auf einem Set von Qualitätskriterien in Form eines formalen hierarchischen Regelsatzes beschrieben und implementiert (vgl. Quinlan, 1987). Die Umsetzung dieses Regelsatzes in ein teilautomatisiertes System und soll die Anwendung auf große Datenmengen ermöglichen.

Als Resultat ergeben sich dadurch konsistente Datensätze gegliedert nach klar definierten (Natur) Gefahrenereignissen mit einer harmonisierten und vergleichbaren Beschreibung betroffener Elemente, Schaden und Verlustindikatoren sowie Metadaten zur Qualitätssicherung. Infolge des klar strukturierten Aufbereitungsprozesses kann die Datenqualität der Ergebnisdaten nachvollziehbar dokumentiert und die Reproduzierbarkeit gewährleistet werden. Die vorgeschlagenen Methoden erlauben ein gegenseitiges Evaluieren der Einzeldaten sowie durch die Kombination der Daten eine Qualitätssteigerung im Vergleich zu den Einzelquellen. Bezüglich der Schaden und Verlustindikation behandelt CESARE nur direkte Schäden und Verluste.

Die Machbarkeitsstudie DAMAGE.at (Köberl et al., 2018) zeigte, dass eine Zusammenführung der lokalen/regionalen und nationalen Datenquellen möglich ist.

## Erweiterung des Datenmodells sowie Kooperation mit dem Risk Data Hub

CESARE entwickelt nicht nur Funktionalitäten für eine harmonisierte Schadenindikation, sondern beschäftigt sich auch intensiv mit einer erweiterten Schadenindikation, »near miss« Ereignissen sowie mit den auslösenden Faktoren zu den Schadereignissen (siehe Abbildung 3).

Neben in situ Beobachtungen und Dokumentationen von Ereignissen und deren Auswirkungen, können heute Fernerkundungsdaten, Modellanalysen, aber auch (Wetter) Warnungen genutzt werden, um gefährdete/betroffene Regionen zu spezifizieren und das Ausmaß von Schäden zu konkretisieren. Im Fall von Sturmereignissen werden aufgrund der zum Teil fehlenden Informationen in den Katastrophenfondsdaten (insbesondere im Bereich von Schäden in und an Gebäuden) zwei Schadenmodelle, nach Pretenthaler et al. (2012) und das opensource Modell CLIMADA (AznarSiguán and Bresch, 2019), angewendet, um zusätzliche Informationen zu generieren. Ebenfalls kann mit der Kalibrierung der Schadenmodelle bereits ein Nutzungsbeispiel der Ereignis und Schadendatenbank demonstriert werden.

Für alle drei betrachteten Gefahrenkategorien wird analysiert, inwieweit semantische Informationsabfragen in großen Erdbeobachtungsdatenbanken (Sentinel2 semantic data & information cube Austria) zur Detektion und Abgrenzung sol-

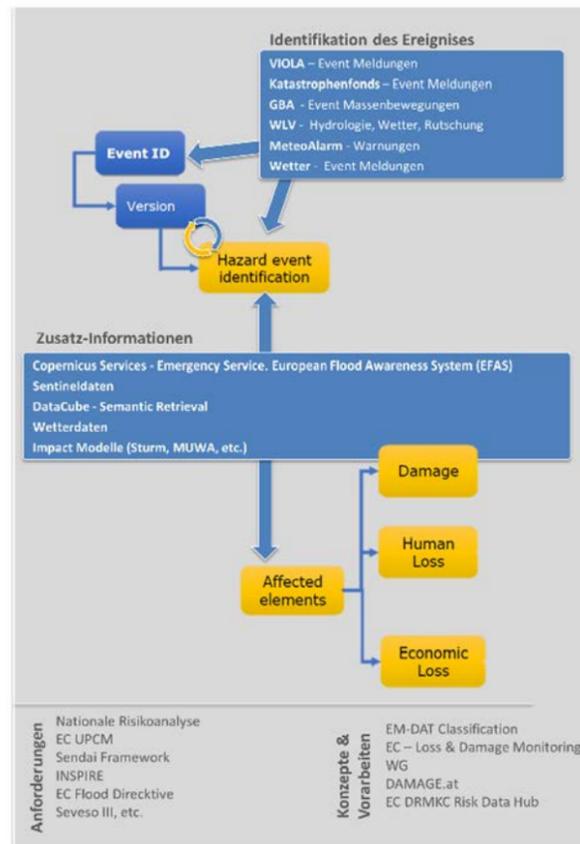


Abbildung 3: Schematische Darstellung des erweiterten Datenmodells von CESARE.

diese Plattform eine Darstellung und einfache Analysen von Gefahren, Verwundbarkeiten und Risiken. Darüber hinaus bietet das JRC den RDH als sogenannten »Country Corner« an, in dem die eigens bestimmbare Daten und Informationssouveränität gegeben ist, der aber auf denselben Standards wie der öffentlich zugängliche RDH Teil basiert.

CESARE wird in allen beschriebenen Entwicklungen und Funktionstests stark mit dem JRC kooperieren und so auch als Role Model für andere europäische Länder fungieren. Hierdurch ergeben sich (daten)technische Synergien, wie der Zugang zu europäischen Datensätzen, der die Qualität der österreichischen Ereignis- und Schadenbeschreibung unterstützt und die verfügbare Informationsdichte maximiert.

## Zusammenfassung

Naturgefahrenmanagementsysteme werden durch die steigende Zahl an Extremsituationen und den steigenden Wert exponierter und verwundbarer Assets von immer größerer Bedeutung für unsere Gesellschaft. Österreich hat einen reichen Schatz an wertvollen und lange zurückreichenden Daten und Ereignisdokumentationen, die als Grundlage für Risikoeinschätzungen herangezogen werden können. Mit dem Projekt CESARE und den darin entwickelten Systemen wird es nun erstmals möglich, diese Daten zusammenzuführen und zentral für Analysen zu nutzen. Für den Demonstrator fokussiert CESARE auf drei Gefahrenkategorien (Sturm, Überschwemmung und Massenbewegung) in den Bundesländern Niederösterreich und Steiermark und langfristig ausgelegte Datenarchive. Insgesamt werden in CESARE für die Testperiode 2005 bis 2018 über 10.000 Dateneinträge zu Schadereignissen qualitativ und quantitativ analysiert. Durch das in CESARE entwickelte Datentransformationsmodell bleiben die Primärdaten bei Erzeugern unverändert, was eine nachhaltige Kooperation mit den Datenerzeugern sichern soll. Durch eine Teilautomatisierung der Prozesse können erstmals große Datenmengen verarbeitet werden. Darüber hinaus erweitert CESARE die »üblichen« Funktionalitäten einer nationalen Schadendatenbank in Richtung der Ereignisdimension und der Ereignisforensik. Zusätzliche Datenquellen und Analysen zu auslösenden Faktoren von schadenträchtigen Bedingungen sollen zukünftig in der Prävention von Naturkatastrophen helfen. CESARE entwickelt hierfür sowohl konzeptionelle, technische als auch systemische Innovationen, die auch auf weitere Gefahrenkategorien und Datenquellen übertragen werden können.

Durch die Kooperation mit der ASDR Plattform wird eine aktive Nutzung von CESARE für die zukünftige Erstellung der nationalen Risikoanalyse, der Validierung der Katastrophen(fonds)meldungen und der Erstellung der UNDRR Sendai Indikatoren möglich.

Die Kooperation mit dem JRC und die Integration der Risk Data Hub Konzepte und Technologien bietet CESARE die Möglichkeit, europaweit sichtbar und Vorreiter zu werden und vice versa in dieser europäischen Initiative, österreichische Monitoringaktivitäten zu integrieren und darzustellen.

## Danksagung

Das Projekt CESARE wird im Rahmen des österreichischen Förderprogramms für Sicherheitsforschung KIRAS und mit Beteiligung der Bedarfsträger Bundesministerium für Inneres und Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus durchgeführt. Wir danken den beteiligten Bundesländern Land Steiermark sowie Land Niederösterreich für die Bereitschaft zur Datenbereitstellung und für die Mitarbeit an den Projektzielen.

cher Schadereignisse beitragen können. Zuletzt ermöglicht die Verschneidung von Wetter mit Schadereignisdaten, die Ableitung von Schwellenwerten und deren Analyse die Detektion von (i) Regionen oder Saisonen in denen potentielle Schadereignisse besonders häufig auftreten, (ii) Wetterentwicklungen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit, die diese treiben und auslösen (Enigl et al., 2019) und (iii) Bedingungen mit Schadenpotential aber ohne dokumentierte Auswirkungen (sogenannte »near miss« Ereignisse).

Ein wichtiger Unterpunkt bezüglich einer derzeit fehlenden effizienten Vereinheitlichung im Bereich der Ereignis- und Schadendaten ist das Fehlen eines allgemein nutzbaren und implementierten Ereignisidentifikationssystems. Die Herausforderung steckt in der Akzeptanz von Lösungsansätzen zu den offenen Fragen wie z.B.: was ist ein Ereignis?; Wann ist dieses abgeschlossen?; Gibt es Unterereignisse?; oder ist ein Trigger Mechanismus ein Ereignis? Zum Teil existieren hier disziplinäre Definitionen, die in einem inter- und transdisziplinären Ansatz aber erst konsolidiert werden müssen. In den meisten Fällen haben Datenbanken ihr eigenes »Identifier Management«, z.B. als fortlaufende Nummerierung entwickelt, was für eine nachträgliche Bearbeitung ungeeignet ist. International gibt es zwar das GLIDE System, doch selbst die Europäische Kommission (EC) regt in ihren Empfehlungen zur Erstellung einer nationalen Schadendatenbank nur die Anwendung eines ähnlichen Systems wie GLIDE an (vgl. JRC, 2015). Neben dem Aufsetzen einer technischen Instanz zu einem Ereignisidentifikationsregister für die Vergabe persistenter Identifikatoren ist das prototypische Implementieren, insbesondere des Nutzermanagements für den gesamten Submissionsprozess unentbehrlich.

Aufbauend auf dem steigenden Bedarf und aktuellen IstErhebungen der Datenverfügbarkeit auf nationaler Basis in Europa entwickelt die EC im Rahmen des Joint Research Centers (JRC) mit dem Risk Data Hub (RDH) derzeit eine eigene europäische Plattform, die den Mitgliedstaaten im gesamten Zyklus des Risikomanagements eine Unterstützung von der lokalen bis hin zur europäischen Ebene anbieten soll. Ähnlich wie DesInventar ermöglicht

## Literaturverzeichnis

APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 9783700176992

AznarSigan, G. and Bresch, D. N.: CLIMADA v1: a global weather and climate risk assessment platform, Geosci. Model Dev., 12, 3085–3097, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3085-2019>, 2019.

Beschluss Nr. 1313/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über ein Katastrophenschutzverfahren der Union (ABl. L 347 vom 20.12.2013, S. 924).

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Welle, T. (2013): Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. Natural hazards, 67(2), 193211.

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (2004): At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge.

Enigl K., Matulla C., Schlögl M., Schmid F. (2019): Derivation of canonical totalsequences triggering landslides and floodings in complex terrain, submitted to Advances in Water Resources.

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA (eds). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2018): GLOBAL WARMING OF 1.5 °C: Summary for policymakers, IPCC SR1.5 [http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\\_spm\\_final.pdf](http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf)

JRC (2015): Guidance for Recordance and Sharing Disaster Damage and Loss Data, Milano, EUR 27192 EN, doi:10.2788/186107.

Köberl, J., Pretenthaler, F., Schubert, C. (2018): DAMAGE.at – Machbarkeitsanalyse des Aufbaus einer österreichweiten Schadendatenbank zu wetter und klimabedingten Infrastrukturschäden, im Auftrag des KLIEN, Graz.

Munich Re, 2018: TOPICS Geo Natural Catastrophes 2017, Analyses, Assessments, Positions, Münchener Rückversicherungsgesellschaft, Order number 30209092, 70 pp.

Pretenthaler, F., Albrecher, H., Köberl, J., Kortschak, D. (2012): Risk and Insurability of Storm Damages to Residential Buildings in Austria, The Geneva Papers, 37, 340 364.

Quinlan, J. R. (1987): Simplifying decision trees. International Journal of ManMachine Studies 27(3), 221234.

Reisenhofer, S. (2015): Der Weg zum digitalen intelligenten Unwetterarchiv. ZAMG Newsletter 01/2015. 7. [https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/topmenu/Newsletter\\_2015\\_01.pdf](https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/topmenu/Newsletter_2015_01.pdf)

Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE), <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj>

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Text von Bedeutung für den EWR), <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj>

RudolMiklau, F. (2009): Naturgefahren in Österreich. VorsorgeBewältigungInformation. Wien: lexisnexis, 50 Seiten.

Steininger, K.; König, M.; BednarFriedl, B.; Kranzl, L.; Loibl, W. & Pretenthaler, F. (Hrsg.) (2015): Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Development of a CrossSectoral Framework and Results for Austria. Ergebnisse des Forschungsprojekts COIN. Springer Verlag

Tilch, N., Kociu, A., Haberler, A., Melzner, S., Schwarz L., Lotter, M., (2011): The data management system GEO-RIOS of the Geological Survey of Austria (GBA). RocExs 2011.

United Nations (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 20152030, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), 32 pp. [https://www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)

van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G., Buishand, T. A. (2013): Trends in European Precipitation Extremes over 1951–2010, International Journal of Climatology 33, no. 12: 2682–2689, doi:10.1002/joc.3619.

World Economic Forum, 2019: The Global Risks Report 2019, 14th edition, Geneva, ISBN: 9781944835156; [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)

# A versatile, near realtime drone mapping system for disaster response in Austria

PHILLIPP FANTAJENDE &  
CHRISTOPH SULZBACHNER

**Organisation(en):**

AIT – Austrian Institute of Technology  
Center for Vision, Automation and Control  
Competence Unit for Autonomous Systems

Phillipp.Fantajende@ait.ac.at; Christoph.Sulzbachner@ait.ac.at

## Abstract

In recent years, the proliferation and further development of unmanned aerial vehicles (UAVs) led to a great number of key technologies, advances and opportunities especially for disaster response applications. UAVs as a platform provide a unique combination of flexibility, affordability and sensor technology which enables the design of costeffective and intriguing services for timecritical events. For instance, unlike traditional geodata acquisition techniques, such as aerial photogrammetry or satellite surveys, UAVs feature a considerably more agile operational readiness allowing for immediate onsite data capture, processing and visualisation which ultimately expedites decisionmaking support for first responders.

Current research and development efforts in the field of UAVsupported disaster response range from rapid data retrieval and scene reconnaissance systems (e.g. [1], [2]) to commercial solutions (e.g. Pix4DReact, Dronedeploy) and eventspecific mapping tasks (e.g. [3]–[5]).

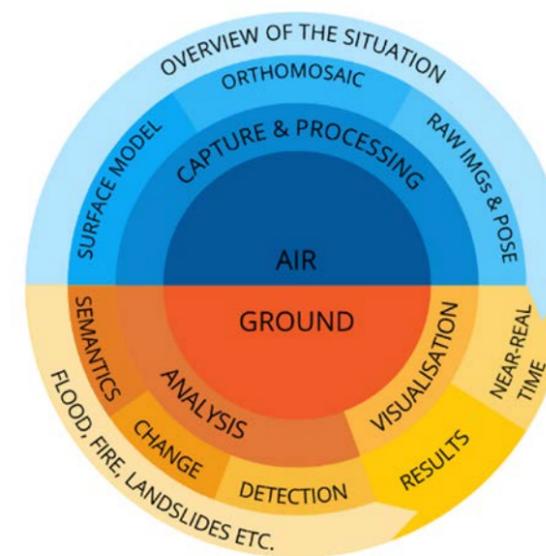


Figure 1 UAV live mapping system design scheme

At AIT, we aim to further develop the stateoftheart by combining a near realtime drone mapping system with versatile scene analysis pipelines for disaster relief operations. The system is optimised for distributed data processing in the air with restricted computing performance and highperformance data processing on the ground. It is tailored towards the needs and requirements in an Austrian context, i.e. accounting for disaster scenarios feasible in the country (floods, forest fires, landslides etc.) while its hard and software setup factors in Austria’s topographic particularities (BLOSenabled, terrainaware mapping). In other words, covering a large and possibly mountainous area requires safe operability beyond lineofsight (BLOS) as well as a 3D understanding of the scene to rectify acquired data with respect to the terrain.

The UAV itself is manufactured in Austria and can be operated for 30 minutes with a maximum takeoff mass of 30 kg and a maximum payload of 15 kg. Optionally, the operating time can be extended with a lower payload. The electric propulsion system has excellent lownoise and lowvibration characteristics. With a wingspan of 3.8 metres, the airframe is optimised for stall speeds of less than 15 m/s which is desirable for onboard data processing since a certain image overlap is required for 3D reconstruction of the terrain.

The modular payload bay allows for a flexible integration of various sensors, such as thermal infrared, RGB or radar. In previous research projects, a preliminary multistage risk assessment for BLOS operation was completed and the UAV was certified according to the latest harmonised European regulations that will become effective in the EU member states from July 2020. Additionally, the system features a ground segment with highperformance processing capabilities for more demanding tasks. Air and ground segment are tightly coupled using a longrange data link with a bandwidth of 20MBit/s.

In practice, the UAV is following a flight pattern with a high degree of automation while taking images in predefined intervals. The onboard processing pipeline generates a height map and a

corresponding orthomosaic which are streamed to the ground station. This setup incrementally maps the area with instant data delivery in mind while the map is updated constantly providing a first overview of the disaster situation for first responders.

For additional information on the situation, further processing is conducted successively and in parallel. For instance, landslides, floods, and regional forest fires are scenarios which require different approaches from an algorithmic point of view. These processes are usually computationally expensive and are thus performed on the ground station. In addition to the orthomosaic and height map, the ground station constantly receives the data stream from the UAV consisting of RGB and thermal images as well as pose information.

Subsequently, different scene analyses can be performed depending on the use case. For example, the suppression of forest fires requires the understanding of hot spot locations with implicit change detection mechanics. In this case, thermal imaging is incorporated, and the UAV’s flight pattern is adjusted accordingly to map the area in constant intervals. Floods on the other hand pose different challenges, such as reliable information on the trafficability in the area. To this end, semantic classification can be helpful to understand which areas are affected by flooding and which areas are traversable for disaster relief teams. In general, data classification and labelling tasks are performed using machine learning techniques.

The aim of this system is to provide a hardware and software framework which can be easily extended towards other mapping scenarios with the requirement of near realtime data processing. Whereas certain data products (i.e. orthomosaic, height model) are always obtained and constitute the fundamental basis of this system and further analyses, other soft and hardware components are optional.

### In general, our contribution

- supports first responders to make informed decisions under timecritical conditions
- records and processes data of multiple sensors in near realtime
- generates important data products on the fly, such as georeferenced orthomosaics and height information
- allows for the monitoring of various disaster scenarios by supporting a revisit and data updating scheme
- classifies and augments data products using machine learningbased scene understanding
- is specifically designed to cater for (user) requirements in Austria
- offers interfaces and features a modular design to be easily extendable

### References

[1] D. Hein, T. Kraft, J. Brauchle, and R. Berger, «Integrated UAVBased RealTime Mapping for Security Applications», ISPRS Int. J. Geoinformation, vol. 8, no. 5, p. 219, May 2019, doi: 10.3390/ijgi8050219.

[2] S. Gowravaram, P. Tian, H. Flanagan, J. Goyer, and H. Chao, «UASbased Multispectral Remote Sensing and NDVI Calculation for Post Disaster Assessment», in 2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2018, 2018, pp. 684–691, doi: 10.1109/ICUAS.2018.8453314.

[3] N. Kerle, F. Nex, D. Duarte, and A. Vetrivel, «Uavbased structural damage mappingresults from 6 years of research in two european projects», in International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences ISPRS Archives, 2019, vol. 42, no. 3/W8, pp. 187–194, doi: 10.5194/isprsarchives-XLII3W81872019.

[4] K. Miyano, R. Shinkuma, N. B. Mandayam, T. Sato, and E. Oki, «Utility Based Scheduling for MultiUAV Search Systems in DisasterHit Areas», IEEE Access, vol. 7, pp. 26810–26820, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2900865.

[5] M. Mittal, R. Mohan, W. Burgard, and A. Valada, «VisionBased Autonomous UAV Navigation and Landing for Urban Search and Rescue», Jun. 2019.

# Simulation der Intensität ausgewählter Naturkatastrophen und ihr Einfluss auf wichtige Infrastruktur zur Ermittlung indirekt betroffener Gebiete

GERHARD HERDA <sup>1</sup>,  
FRIEDRICH TEICHMANN <sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Institut für militärisches Geowesen, 1070 Wien

gerhard.herda@bmlv.gv.at

## Abstract

Naturgefahren und ihre Auswirkungen spielen eine immer wichtigere Rolle in einer Gesellschaft mit steigendem Wohlstand und verwundbarer, kritischer Infrastruktur. Mit dem Ziel, die Resilienz der Gesellschaft und Wirtschaft zu erhöhen, ergibt sich die Notwendigkeit, etwaige Gefahren zu identifizieren und ein entsprechendes Risikomanagement zu etablieren. Grundlage für eine robuste Gefahren und Risikoabschätzung sind immer Beobachtungen und Daten zu Ereignissen und deren Auswirkungen. Trotz zahlreicher bestehender Datenarchive sind in Österreich einheitliche und integrierte Auswertungen nur beschränkt durchführbar. Unterschiedliche Erhebungsstandards sowie Erhebungsziele verhindern oftmals eine einfache Vergleichbarkeit und deren Zusammenführung. Darüber hinaus bestehen auch auf europäischer und internationaler Ebene legislative Vorgaben und Abkommen, die eine systematische Erfassung und Beurteilung forcieren und notwendig machen.

Naturkatastrophen großen Ausmaßes sind nicht nur dadurch gekennzeichnet, dass die räumliche Ausdehnung des jeweiligen Ereignisses weit über dem Durchschnitt liegt und zivile Einsatzkräfte im darauffolgenden Einsatz an ihre Leistungsgrenzen stoßen. Es sind die (1) direkten, z.B. durch die Zerstörung von Zufahrtsstraßen, aber auch die (2) indirekten Beeinträchtigungen der Funktionsweise wichtiger Infrastruktur, z.B. Stromausfälle aufgrund der Zerstörung elektrischer Anlagen, die einer raschen Beseitigung der Auswirkungen einer Naturkatastrophe im Wege stehen. Indirekt deshalb, da sich die räumliche Ausdehnung der Beeinträchtigung nicht über unmittelbar von einer Naturkatastrophe betroffenes Gebiet erstreckt.

So wurden bei dem Hochwasser der Saalach in Salzburg 2013 große Steine und Holzstämme auf Nutzflächen links und rechts des Ufers geschwemmt und behinderten in weiterer Folge stark den landwirtschaftlichen Betrieb. Bis jetzt wirkt sich dieser indirekte Faktor vorrangig auf die Höhe des ökonomischen Folgeschadens aus, aber aufgrund der immer komplexer werdenden Vernetzung von wichtiger Infrastruktur ist von einer zunehmenden Einsatzrelevanz dieser indirekten Auswirkungen von Naturkatastrophen jetzt schon auszugehen.

Modelle der Vorhersage, bzw. Risikobewertung der Intensität, lange bevor ein katastrophales Ereignis eintritt, werden ständig verbessert und sind ein unverzichtbares Instrument der Einsatzvorbereitung, sowohl ziviler Organisationen als auch beim Österreichischen Bundesheer.

Dieses Projekt setzt genau hier an. Mittels Modellierung soll das (1) räumliche und (2) destruktive Ausmaß ausgewählter Katastrophen schrittweise erhöht werden, um jene Intensität zu ermitteln, die wichtige Infrastruktur kritisch beeinträchtigt.

In einem ersten Schritt sollen die Szenarien »Massenbewegung im alpinen Raum«, »Hochwasser im ländlichen Gebiet« und »Erdbeben im Alpenvorland« simuliert und die Ergebnisse in Form von Risikokarten dargestellt werden. Neben der Erkenntnis, bei welcher Art und Intensität von Naturkatastrophe welche kritischen Infrastrukturen (z.B. Kraftwerke, Krankenhäuser oder Trinkwasserspeicher) beeinträchtigt sind, birgt dieses raumbezogene Modell die Möglichkeit, die indirekt betroffenen Gebiete ebenfalls zu berücksichtigen. So wirkt sich z.B. der Ausfall der Stromversorgung einer Pumpstation nicht zwangsläufig auf das Ursprungsgebiet des ursächlichen katastrophalen Ereignisses aus.

Bei dem Zustand von Verkehrswegen (z.B. Straßensperren oder Gleisverschüttungen) unmittelbar nach Naturkatastrophen handelt es sich, je nach konkreter Auswirkung, um den Übergang zwischen direkten und indirekten Faktoren. In einem weiteren Schritt soll das bestehende Modell auch jene indirekten Auswirkungen simulieren, die ein beeinträchtigtes Wegenetz verursachen.

Ziel ist, neben der Präzision der Risikobewertung und Ergänzung von raumbezogenen Informationen über wichtige Infrastruktur, eine systematisierte jedoch stark vereinfachte Darstellung möglicher Auswirkungen von Naturkatastrophen. Das Modell soll möglichst offen für die Integration von bestehenden und abgeschlossenen Forschungsprojekten mit entsprechendem Inhalt sein und der Unterstützung vorrangig militärischer Entscheidungsträger dienen.

# Transformational risk management to tackle climate Loss and Damage in Austria and beyond

THOMAS SCHINKO <sup>1</sup>, VERONICA KARABACZEK <sup>1</sup>,  
STEFAN KIENBERGER <sup>2</sup>, LINDA MENK <sup>2</sup>,  
MARTINA HAINDL <sup>3</sup>, REINHARD MECHLER <sup>1</sup>,  
ELISABETH WORLICZEK <sup>3</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Risk and Resilience, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg

<sup>2</sup> Interfaculty Department of Geoinformatics – Z\_GIS, ParisLodron University Salzburg

<sup>3</sup> University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

[schinko@iiasa.ac.at](mailto:schinko@iiasa.ac.at), [karabaczek@iiasa.ac.at](mailto:karabaczek@iiasa.ac.at), [stefan.kienberger@sbg.ac.at](mailto:stefan.kienberger@sbg.ac.at),  
[linda.menk@sbg.ac.at](mailto:linda.menk@sbg.ac.at), [martina.haindl@boku.ac.at](mailto:martina.haindl@boku.ac.at), [mehler@iiasa.ac.at](mailto:mehler@iiasa.ac.at),  
[elisabeth.worliczek@boku.ac.at](mailto:elisabeth.worliczek@boku.ac.at)

## Abstract

Anthropogenic climate change is said to significantly alter human and natural systems, for instance through increased intensity and frequency of climatic hazards and exacerbated slow onset events, leading to losses and damages that may no longer be prevented by adaptation and mitigation. The related international policy debate on Loss & Damage (L&D) currently shows a strong divide between developing and developed countries, with most research and policy tools focussed on the Global South. However, this does not mean that vulnerable populations in the Global North are not and will not be affected by this issue. Transformational risk management has been identified as a possible framework to tackle future L&D, but due to its context dependence, and the lack of clarity surrounding the concept of L&D, has yet

to be fully conceptualised and operationalised. Based on a comprehensive stakeholder involvement process, the research project «TransLoss» aims to explore the role of transformational climate risk management in Austria in order to more widely address losses and damages from climate change. Concerns raised by key Austrian stakeholders for instance include impacts from future heat waves and droughts, which pose risks to livelihoods, job and food security or health, and may lie beyond affected communities' ability to adapt. A conceptual understanding of both the L&D policy discourse and the underlying science perspective lay the foundation for applied, policyrelevant insights pertaining to Austria and other countries affected by L&D.

## Introduction

Anthropogenic climate change and global warming beyond 1.5°C are predicted to have significant impacts on human and natural systems, with the 1.5°C threshold expected to be breached around the 2040s (IPCC, 2018). The current level of warming of approximately 1°C already presents noticeable consequences on important terrestrial and oceanic systems, including increases in certain weatherrelated extreme events such as altered precipitation patterns, or the manifestation and exacerbation of slow onset events such as sea level rise (IPCC, 2018). Such climatic hazards can result in losses and damages which, in certain cases, are already observable or may no longer be prevented by adaptation and mitigation measures (Verheyen, 2012).

The IPCC presents evidence of the significant and irreversible losses and damages projected to occur at higher levels of warming, identifying hard and soft limits to adaptation in natural and human systems. Limits to adaptation and approaches for dealing with risk «beyond adaptation», coupled with the need to address aggravated slow onset events and an increasing intensity or frequency of extreme events, have been the focus of the international climate policy debate on Loss & Damage (L&D). This debate is still broad and diffuse, while research concepts, methods and tools, as well as directions for policy remain vague and contested (Mechler et al., 2019).

The term «loss and damage from climate change» refers to both the observable, physical impacts of natural hazards and, at least since 1991, to a concept of growing importance within climate change negotiations, considered by some as the third pillar of climate action next to climate change mitigation and adaptation (Calliari, Surminski and Mysiak, 2018). To date, no clear and widely accepted definition of L&D exists, which can in part be explained by the historical development of the term within the UNFCCC, and the diverging agendas of different Parties (James et al., 2014). Most notably, there exists a divide between Annex I and nonAnnex I countries centred around questions of liability, compensation, and approaches to managing the impacts of climate change.

Historically, L&D is a policy issue that has almost exclusively been advocated for by Global South countries. However, this does not signify that Global North countries do not, or will not experience loss and damage from climate change, and should not also receive attention from researchers, policymakers and practitioners (McNamara and Jackson, 2019).

Requests for research to provide actionable input and to become increasingly active in the domain of L&D have increased over the last few years (Mechler et al., 2019). Progress has been noted in terms of defining and analysing the concept of L&D in relation to other domains of climate policy as well as interpreting the different perspectives regarding it (Verheyen and Roderick, 2008; van Der Geest and Warner, 2015; Vanhala and Hestbaek, 2016; Boyd et al., 2017), and in providing evidence on losses and damages beyond adaptation (Warner and van der Geest, 2013; Roberts et al., 2014). Notable challenges exist concerning the quantification of intangible or nonmonetary losses and damages, the identification of indirect impacts of climatic hazards (Wrathall et al., 2015; Serdeczny, Waters and Chan, 2016), as well as the management of novel or more severe climatic hazards and extremes, including the choice of the most adequate risk management methods in a given context.

In addition to the scientific challenges, many gaps remain across the science-policy interface, which have been argued to hamper progress towards effective policy formulation, and any steps towards practical implementation. A more strongly evidencebased dialogue holds the potential for providing a number of promising options to instil more coherence into the debate and fostering alignment with other policy agendas, particularly climate change adaptation (CCA), current international efforts on disaster risk reduction (DRR), and the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). Of particular importance to improving the sciencepolicy interface and hence operationalising the L&D mechanism in practice, is the development of novel risk indicators that inform policy and decision makers about the L&D risks their communities are confronted with.

The overall objective of the research project «TransLoss» is to provide policyrelevant scientific insights on the L&D discourse from the perspective of

Austria, by highlighting and advancing research from multiple disciplines related to L&D. It thereby also contributes to the assessment of the potentials and challenges linked to the role of Austria in the international L&D policy debate. The role of transformational climate risk management (CRM), in contrast to incremental risk management, and the implications for policy and practice, are explored in depth.

## Aims and Objectives

The five principal objectives of TransLoss are:

- to provide a stocktake of (i) the international and national political discourse on L&D and (ii) to identify channels through which the L&D discourse and losses and damages directly and/or indirectly affect Austria
- to review existing concepts and methods in physical, social, and economic climaterelated science that are applicable in the context of L&D, focusing particularly on the development of novel risk metrics to inform policy on Loss and Damage.
- to define and assess the role of transformational climate risk management in contrast to incremental risk management to tackle L&D in Austria and beyond. In so doing, we will conceptually align comprehensive climate risk analytics with the debate on risk tolerance and soft and hard limits to adaptation.
- to consult with Austrian experts, practitioners, and policymakers to discover if they have palpable concerns regarding intolerable L&D beyond adaptation and how these stakeholders would define and exemplify transformational climate risk management.
- to evaluate the applicability of lessons learned from the Austrian and complementary international case studies to inform the international climate L&D research and policy debate more broadly, and, in particular, to identify how European research can engage with key players in the international L&D debate, such as the PICTs. This will be achieved by linking with the Loss and Damage Network and the ongoing SINCERE project and partner network.

## Research Approach and Methodology

Comprehensive reviews of academic publications and grey literature serve as the foundations for the stocktake of the policy discourse and the analysis of the relevant physical, social and economic climaterelated scientific concepts, methods and frameworks required to inform the L&D debate. They are complemented by semistructured interviews with key Austrian stakeholders from different sectors and backgrounds covering research, administration, and insurance at different levels (national, regional, local). As perceived risks vary on both spatial and temporal scales, this broad selection of experts across governance levels and disciplines allows for the detection of a range of concerns regarding future losses and damages from climate change, and the identification of sectors and parts of society which are and will be most strongly impacted. Concurrently, the governance structures in Austria relevant to considering L&D issues is mapped, including stakeholders' areas of responsibility with respect to each other in terms of obligations by law or administrative procedures, historical practice, as well as institutional and public expectations.

Following the literature reviews and interviews, the development of novel risk metrics to inform both L&D and CRM is based on case study data, integrating qualitative and quantitative methods and a range of disciplines including climate change attribution, risk science, socioeconomics, spatial sciences, philosophy and anthropology, among others. This is done in order to take into account the place and context-specific nature of «risk tolerance», which requires the identification of soft (socioeconomic) and hard (physical) limits (Schinko and Mechler, 2017).

Insights gained on the policy and science perspectives of L&D are synthesised to characterise transformational CRM and assess its role and applications in policy and practice. This theoretical and methodological knowledge is tested through the development and application of a systematic six-step CRM approach (Schinko, Mechler and Hochrainer-Stigler, 2019) in the context of Austria and India. The Austrian case study should help in the identification of losses and damages, expected by Austrian communities, which lie beyond their adaptation capacities. Furthermore, a differentiation between possible present and future soft and hard limits can be made, while insights can be gained into what level of climate-related risks is considered acceptable, tolerable, or intolerable. The CRM framework helps identify and assess feasible options for averting, minimizing, and addressing climate-related (residual) risks, taking into consideration any perceived and real constraints or limits to the adaptive capacity of the studied region.

The results will be disseminated at a national and international level in order to more broadly inform L&D research and the policy debate, based on lessons learned.

## The science behind L&D assessments

The review on the scientific approach to L&D identified that the literature can be categorised as applied case studies, reviews and critical examinations. The applied studies generally aim to support policymakers through the provision of a knowledge base for prioritising adaptation options to prevent the occurrence of potential future L&D. The reviews and critical examinations tend to advocate for a more comprehensive understanding of L&D than is currently the case in most assessments and databases, and to stimulate general awareness for the topic of L&D as a whole and the limits to adaptation in particular.

Challenges and knowledge gaps, but also opportunities for improvement repeatedly referred to in the analysed articles relate to four chronologically occurring issues that ought to be treated in any L&D assessment, including indicator-based approaches.

At the beginning lies the question of what factors to include in a L&D assessment and how to measure them. This refers to, on one hand, the quantification of economic L&D, which is a process confronted with difficulties such as lacking baseline data necessary for monetary valuation or the weighing of absolute vs. relative monetary losses (Preston, Dow and Berkhout, 2013). On the other hand, it refers to the integration of intangible and nonmarket-based losses and damages, which is tied to the authors' understanding of the terms and which factors they deem important, to what extent affected communities have been involved in the assessment and to what extent it is possible to express all this through measurable factors. The second block of issues relates to data collection and storage and refers mainly to assessments of the suitability of existing disaster loss databases (mostly owned and maintained by the DRR community and insurance companies) for capturing losses and damages from extreme weather and slow onset events. The authors of the investigated literature report com-

mon biases towards certain hazards and the underrepresentation of losses and damages from slow onset events, but also biases towards high impact events, gaps in historical data or an overrepresentation of impacts that occurred in easily accessible areas (e.g. Gall, 2015). However, they constitute a valuable source for baseline data that can be altered to serve the needs of a purposive L&D assessment. A reworking could, for example, include the implementation of qualitative loss categories for cases where monetisation is not feasible or appropriate (Gall, 2015).

Less frequently covered in the literature, yet of great importance for the objective of finding novel risk metrics, is the issue of translating data into condensed but meaningful policy-relevant information. This is usually done through composite indicators, which simplify complex issues and, being a relatively standardised approach, facilitate comparisons across space and time. Despite this, composite indicators are subject to their own share of criticism, since their validity fades with imperfect and incomplete data and subjective decisions throughout the workflow, which is particularly the case for intangible and nonmarket-based losses and damages.

At the end stands the translation of the knowledge gained through the L&D assessment into adaptation recommendations and actions with desirable outcomes and with minimised potential for unforeseen and undesired consequences. Of increasing importance here is the consideration of possible impacts of suboptimal adaptation.

## Loss and Damage in Austria: First findings

In the context of L&D, industrialised countries like Austria may not only be confronted with potential liability claims in the future, but could also be affected through a variety of direct and indirect channels. The direct channels comprise climate-related effects on the Austrian socioeconomic system that go beyond population subgroups' ability to adapt in more traditional terms.

The initial assessment of the first interviews carried out with Austrian experts gives an indication of some of the climate-related hazards which are expected in the future. The majority of the concerns build on observed examples of occurrences from the past years, and include perceived increases in monetary damages to infrastructure, increases in precipitation extremes, but also greater vulnerability due to nonclimatic factors such as increased wealth or more exposure due to building and zoning choices. A number of interviewees perceived extreme heat and drought as a particular concern for certain regions in Austria, today and in the future, disproportionately affecting the agricultural and forestry sectors, as well as more vulnerable parts of the population such as the sick and elderly, especially if located in urban areas. In the past, heat waves in the summer of 2018 imposed severe health risks and agricultural risks on Austrian society. The spruce forests in the regions of Mühlviertel (Upper Austria) and Waldviertel (Lower Austria), for example, were under severe heat stress and experienced the most severe bark beetle epidemics in their histories. Such impacts have strong implications for food security, livelihoods, and the safety of communities, and will require new management methods and possibly societal transformation to allow for the effective management and reduction of risks. Effects on the job market can be expected, with jobs lost in affected sectors and new jobs created, for example in climate-resilient production and service sectors.

Although the risks posed by floods or alpine hazards were mentioned, the long tradition of technical and engineering solutions in Austria does not position them as concerns necessarily lying beyond the affected communities' ability to adapt. However, the relocation of inhabitants in the Eferdinger Becken (Upper Austria) after heavy flooding in 2013 is a recent example highlighting the growing insufficiencies of traditional flood risk management measures. Along the same lines, remote valleys and certain mountainous or alpine regions may also be more difficult to protect in case of more severe or frequent avalanches or rockslides.

More indirectly, Austria and other industrialised countries may be affected by impacts in other countries via international value chains. The increased pressure on international migration from the impacts of climate change will also be felt at borders and in social security systems of countries of the global North.

We find that so far, the international policy discourse on L&D has not entered the collective mindsets and daily work of Austrian policymakers, except for those directly involved in the international negotiation process. Climate adaptation region (KLAR!) managers, local stakeholders and insurers also do not directly include the notions associated with L&D into their work. The majority of interviewed researchers have heard of L&D, but have not seen it integrated in Austria outside of conceptual research work. However, losses and damages from natural hazards, understood as a physical phenomenon

which is likely to be exacerbated by climate change, is closely monitored by experts from the domains of CCA and DRR, building on long years of experience in the technical management and reduction of risks from natural hazards. Synergies exist between institutions, focussing strongly on the physically observable losses and damages, both present and predicted, rather than on the policy discourse.

Further analysis of the interviews carried out will allow a more nuanced representation of future concerns, including possible novel risk management options on a societal, technical, or institutional level.

## Acknowledgements

This project is funded by the Climate and Energy Fund and is implemented within the framework of the program »Austrian Climate Research Program – ACRP«.

## References

- Boyd, E. et al. (2017) 'A typology of loss and damage perspectives', *Nature Climate Change*, 7(10), pp. 723–729. doi: 10.1038/nclimate3389.
- Calliari, E., Surminski, S. and Mysiak, J. (2018) 'The Politics of (and Behind) the UNFCCC's Loss and Damage Mechanism', in *Loss and Damage from Climate Change*, pp. 155–178.
- Gall, M. (2015) 'The suitability of disaster loss databases to measure loss and damage from climate change', *International Journal of Global Warming*, 8(2), pp. 170–190. doi: 10.1504/IJGW.2015.071966.
- van Der Geest, K. and Warner, K. (2015) 'Editorial: Loss and damage from climate change: Emerging perspectives', *International Journal of Global Warming*, 8(2), pp. 133–140.
- IPCC (2018) *Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- James, R. et al. (2014) 'Characterizing loss and damage from climate change', *Nature Climate Change*. Nature Publishing Group, 4(11), pp. 938–939. doi: 10.1038/nclimate2411.
- McNamara, K. E. and Jackson, G. (2019) 'Loss and damage: A review of the literature and directions for future research', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(2), pp. 1–16. doi: 10.1002/wcc.564.
- Mechler, R. et al. (2019) 'Science for Loss and damage. Findings and Propositions', in *Loss and Damage from Climate Change*. Springer International Publishing, pp. 3–37. doi: 10.1007/9783319720265\_1m.
- Preston, B. L., Dow, K. and Berkhout, F. (2013) 'The climate adaptation frontier', *Sustain-*

nability (Switzerland), 5(3), pp. 1011–1035. doi: 10.3390/su5031011.

Roberts, E. et al. (2014) 'Loss and Damage: When adaptation is not enough', *Environmental Development*, 11, pp. 219–227. doi: 10.1016/j.envdev.2014.05.001.

Schinko, T. and Mechler, R. (2017) 'Applying Recent Insights From Climate Risk Management to Operationalize the Loss and Damage Mechanism', *Ecological Economics*, 136. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.02.008.

Schinko, T., Mechler, R. and Hochrainer-Stigler, S. (2019) 'The Risk and Policy Space for Loss and Damage: Integrating Notions of Distributive and Compensatory Justice with Comprehensive Climate Risk Management', in *Loss and Damage from Climate Change*. Springer International Publishing. doi: 10.1007/9783319720265.

Serdeczny, O. M., Waters, E. and Chan, S. (2016) *Noneconomic loss and damage: understanding the challenges* (discussion paper 2016/3).

Vanhala, L. and Hestbaek, C. (2016) 'Framing Climate Change Loss and Damage in UNFCCC Negotiations', *Global Environmental Politics*. doi: 10.1162/GLEP.

Verheyen, R. (2012) 'Tackling Loss & Damage – A new role for the climate regime?', *The Loss and Damage in Vulnerable Countries Initiative*, 1(November), pp. 1–12.

Verheyen, R. and Roderick, P. (2008) 'Beyond Adaptation—The legal duty to pay compensation for climate change damage', *WWFUK Climate Change Programme discussion paper*, (November), p. 38.

Warner, K. and van der Geest, K. (2013) 'Loss and damage from climate change: Local-level evidence from nine vulnerable countries', *International Journal of Global Warming*, 5(4), pp. 367–386. doi: 10.1504/IJGW.2013.057289.

Wrathall, D. J. et al. (2015) 'Problematising loss and damage', *International Journal of Global Warming*, 8(2), pp. 274–294.

# Community Based Exercises (CBEs) to increase population awareness and resilience. A Best Practice Example for Participation

LINDENTHAL MICHAEL, KREH ALEXANDER,  
JUEN BARBARA, KRATZER DIETMAR

**Organisation(en):**

Universität Innsbruck, Österreich

## Abstract

From April 2018 to March 2020 the EUfunded project ProVoice (Promoting the role of volunteers and the population in Civil Protection, 783191 – ProVoice – UCPM2017PPAG) was carried out. The general objective of this project was to contribute to strengthening the cooperation between Ukraine, Belarus and Moldova, their neighbourhood countries and other European countries and organisations in the field of volunteer management, spontaneous volunteers and population awareness in disaster preparedness.

An important element of the project was the planning and execution of community based exercises (CBE) to increase population awareness and resilience in different disaster scenarios. The CBEs were organized in a locally adjusted manner according to specific risks and needs of each partner country, all exercises were special and pursued different objectives.

**The event types/actions covered include:**

- incident in a nuclear plant near a residential area
- evacuation of a large school due to uncontrolled fire
- emergency preparedness for individuals and families

All CBEs were planned and supervised by experienced RedCrossPersonnel from different countries and also supported and evaluated by a team of psychologists from the University of Innsbruck. All CBEs were evaluated very positively and considered successes by organisers and participants.

The talk will (1.) integrate the CBEs into the broader frame of participation and (2.) give an overview on the CBE with the highest level of involvement, its aims and performances. Focus will be put on lessons learned, best practice and the transferability thereof to countries like Austria.

# Effective use of warning apps in Germany

DIANA FISCHERPREßLER <sup>1</sup>,  
DARIO BONARETTI <sup>2</sup>

Organisation(en):

<sup>1</sup> University of Bamberg, Germany,

<sup>2</sup> Nova Southeastern University, USA

diana.fischerpressler@unibamberg.de, dbonaret@nova.edu

## Abstract

Public authorities are continually seeking ways to inform the public in a timely and effective manner when emergencies occur, since access to information may be lifesaving. Our research discusses how this can be effectively achieved using warning apps. We identified 11 dimensions of effective use of warning apps that must be activated to leverage the potential of technology in crisis communication.

### Problem Statement

Public authorities are continually seeking ways to inform the public in a timely and effective manner when emergencies occur, since access to information may be lifesaving. In the last decade, the ubiquity of internet access and the pervasiveness of smartphones has drawn public authorities' attention towards leveraging a distributed network of mobile devices for emergency communication.

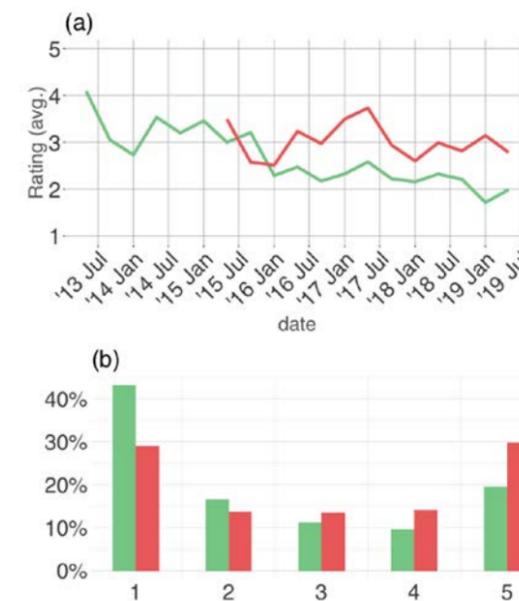


Figure 1 (a) Quarterly average of online reviews on Katwarn's and Nina's app store (b). Total sentiment for the two warning apps

Agencies throughout the world, such as the Red Cross or governmental authorities, are using technology (i.e., warning apps) to disseminate warnings during emergencies. In fact, there are a plethora of emergency apps now available to alert the public in cases of emergency (see Bachmann et al., 2015, for an extended list). These apps are designed for disseminating warnings to a relevant public. Approximately 16 percent of the German population uses some warning app to receive timely emergency notifications (Reuter et al., 2017), and the increasing number of users shows the importance of the NINA app in particular (BBK 2019). However, our study on users of two major warning apps in Germany (NINA and Katwarn) surfaced users are somewhat dissatisfied, which means more can be done to use these tools effectively for emergency warning (see Fig. 1).

### Analysis

Our analysis focused on understanding users' expectation when using warning apps. By analyzing some 4,490 user-generated online reviews for Katwarn and NINA we gained insights into the user experience. We integrated insights from online reviews with structured interviews from 17 members of organizations involved with dispatching warning messages. Based on this information, we isolated 11 dimensions of effective use of warning apps to consider when designing application and composing warning messages (see Table 1).

To ensure that warning apps are used effectively, all the dimensions of use need to be activated. We explain these dimensions and provide pertinent examples of users' comments from the reviews we analyzed.

Effective use begins with setting the user in a state of alert in a timely manner (activation) through an easy-to-use and stable warning app (usability). Complaints about usability are rather common: «The current location is not updated automatically—only if you trigger the update manually»; («even without using the 'guardian angel' feature [which allows tracking of the mobile device and warnings based on the user's location], it uses too much battery.»

But warnings should also allow users to discriminate between different levels of severity. In fact, some users lamented that they received too many irrelevant warnings (saliency), which may eventually reduce their alertness: «The warning sound should be identifiable as a warning sound and stand out from normal sounds». In addition, warning messages must be up-to-date with the status of the emergency (currency): «A flood report that is already several weeks old was just reported 5 minutes ago on the app. Unbelievable.»; they must be accurate and factual (exactitude), and they must convey complete information (completeness): «Messages should be more specific

Table 1. Definitions of the dimensions of use.

Dimension of use	Definition
Activation	Put the user in a state of alert within a useful timeframe by receiving the notification of an emergency
Saliency	Differentiate between the severity and kind of emergency
Usability	Easily interact with the app (e.g., no delays; quick response time; accessible)
Currency	Obtain up-to-date representations of the real world
Exactitude	Obtain a correct and precise representation of the emergency
Completeness	Obtain a comprehensive representation of the emergency
Consistency	Obtain digital representations that are similar across channels and follow a standard process and structure
Trust	Make the user willing to be vulnerable to another entity as a result of positive expectations of the consequences of relying on the representations
Relevance	Retrieve a representation of the real-world phenomena that matters to the user
Promptness	Project actions users can take to protect themselves right away
Actionability	Identify countermeasures to cope with the threat

to the warning area, e.g., bomb found in [city]—but in which district?». Users expect that warnings are consistent across different apps (consistency): «App reports no asbestos danger in the vicinity. According to the fire department, however, asbestos is still present in the greater vicinity of [village] near [city]. Who is telling the truth?». Moreover, warnings are dispatched only in case of major emergencies (relevance): «I don't take a look anymore in the summer when the phone is humming because of so many irrelevant weather warnings.»

A rather surprising dimension that emerged from our analysis is trust. Users are sensitive to data protection issues when using technology, and emergency warning apps are no exception: «Three trackers in a federal agency's app???? It is definitely possible to deactivate the tracking frameworks in the manifest file of the app! Or not to compile them in the first place! Ignorance, incompetence, or intentional??? If the latter, you violated the general data protection regulation!»

### Conclusions

Warning apps are useful to the extent that recipients can promptly access the information communicated in warning messages and use that information to cope with emergencies. For authorities, understanding the dimensions of use is important to be mindful of what can go wrong in emergency communication via apps, and what the population's expectations therefrom. The 11 dimensions we identified can be used to design and assess how effectively warning apps are being used.

### References

Bachmann, D.J., Jamison, N.K., Martin, A., Delgado, J. and Kman, N.E. (2015), «Emergency Preparedness and Disaster Response: There's An App for That», *Prehospital and Disaster Medicine*, Vol. 30 No. 5, pp. 486–490.

BBK (2019), «Warnmultiplikatoren», available at: [https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Krisenmanagement/WarnungderBevoelkerung/Warnmultiplikatoren/Warnmultiplikatoren\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Krisenmanagement/WarnungderBevoelkerung/Warnmultiplikatoren/Warnmultiplikatoren_node.html) (accessed 29 July 2019)

Reuter, C., Kaufhold, M., Leopold, I. and Knipp, H. (2017), «KATWARN, NINA, or FEMA? Multimethod study on distribution, use, and public views on crisis apps», in *Proceedings of the 25th European Conference on Information System*.

# Lufterkundung im Bereich des Naturgefahrenmanagements und der öffentlichen Sicherheit

ALEXANDER PREINERSTORFER <sup>1</sup>,  
PHILIP TAUPE <sup>1</sup>, CHRISTOPH HOCHWARTER <sup>2</sup>

## Organisation(en):

<sup>1</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH;

<sup>2</sup> IFES Institut für empirische Sozialforschung GmbH

Alexander.Preinerstorfer@ait.ac.at, Philip.Taupe@ait.ac.at, Christoph.Hochwarter@ifes.at

## Abstract

Informationstechnische Unterstützung aus der Luft bringt in der Phase der Katastrophenbewältigung beträchtliche Vorteile, da die Lage effizient überblickt werden kann. Durch die Entwicklungen im Bereich der Unmanned Aerial Vehicles – UAVs und der damit verbundenen Sensorik ergeben sich mannigfaltige Einsatzbereiche für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, um das Einsatzrisiko zu reduzieren. Diese Einsatzbereiche werden im Forschungsprojekt AREAS untersucht.

## Einleitung

Die Gefahrenlandschaft Österreichs ist geprägt von Naturgefahren, die durch mehrere Ereignisse pro Jahr verdeutlicht werden. Verglichen mit anderen europäischen Ländern ist diese Bedrohung durch Naturgefahren auch als höher einzustufen. Dies ist einerseits bedingt durch den hohen prozentuellen Anteil der Alpen in Österreich (75% der Gesamtfläche) und andererseits dadurch, dass 58% der Staatsfläche als Intensivzonen des Schutzes vor alpinen Naturgefahren deklariert sind. Des Weiteren sind ca. 17% in extensivem Ausmaß von Wildbächen, Lawinen und Erosion bedroht (BMI 2003).

Um diese Gefahren in einem adäquaten Naturgefahrenmanagement zu adressieren, werden in Österreich Schutzziele wie Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen, Schutz der Umwelt oder Schutz des Siedlungsraumes definiert. Die-

se Schutzziele werden im Forschungsprojekt »AREAS: Aerial search & Rescue support and supervision of inaccessible terrain«, im Sinne einer Unterstützung aus der Luft, beleuchtet. Durch den Einsatz von Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), wird dabei das Risiko von Einsatzkräften vor, während oder nach Schadenslagen und Katastrophen reduziert.

Die informationstechnische Unterstützung aus der Luft kann dabei in den Phasen der Vermeidung, der Vorsorge, der Bewältigung und der Wiederherstellung des Katastrophenmanagementzyklus beträchtliche Vorteile bringen. Einerseits kann die Lage aus der Luft schnell und effizient überblickt werden und andererseits können durch den Einsatz von UAVs schwer zugängliche Terrains kostengünstiger und ressourcenschonender als mit Hubschraubern inspiziert werden. Für die Aufgaben der informationstechnischen Unterstützung aus der Luft können UAVs mit unterschiedlicher Sensorik wie 3D Laserscannern,

Kameras für das sichtbare und infrarote Spektrum oder auch Multispektral-Kameras ausgestattet werden.

## Methodik

Durch die unbemannte Erkundung aus der Luft kann das Risiko für Einsatzkräfte bei der Erkundung im unwegsamen Gelände signifikant reduziert werden. Dementsprechend hat sich das Konsortium im Forschungsprojekt AREAS das Ziel gesetzt in einem kombinierten Forschungsdesign moderne Technologien wie UAVs und Sensorik zu kombinieren, um in Anwendungsfällen der öffentlichen Sicherheit die Bedarfsträger ressourceneffizient zu unterstützen und wertvolle Informationen über die aktuelle Lage liefern. Die AREAS Anwendungsfälle wurden mithilfe eines interdisziplinären Ansatzes abgeleitet.

Begonnen wurde mit einer Anforderungsphase, in der die Aspekte von Bedarfsträgern in Workshops effizient beleuchtet wurden, um zu einem praktisch zu realisierenden Projektziel zu gelangen. Basierend auf den erarbeiteten Szenarien und Use Cases wurden die detaillierten fachlichen und technischen Anforderungen an die zu erarbeitende Systemarchitektur definiert, wobei besondere Rücksicht auf die gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen in der nationalen Luftfahrt und dem Datenschutz genommen wurden. Dabei wurden die Anwendungsfälle des Wildbachmonitorings (Früherkennung von Verklausungen, Befüllungsgrad von Geschiebesperren, Materialablagerungen) und der Vermisstensuche mit besonderer Priorität behandelt.

## Ergebnisse

Um die Befürchtungen, Hoffnungen und subjektiven Empfindungen der Bevölkerung beim behördlichen UAV Einsatz berücksichtigen und einen solchen Einsatz möglichst sozial verträglich gestalten zu können, wurde eine soziologische Akzeptanzhebung durchgeführt. Dazu wurden im Jahr 2019 eine österreichweite, repräsentative Telefon und Onlinebefragung von 1.280 Personen durchgeführt sowie zwei Fokusgruppen abgehalten und schließlich akzeptanzfördernde Empfehlungen erarbeitet.

Während in der durchgeführten Befragung lediglich 6% der Befragten angaben, ein UAV (in der Befragung wurde »Drohne« als Begriff verwendet) bisher weder gesehen noch davon je gehört oder gelesen zu haben, lag bei einer vergleichbaren Befragung aus dem Jahr 2014 der Anteil noch bei 31% (European Commission 2015).

Die Befragungsergebnisse zeigen, dass die österreichische Bevölkerung im Allgemeinen die Anwendung von UAVs sehr unterschiedlich bewertet. So wird der Einsatz für Hobbyzwecke bzw. als Spielzeug dabei vergleichsweise wenig befürwortet (von 23% der Befragten). Kommerzielle oder berufliche Anwendungen werden etwas besser beurteilt (67% Befürwortung). Demgegenüber wird der Einsatz im Zivil und Katastrophenschutz durch Behörden mit 88% Befürwortung überwiegend positiv gesehen. Das ist auch insofern bemerkenswert, da ein Assoziationstest zu den Begriffen »Drohne«, »Flugdrohne«, »unbemannte Luftfahrzeuge« gezeigt hat, dass damit häufig negative Aspekte wie Überwachung oder Belästigung assoziiert werden. Im Rahmen von behördlichen Anwendungen wurde vor allem der UAVEinsatz bei der Unterstützung nach der Vermisstensuche in der Natur (92%), sowie bei akuten Katastrophensituationen in bewohntem (90%) und unbewohntem Gebiet (87%) gutgeheißen. Bei zeitlich nicht dringenden Routinekontrollen von Schutzinfrastruktur in unbewohntem Gebiet oder Wildbächen lag die Zustimmung bei 82%83%. Am niedrigsten rangierte der UAVEinsatz für polizeiliche Fahndungen in Dörfern und Städten (66%). Diese Ergebnisse stützen den aus anderen Studien und Forschungsprojekten bekannten Befund, wonach die Einstellung der allgemeinen Bevölkerung gegenüber einem Einsatz von UAV sich je nach Kontext und Anwendungsfeld stark unterscheidet (Verband unbemannte Luftfahrt 2017, Boucher 2016).

Deutlich zeigte sich auch bei einer behördlichen Anwendung der Wunsch nach einer eindeutigen Erkennbarkeit des UAV als behördlich genutztes Gerät (von 82% der Befragten als wichtig erachtet) zur Unterscheidung von nichtbehördlichen Anwendungen – eine Anforderung seitens der Bevölkerung, die auch in anderen Forschungsprojekten festgestellt wurde (vgl. z.B. für Deutschland Lidynia et al 2017). Weitere akzeptanzfördernde Maßnahmen umfassen u.a. die Vorinformation der Bevölkerung in einem intendierten Einsatzgebiet, die Sicherstellung von PrivacybyDesignMaßnahmen um die Erkennbarkeit von Personen auf Video und Bildmaterial zu vermeiden,

und die Beschränkung des Einsatzes in bewohntem Gebiet auf zeitlich dringende Notfälle.

Im Projekt wurden im Rahmen des Wildbachmonitorings ausgewählte Wildbäche im Bezirk Bruck a.d. Mur in der Steiermark über einen Zeitraum von ca. 1 Jahr (Frühjahr 2019 bis 2020) mehrmals gescannt (RICOPTERM mit VU-X1UAV Laserscanner, beide RIEGL Laser Measurement Systems GmbH) und zusammen mit Archivdaten des Landes Steiermark aus den Jahren 2010 und 2014 in einer Longitudinalstudie analysiert. Aus dem anspruchsvollen und teilweise mit dichter Vegetation bedecktem Gelände werden die 3DAchse des Wildbaches sowie das Bodenmodell der näheren Umgebung extrahiert. Als (Früh)indikatoren für Verklausungen werden die Verlagerung der Bachachse – inklusive Eingrabung in das eigene Bett – sowie Materialrutschung entlang der Böschung in das Bachbett untersucht. Weiters wird anhand des 3DUmgebungsmodells der Befüllungsgrad von Geschiebesperren abgeschätzt und somit ein Beitrag zur Wartung von Schutzinfrastruktur geleistet.

Bei der Vermisstensuche werden zwei wesentliche Use Cases unterschieden: (1) Suche von (verunglückten) Personen im alpinen Raum bzw. Gebiet mit starker Vegetation mittels Hyperspektralkameras und (2) Suche von Lawinenopfern:

- In Fall (1) spielt die Verdeckung durch Vegetation bei luftgestützter Personensuche eine entscheidende Rolle. Selbst mit Infrarotkameras sind durch das Blätterdach durchscheinende Teile einer Person kaum oder nur mit großer Anstrengung vom Hintergrund zu unterscheiden. Wir beschreiben eine Methode zur automatischen pixelweisen Annotation hyperspektraler Aufnahmen und verwenden Videomaterial mehrerer Wochen, um ein Deep Neural Network zur Klassifikation einzelner Pixel zwischen Vegetation/Boden und Personen/Fahrzeuge zu trainieren. Wir erreichen einen Matthews Correlation Coefficient von 0.83.
- In Fall (2) präsentieren wir eine Methode zur systematischen Suche und Detektion mittels Lawinenverschüttetensuchgeräten (LVS), das auf einem UAV montiert ist. Das gesamte Suchgebiet wird abgeflogen und Signale der einzelnen LVSSender werden aufgezeichnet. Unter Einbeziehung des lokalen Geländes werden Positionen der LVS (bzw. Personen) in einer Übersichtskarte modelliert. Es können beliebig viele LVS aufgelöst werden, sofern zumindest wenige Meter Abstand zwischen den einzelnen Geräten bestehen.

Die AREAS Ergebnisse tragen zum Schutz von Infrastruktur und der Bevölkerung bei und können Entscheidungsträgern wesentliche Unterstützung im jeweiligen Aufgabenbereich liefern.

## Danksagung

Das Projekt AREAS wird innerhalb des Sicherheitsforschungsförderprogramm KIRAS durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) gefördert.

## Literaturverzeichnis

Boucher, P. (2016): You Wouldn't have Your Granny Using Them: Drawing Boundaries Between Acceptable and Unacceptable Application of Civil Drones. Science and engineering ethics, Jg. 22, Heft 5, S. 13911418.

Bundesministerium für Inneres BMI (2003): Rechtliche und organisatorische Grundlagen, Staatliches Krisen und Katastrophenschutzmanagement (SKKM), Wien.

European Commission (2015): Autonomous Systems. Special Eurobarometer 427. Lidynia, C.; Philipsen, R.; Ziefle, M. (2017): Droning on About Drones – Acceptance of and Perceived barriers to Drones in Civil Usage Contexts. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Robots and Unmanned Systems, S. 317329.

Lidynia, C.; Philipsen, R.; Ziefle, M. (2017): Droning on About Drones – Acceptance of and Perceived barriers to Drones in Civil Usage Contexts. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Robots and Unmanned Systems, S. 317329.

Verband unbemannte Luftfahrt (2017): Was denken die Deutschen über unbemannte Luftfahrt. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage. Chart Report. Weblink: [https://www.verbandunbemanntluftfahrt.de/wpcontent/uploads/2017/12/20171214\\_Umfrage\\_UnbemannteLuftfahrt.pdf](https://www.verbandunbemanntluftfahrt.de/wpcontent/uploads/2017/12/20171214_Umfrage_UnbemannteLuftfahrt.pdf) [zuletzt abgerufen am 2.9.2019]

# UN SENDAI Framework Information Management Challenges, Governance, Drivers, Management

**HORST KREMERS**

**Organisation(en):**

CODATAGermany, POB 200548, 13515 Berlin, Germany

**office@horstkremers.de; <http://horstkremers.de>**

## Abstract

The UN SENDAI Framework text enforces the demands for coherence and synergies for substantial improvements in planning, operational response and recovery. Information governance is needed to foster mid and longterm crossdomain and crossorganizational national as well as international implementations. Comprehensive application of information management principles is essential to grant best support of societal, natural, technical, humanistic and ethical aspects for the future of people and planet.

**Keywords:** UN SENDAI Framework, Coherence, Information Management, Interoperability and Information Infrastructures, Decision Support, Applied Semiotics, Situation Dynamics, Standards, Governance, InterOrganizational Complexity Management, Ontologies, Organizations and Stakeholder Groups, Synergy effects, Clearinghouses, Observatories, Testbeds, Cartography for Operability and Abstraction, Formal Models, Implementations, Runtime Environments, Big Data, Data Demand, Documentation and Data Availability, Data Quality Issues, Data Sharing with the Private Sector (Industries, Business, Insurances etc.), Complex Data Visualization for Decision Support and Operations Control, Coherence Issues

We start from defining coherence levels together with adequate information management methods and techniques. The complete set of management best practice methods especially supports the principles of «critical thinking», enabling extensive reporting, transparent analysis, compliance to regulations and constructive goalreaching control. These control obligations include phases of retrace, audit, reexamination, analysis, avoidance of malpractice, and indications on weaknesses/vulnerabilities.

On the operational level, syntactic, semantic and pragmatic coherence (full semiotics coherence i.e. on syntax, semantics and pragmatics level) needs to be achieved on local, regional, national and international levels. Special attention is given to ontologies that cover pragmatics (multistakeholder operational decision and action management concepts for workflows and processes in dynamic situations) including modelling goal reaching control. Command Support Systems based on crosslevel and crossorganizational integration are widely missing. Joint projects and development in the fields of civilmilitary cooperation can not only improve shared information processing but also raise awareness in the benefit of building on sound management principles, including prerequisite competences education and development, especially for the huge variety of administrative / organizational public and private sector units involved.

Gaps in crossorganizational data availability, incompatible data quality and missing interoperability are wellknown today to disable best possible decisions and services in all types of countries.

The holistic view of Big Data availability and crossorganizational interoperability still needs to find adequate attention by UN Instruments Information Management Governance. Information Governance is a process to be organized and implemented in a permanent, multistakeholder way and its coordination will essentially benefit from cooperation with National Focal Points for UN Instruments.

Besides the general way of procedure for accomplishing or approaching particular (selected) aims in a systematic way, much more attention should be devoted to all those situations, where suboptimal information management currently leads to substantial deficits in natural, technical sustainability and in humanitarian disasters.

Future research and development in those areas will bring a significant contribution to all the cycle of sustainability analysis and the sustainability management areas only if the inherent complexity of interdisciplinary/crossorganizational data, data analytics, data transmission and use processes, and sophisticated ontology models for situation prediction along with consequences scenarios for all types of actors is based on standards and Information Infrastructure principles.

Information infrastructure efforts are guided by joint commitment and requirements specifications of actor organizations (public administration, civil society, and private sector). Transfer and adaption/extension of concepts that have been proofed adequate for largescale information infrastructure realization are in due need for the corresponding elements of good governance.

Establishing CrossOrganizational Information Infrastructures is one of the core techniques to enable crossorganizational interoperability in data and operational forces.

UN Instruments information in its complexity is in due need of very broad systematic integration, processing, evaluation and goal oriented applications of large amounts of data of heterogeneous origin in real time. Big Data offers the appropriate technology to integrate data from the various sources, to analyze it and to make it available for decision processes and operations support.

Application of informatics stateoftheart methods and technology that meet the demands of complex multiactor and crossorganizational information management is urgently required for organizationally as well as technically implementing treaties, frameworks and programs and for granting coherence in the required holistic way.

National, European and global initiatives drive information infrastructure and interoperability implementations for the benefit of administration, private sector and NGO actors.

Information models underlying UN Instruments implementations must be communicated for transparency and in support of accountability. The whole communication process requires substantially more investigation in order to become reliable and efficient enough to achieve the overall goal of better understanding, decision making, and action in cases of UN Instruments joint efforts for sustainability and humanitarian situation improvement.

There are some key future demands in applying appropriate Information Management Principles for implementation of UN Conventions and other UN Instruments under requirements of coherence:

It is Our Future: MultiStakeholder Governance guiding principles, structure, participation and practice for Implementation of Conventions and other Instruments is imperative. These efforts are not just for the operational demands of technicians and administrators, they are essential for Society at large.

## Selected References

Accountability: AccountAbility 1000 (AA1000) – accountability standard, focused on securing the quality of social and ethical accounting, auditing and reporting. Institute of Social and Ethical Accountability (1999) 28 p., <http://www.accountability.org/images/content/0/7/076/AA1000%20overview.pdf>

Constantinides, Panos; Barrett, Michael: Information Infrastructure Development and Governance as Collective Action. Information Systems Research 26 (2014) Jan.17., DOI: 10.1287/isre.2014.0542 [https://www.researchgate.net/publication/273130860\\_Information\\_Infrastructure\\_Development\\_and\\_Governance\\_as\\_Collective\\_Action](https://www.researchgate.net/publication/273130860_Information_Infrastructure_Development_and_Governance_as_Collective_Action)  
A Digital Agenda for Europe Europe 2020 Strategy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic And Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2010) 245 (2010) <https://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/fp/2010comdigitalagenda.pdf>

EIF European Interoperability Framework – Implementation Strategy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic And Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2017) 134 final (2017) [http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2c2f25540faf11e78a3501aa75ed71a1.0017.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2c2f25540faf11e78a3501aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF)  
The Internet of FAIR Data & Services. <https://www.gofair.org/resources/internetfairdata-services/>

Kremers, Horst: Challenges in Operational Risk Information Management (2019) 19p. CODATAGermany, <http://RIMMA.org/StratRep2019.pdf>

Kremers, Horst: Global Programs and Conventions: Coherence and Mutual Synergies from Holistic Information Management. LNIS Lecture Notes in Information Sciences. Selected Papers. Geoinformation and Sustainable Development 9 (2020) 90100. CODATAGermany, ISBN 9783000629815 <https://tinyurl.com/GlobalProgramsCoherence2020>

Lachhab, M.; Et al.: Towards an Integration of Systems Engineering and Project Management Processes for a Decision Aiding Purpose. IFAC PapersOnLine 50 (2017) 7266–7271. Elsevier, Doi 10.1016/j.ifacol.2017.08.1379

A World that Counts Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development. (2014) 32 p.. UN IEAG, <http://www.undatarevolution.org/wpcontent/uploads/2014/11/AWorldThatCounts.pdf>

Smallwood, Robert F.: Information Governance: Concepts, Strategies, and Best Practices. (2014) 464 p. Wiley, ISBN 1118218302

Smith, Mike: Fundamentals of Management. 2nd ed. (2011) McGrawHill Education, ISBN13 9780077126933

Weske, Mathias: Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. 3rd Ed. (2019) 417p. Springer

## Kapitel 2

# Kritische Infrastruktur



# Risiko und Prioritätenmanagement bei Stützbauwerkendes Landes Steiermark

MATTHIAS J. REBHAN<sup>1</sup>, ROMAN MARTE<sup>1</sup>,  
STEFAN GRUBINGER<sup>1</sup>, FRANZ NÖHRER<sup>2</sup>,  
BERNHARD SAURUG<sup>2</sup>

Organisation(en):

<sup>1</sup>Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik

<sup>2</sup>Amt der Steiermärkischen Landesregierung, A16 – Verkehr und Landeshochbau

rebhan@tugraz.at, roman.marte@tugraz.at,  
franz.noehrer@stmk.gv.at, bernhard.saurug@stmk.gv.at

## Abstract

Im vorliegenden Beitrag wird eine Methode zur Priorisierung von bestehenden Stützbauwerken im Zuge der Zustandserfassung vorgestellt. Anhand dieser soll der Mittel und Ressourceneinsatz bei Kontrolle, Prüfung und Beurteilung spezifiziert und reduziert werden. Im rund 5.100 km umfassenden Landesstraßennetz der Steiermark befinden sich ca. 5.000 Stützbauwerke, welche einer laufenden und wiederkehrenden Inspektion zu unterziehen sind. Würden diese nach den aktuell gültigen technischen und rechtlichen Vorgaben der RVS 13.03.61 geprüft und kontrolliert werden, wären hierzu jährlich ca. 1.500 Kontrollen und ca. 400 Prüfungen durch das

zuständige Referat Bauwerkserhaltung und Geotechnik des Landes Steiermark durchzuführen. Dieses Ausmaß an Prüftätigkeiten ist weder aus personeller noch aus monetärer Sicht umsetzbar. Aus diesen Randbedingungen heraus wurde ein alternatives Konzept für ein Risikomanagement ausgearbeitet. Dieses beruht auf der Ermittlung des von einem Objekt ausgehenden Risikos für die Sicherheit und den Betrieb der Straße und den sich daraus ableitenden Handlungsanweisungen bzw. Anpassungen der Inspektionstätigkeiten.

## Stützbauwerke im Netz des Landes Steiermark

Das Land Steiermark verfügt (Stand Mai 2018) über rund 4.800 Stützbauwerke, welche für den Betrieb und die Sicherung des Straßennetzes erforderlich sind. Nachfolgend soll ein Überblick zu den vorhandenen Bauwerken, Bauwerkstypen und deren Anzahl gegeben werden. Eine erste, grundlegende Unterscheidung kann zwischen geankerten und nicht geankerten Stützbauwerken erfolgen.

Im Verwaltungsbereich des Landes Steiermark sind lediglich ca. 1 % (61 Bauwerke) in Form einer geankerten Konstruktion ausgeführt. Nachfolgend wird auf diese nicht weiter eingegangen. Die nicht geankerten Bauwerke (ca. 4.760 Bauwerke) unterteilen sich in eine Vielzahl unterschiedlicher Typen. Eine erste Unterteilung (siehe Abbildung 2) wird durch ein Auftrennen in die drei Kategorien Schwergewichtsmauern, Steinschichtungen und sonstige Bauwerke getroffen. Die Aufteilung zeigt, dass ca. 94 % der Bauwerke aus Schwergewichtskonstruktionen und Steinschichtungen bestehen, welche im Allgemeinen ein gutmütiges und sich ankündigendes Versagen (ÖGG, 2019) aufweisen.

## Inspektionstätigkeiten bei Stützbauwerken

Ziel von Bauwerksprüfungen – Inspektionstätigkeiten – ist es, den Erhaltungszustand eines Objektes zu erfassen und auf diesem aufbauend, dass von dem Objekt ausgehende Risiko zu bestimmen. In weiterer Folge können hieraus auch Ableitungen von Erhaltungsmaßnahmen getätigt werden. Grundsätzlich werden die erforderlichen Tätigkeiten in den Richtlinien Verkehr und Straße (RVS) als Stand der Technik definiert. Für Autobahnen und Schnellstraßen werden die Kontrollen und Prüfungen nach diesen durchgeführt. Für den Bereich der Bundes und Landesstraßen lässt die RVS 13.03.61 (2014) in diesem Zusammenhang eine Anpassung zu. Diese ist definiert, dass der »Erhaltungsverpflichtete eine Risikobewertung der nicht geankerten Stützbauwerke durchführen und basierend auf dem Ergebnis den Anwendungsbereich« anpassen kann. Daraus resultiert, dass den Bundesländern abweichend zu den Betreibern und Erhaltern des höherrangigen Straßennetzes in Österreich die Möglichkeit gegeben wird, vom

Stand der Technik abweichende Kontroll-, Prüf- und Inspektionstätigkeiten festzulegen. Eine weitere Definition bzw. Klarstellung zu dieser Risikobewertung werden durch die RVS-Richtlinie jedoch nicht gegeben.

## Konzept zur Risikobewertung und der Prioritätenreihung bei Stützbauwerken

Zu der in vorherigem Kapitel beschriebenen Anpassungsmöglichkeit des Standes der Technik nach RVS 13.03.61 (2014) wurde keine weitere Ausführung gegeben, inwiefern diese stattfinden kann oder muss. Daher wurde im Zuge einer Zusammenarbeit zwischen dem Land Steiermark (Referat Bauwerkserhaltung und Geotechnik) und der Technischen Universität Graz ein Konzept (vgl. Nöhrer et al. 2019 & Grubinger 2020) zur Risikobewertung bzw. der daraus möglichen Prioritätenreihung für bestehenden Stützbauwerke ausgearbeitet.

Dieses Konzept (vgl. Abbildung 4) basiert dabei im Wesentlichen auf der Ermittlung und Bestimmung einer Risikomaßzahl welche auf den Randbedingungen des Objektes beruht. Um vergleichbare und standardisierbare Ergebnisse zu erhalten, wurde ein Kriterienkatalog aufbereitet und verfasst. Der Inhalt dieses Kataloges (Grubinger 2020) reicht dabei von gravierenden Mängeln wie

dem Fehlen einer Absturzsicherung, defekten Entwässerungen oder nicht frostbeständigen Steinen bis hin zu kleineren Schäden wie oberflächlichen Abplatzungen des Betons oder dem Ausrieseln der Verfüllung bei Raumgitterkonstruktionen. Begonnen wird das Konzept durch die Erhebung der Bauwerksdaten (i in Abbildung 4) welche in Folge einer vor Ort Begehung, oder der Aufbereitung der Daten aus einer Bauwerksdatenbank vorstättengehen kann. Im Anschluss werden die Randbedingungen des Bauwerkes mit den Inhalten eines Kriterienkataloges (ii in Abbildung 4) verglichen, und die Bestimmung der Risikomaßzahl RMZ (iii in Abbildung 4) kann durchgeführt werden. Die Ermittlung dieser findet laut Formel (1) statt, welche durch die Gleichung in Formel (2) mit dem Grenzwert von 1,75 limitiert wird. Diese Limitierung ist damit begründet, dass bei Überschreitung eine zu große Schädigung des Bauwerkes vorliegt, und daher die Anwendung dieser Methode nicht sinnvoll ist. Die Terme A und B setzen sich aus den beiden zahlenmäßig größten Faktoren des Kriterienkataloges (vgl. Tabelle 1) zusammen und sollen den Einfluss der signifikanten Schäden aufzeigen. Die restlichen Kriterien (in Form von Mängeln und Schäden am Bauwerk) fließen durch Mittelwertbildung (Term C in Formel (1)) in die Ermittlung der Risikomaßzahl ein. Einige Beispiele für den Inhalt des Kriterienkataloges sind in Tabelle 1 aufgelistet.

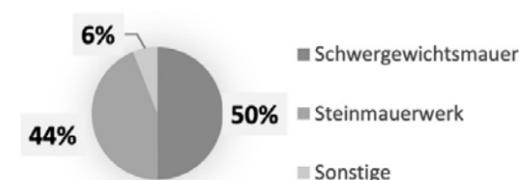


Abbildung 2: Aufteilung der Stützbauwerke des Landes Steiermark in drei Hauptkategorien (add. Nöhrer et. al.)

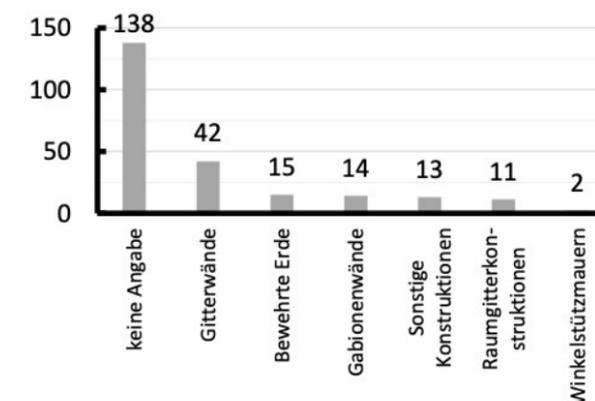


Abbildung 3: Detaillierte Aufteilung der Hauptkategorie Sonstige (add. Nöhrer et. al.)

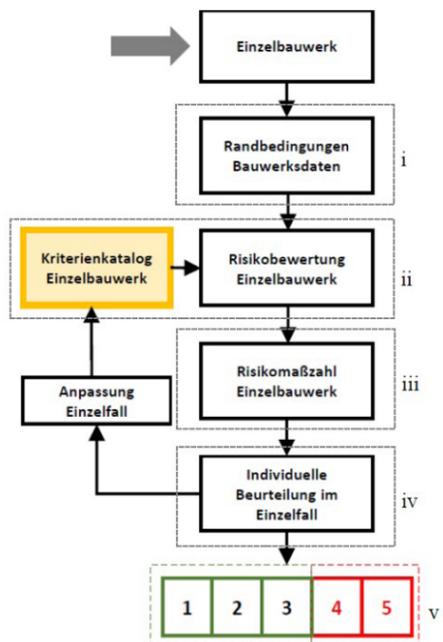


Abbildung 4: Ablaufdiagramm für die Durchführung einer Risikobewertung bei Stützbauwerken

Neben den Schäden und Mängeln am Objekt finden zwei weitere Parameter bei der Ermittlung der Risikomaßzahl Berücksichtigung. Durch den Term D wird das Vorhandensein von Unterlagen zu einem Objekt miteinbezogen, was eine genauere Bewertung des Bauwerkes ermöglicht. Weiters werden neben Informationen zum Objekt auch dessen Standort sowie der Rang der Straße (Term E) ebenfalls zur Bestimmung der Risikomaßzahl herangezogen. Dieser basiert auf dem Regionalen Verkehrskonzept Obersteiermark West (Amt der Steiermärkischen Landesregierung 2010) und bildet die Wichtigkeit und die Anforderungen

$$RMZ = \left[ (A * B) * \frac{\sum C_i}{\#C} \right] * D * E \quad (1)$$

$$RMZ = \left[ (A * B) * \frac{\sum C_i}{\#C} \right] \leq 1,75 \quad (2)$$

Tabelle 1: Auszug Kriterienkatalog

Beschreibung	Faktor Ci
Geankerte Konstruktion (X)	1,00
Winkelstützmauer H > 2,50 m (X)	1,00
Talseitig, direkt an die Straße anschließendes Bauwerk	1,00
Höhe des Stützbaues im Verhältnis zum Abstand der Straße ≤ 0,50	0,75
Höhe des Stützbaues im Verhältnis zum Abstand der Straße ≤ 0,75	0,50

an die Verfügbarkeit des Straßennetzes in der Steiermark ab.

Neben der Betrachtung der Inhalte der Kriterienkataloge und der Berücksichtigung der Abgrenzung nach Formel (2) wurden auch noch DropOut Kriterien in das Konzept eingearbeitet. Diese stellen besonders kritische Versagensmechanismen (z.B. Korrosion bei Winkelstützmauern vgl. Rebhan 2019) oder sehr schwierig zu beurteilende Bauwerke, wie beispielsweise geankerte Konstruktionen, dar. Derartige DropOutkriterien sind im Kriterienkatalog gekennzeichnet (X) und führen zu einem Ausschluss des Konzeptes für das vorliegende Objekt. Folglich ist eine Kontroll- und Prüftätigkeit nach RVS 13.06.61 durchzuführen.

Das Ergebnis der Ermittlung der Risikomaßzahl (RMZ) ist eine Beurteilung des Bauwerksrisikos. Diese basiert, ähnlich den RVSRichtlinien, auf einem Schulnotensystem zwischen 1 (sehr geringes Risiko) und 5 (sehr hohes Risiko). Die Bandbreite der RMZ reicht generell von 0,025 bis 2,00, was auch die Bandbreite der Beurteilung zu Folge der RMZ (Abbildung 5) definiert. Vor einer endgültigen Einstufung und Beurteilung des Bauwerksrisikos kann zudem noch eine »Individuelle Beurteilung im Einzelfall« (iv in Abbildung 4) vorgenommen werden. Mit dieser sollen Informationen über das Objekt berücksichtigt werden, welche durch den Kriterienkatalog nicht berücksichtigt werden können. Beispiele hierfür sind eine bereits geplante Verlegung der Trassen oder neue Erkenntnisse über Schadensbilder und Versagensmechanismen bei bestimmten Stützbauelementen.

Aufbauend auf der Beurteilung des Objektrisikos kann in weiterer Folge auch eine Ableitung von erforderlichen Tätigkeiten in Form von Inspektionstätigkeiten (vgl. Abbildung 6) stattfinden. Hierbei wird zwischen »betrieblichen Maßnahmen«, einer »laufenden Überwachung« und »Kontroll- und Prüftätigkeiten« unterschieden.

Unter betrieblichen Maßnahmen werden im Zusammenhang mit diesem Konzept jene Tätigkeiten verstanden, welche zur Sicherstellung des Erhaltungszustandes beitragen. Generell kann darunter die Fortführung der Tätigkeiten des Streckendienstes (z.B. Sicherstellung der Entwässerung, Entfernen von Bewuchs) verstanden werden, sofern keine weiteren Mängel oder Schäden durch diese zu erkennen sind. Sollte dies der Fall

RMZ	< 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,25	1,25 - 1,50	1,50 - 2,00
Risiko	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Beurteilung	1	2	3	4	5

Abbildung 5: Schulnotensystem für das Bauwerksrisiko nach Ermittlung der RMZ

Beurteilung	erforderliche Tätigkeit
1	Betriebliche Maßnahmen zur Sicherstellung des Erhaltungszustandes
2	Laufende Überwachung – verstärkter Zyklus
3	Laufende Überwachung – einmal jährlich
4	Kontroll- bzw. Prüftätigkeit gemäß RVS mit einem verkürzten Prüfintervall
5	Kontroll- bzw. Prüftätigkeit gemäß RVS mit einem normalen Prüfintervall

Abbildung 6: Bauwerksbeurteilung und Ableitung von erforderlichen Tätigkeiten

sein, ist eine erneute Beurteilung des Risikos erforderlich.

Die laufende Überwachung stellt die in den RVSRichtlinien angeführten Aufgaben des Streckendienstes dar. Dabei wird die »Feststellung von groben Schäden und auffälligen Veränderungen, soweit sie beim Befahren vom Fahrzeug aus sichtbar sind« (RVS 13.06.61, 2014) vorgenommen. Generell sind diese einmal jährlich (mittleres Risiko) durchzuführen, können jedoch auch durch einen verstärkten Zyklus einer Überwachung (geringes Risiko) umgesetzt werden.

Erst ab einem hohen bzw. sehr hohen Risiko findet eine Einordnung des Bauwerkes in das »RVSSystem« und die damit einhergehenden Inhalte einer Kontrolle und Prüfung sowie die damit verbundenen Termine zur Durchführung statt.

Neben der hier vorgestellten Anwendung auf ein Einzelbauwerk kann ein ähnliches Konzept auch auf ganze Straßenzüge sowie Bereiche angewendet werden. Dies kann sich vor allem bei ähnlichen Bauwerken entlang einer Strecke bzw. dem Fehlen von Informationen zu einer Trasse als erster Schritt zur Einführung einer Bauwerksprüfung als hilfreich erweisen. Aufgrund des ausreichenden und guten Datenbestandes des Landes Steiermark wurde dieser Weg jedoch bisher nicht weiterverfolgt.

## Beispiele für die Anwendung des Konzeptes

Das im vorangegangenen Kapitel angeführte Konzept zur Risikobewertung wurde bereits in der Entwicklungsphase durch einige praktische Beispiele (vgl. Nöhner et. al. 2019 & Grubinger 2020) validiert, angepasst und auf seine Umsetzbarkeit hin untersucht. Nachfolgend werden die Anwendung des Konzeptes und auch die damit verbundenen Möglichkeiten anhand von drei Beispielen aufgezeigt.

### Beispiel 1 – betriebliche Maßnahmen

Das erste Beispiel zeigt eine Steinschichtung (Abbildung 7) mit einer geringen Höhe, einem großen Abstand von der Straße und weist lediglich geringe Schäden auf. Trotz der fehlenden Unterlagen zu diesem



Beschreibung Faktor	#
Abstand >>	0,00
kleinere Schäden / Mängel	0,25
keine Unterlagen vorhanden	1,00
ranghohe Straße	1,00
<b>RMZ - Risikomaßzahl</b>	<b>0,25</b>

Abbildung 7: Steinschichtung geringes Risiko

Bauwerk und der Lage des Bauwerkes entlang einer ranghohen Straße ergibt die Bestimmung des Risikos eine RMZ von 0,25. Daraus folgt, dass dieses Bauwerk zukünftig lediglich durch die Umsetzung von »betrieblichen Maßnahmen« überprüft und instandgehalten werden kann. Entsprechende Maßnahmen hierfür sind die Entfernung von störendem und das Bauwerk beeinflussenden Bewuchses oder die Wartung der Entwässerungseinrichtungen.

### Beispiel 2 – Laufende Überwachung

Das zweite Beispiel (Abbildung 8) zeigt ebenfalls eine Steinschichtung, welche im Vergleich zu Beispiel 1 einen geringen Abstand zu Straße, kleinere Schäden bzw. eine Ausbauchung an der Front aufweist. Wei-

ters ist die Ableitung der Hangwässer nicht bekannt und es sind keine Unterlagen zum Bauwerk vorhanden.



Beschreibung Faktor	#
Abstand <<	1,00
kleinere Schäden / Mängel	0,50
Ausbauchungen	1,00
Drainage / Hangwasser	0,75
keine Unterlagen vorhanden	1,00
mittlerer Rang der Straße	0,60
<b>RMZ - Risikomaßzahl</b>	<b>1,05</b>
zusätzlich „einzige Zufahrt“	1,00
<b>RMZ - Risikomaßzahl</b>	<b>1,75</b>

Abbildung 8: Steinschichtung mittleres Risiko

In der ersten Betrachtung wurde berücksichtigt, dass sich diese Steinschichtung an einer Straße mit mittelhohem Rang befindet. Daraus resultiert eine RMZ von 1,05, welche ein mittleres Risiko widerspiegelt. Daraus folgend findet eine Einstufung dieses Objektes in die laufende Überwachung nach RVS mit einer jährlichen Periode statt. Wird bei der Betrachtung dieses Bauwerkes die Tatsache berücksichtigt, dass diese Steinschichtung die »einzige Zufahrt« zu einem Talende darstellt, so erhöht sich die RMZ von 1,05 auf 1,75. Dieses sehr hohe Risiko führt dazu, dass das Bauwerk durch die Prüftätigkeit nach RVS und den darin definierten Prüfintervall zu inspizieren ist.

### Beispiel 3 Prüfung

Ein weiteres Objekt mit einem geringen Abstand zur Straße und einer großen Bauwerkshöhe ist in Beispiel 3 (Abbildung 9) dargestellt. Zudem sind neben kleineren Schäden am Bauwerk massive Schäden an der Vorsatzschale und an der Entwässerung gegeben, und ein deutlicher Bewuchs an der Bauwerksfront ist zu erkennen.

Aufgrund der angeführten Schäden am Bauwerk, den fehlenden Unterlagen sowie der Lage des Bauwerkes an einer ranghohen Straße, ergibt die Risikobewertung dieses



Beschreibung Faktor	#
Abstand <<	1,00
Bauwerkshöhe	1,00
kleinere Schäden / Mängel	0,50
Schäden Vorsatzschale	0,75
Entwässerung defekt	1,00
Bewuchs / Gelände	0,75
Keine Unterlagen vorhanden	1,00
ranghohe Straße	1,00
<b>RMZ - Risikomaßzahl</b>	<b>1,75</b>

Abbildung 9: Gewichtskonstruktion hohes Risiko

Objektes eine RMZ von 1,75. Daraus folgend ist die Beibehaltung der Prüfzyklen nach RVS 13.03.61 erforderlich.

## Reduktion des Aufwandes durch die Anwendung eines Risikomanagements bei der Beurteilung von Stützbauelementen

Mit der Durchführung einer standardisierten Betrachtung der Bestandsbauwerke, wie dies mit dem hier vorgestellten Konzept möglich ist, kann eine rasche Priorisierung der Bauwerksprüfungen erzielt werden. Daraus folgend kann eine Reduktion des Streckenrisikos und gleichzeitig eine Reduktion des Personalaufwandes für die Durchführung von Bauwerksprüfungen erreicht werden.

Bei Einhaltung der aktuellen Prüfperioden nach RVS 13.03.61 (2014) für die Prüfung von bestehenden Bauwerken wären im Streckennetz des Landes Steiermark jährlich 1.495 Kontrollen sowie 370 Prüfungen durchzuführen.

Um den Aufwand für die Prüftätigkeit nach RVS zu verdeutlichen wird nachfolgend eine Betrachtung dieser Inspektionstätigkeiten auf Basis von internen Personalkosten nach der Gehaltstabelle 2020 Land Steiermark Verwendung d8 vorgenommen. Die für die

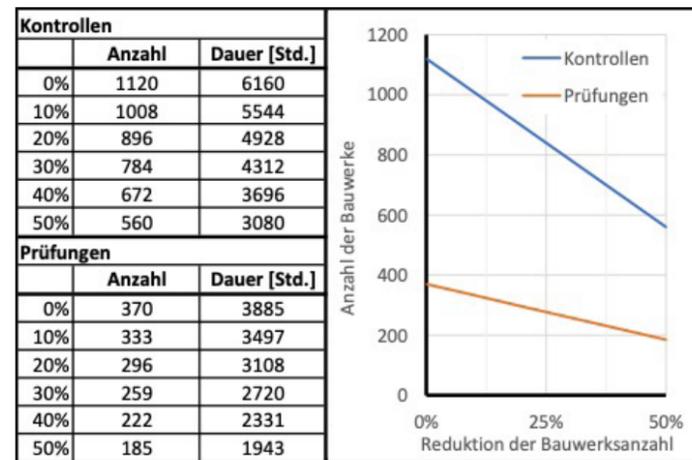
**Tabelle 2: Zeitbedarf für die Durchführung von Inspektionstätigkeiten**

Aufgabe	Kontrolle [h]	Prüfung [h]
Vor und Aufbereitung	1,00	2,00
An und Abfahrt zum Objekt	0,50 <sup>a</sup>	1,50
Vor Ort	2,00	3,00
Nachbereitung	2,00	4,00
<b>Summe</b>	<b>5,50</b>	<b>10,50</b>
<sup>a</sup> mehrere Objekte hintereinander		

Tätigkeiten angenommenen Stunden beziehen sich dabei auf Schätzungen.

Diese Auflistung in Tabelle 2 zeigt, dass je nach Art der Inspektionstätigkeit zwischen 5,5 und 10,5 h pro Objekt anfallen. Durch das hier vorgestellte Konzept zur Priorisierung bei Stützbauwerken kann eine deutliche Reduktion der Anzahl an zu untersuchenden Objekten erreicht werden. Dies soll nachfolgend schematisch gezeigt werden.

Wie die Aufbereitung in Abbildung 10 erkennen lässt, werden die Kontrollen durch eine Reduktion der Bauwerksanzahl deutlicher in der absolut benötigten Zeit beeinflusst, als dies bei den Prüfungen der Fall ist. Dies ist auf die größere Anzahl an erforderlichen Kontrollen im Vergleich zu Prüfungen zurückzuführen. Neben der Reduktion der Bauwerksanzahl lässt sich aus wirtschaftlicher Sicht auch erkennen, dass durch eine generelle Reduktion des Aufwandes für die Prüfung ein massives Einsparungspotenzial ermöglicht wird. Weiters können beispielsweise durch eine Digitalisierung bzw. die Unterlagenaufbereitung der Bauwerksprüfung (vgl. Grubinger 2020) umfangreiche Einsparungen erreicht werden.



**Abbildung 10: Einfluss der Bauwerksanzahl auf Kontrollen und Prüfungen**

## Zusammenfassung und Ausblick

Das hier vorgestellte Konzept zum Risikomanagement bei Stützbauwerken basiert auf der Ermittlung einer Risikomaßzahl für die zu prüfenden Objekte und der darauf aufbauenden Maßnahmenleitung. Ermöglicht wird eine einfachere Herangehensweise an die Inspektion von bestehenden Stützbauwerken sowie eine maßgeschneiderte und individuelle Anpassung an die Anforderungen des Bauwerkserhalters.

Anhand von drei Beispielen wurde gezeigt, wie das Konzept umsetzbar ist, bzw. auch welche Möglichkeiten damit einher gehen. Vor allem die individuelle Einflussnahme auf die Bestimmung der

Risikomaßzahl wurde aufgezeigt. Damit kann sichergestellt werden, dass die Erfahrungen der Bauwerkserhalter bzw. auch die Berücksichtigung von nicht in den Kriterienkatalogen erfassten Kriterien gegeben sind.

Das hier vorgestellte Konzept kann nicht nur für Stützbauwerke angewendet werden. Durch eine Anpassung der Kriterienkataloge und der erforderlichen Maßnahmen können die Prüfvorschriften der RVSRichtlinien für Ingenieurbauwerke (Reihe RVS 13.03) erweitert werden. Beispiele hierfür sind:

- **Brücken mit einfachen statischen Verhältnissen und eingeschränkter Stützweite;**
- **Lärmschutzbauwerke;**
- **Überkopfwegweiser.**

Mit der Anlehnung des Konzeptes an die geltenden RVSRichtlinien kann darüber hinaus zum einen die rechtliche Lage der Anwendung sichergestellt werden, und zum anderen auch eine Überführung der Ergebnisse in bestehende Prüfsysteme sichergestellt werden.

## Danksagung

Die Inhalte des vorliegenden Beitrages wurden im Zuge der Diplomarbeit von Herrn Stefan Grubinger erarbeitet. Dieser wurde dabei finanziell und durch die Bereitstellung von Bauwerksunterlagen durch das Land Steiermark Abteilung A16 Verkehr und Landeshochbau unterstützt. Zudem konnte im Zuge der Ausarbeitung dieses Konzeptes auf die Expertise der MitarbeiterInnen des Referates Bauwerkserhaltung und Geotechnik zurückgegriffen werden, wodurch neben der wissenschaftlichen Betrachtung auch eine wirtschaftliche und praxisrelevante Umsetzung sichergestellt werden konnte.

## Literaturverzeichnis

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, (2010): Regionales Verkehrskonzept Obersteiermark West 2010, Folder Regionales Verkehrskonzept der Bezirke Knittelfeld, Judenburg und Murau, Fachabteilung A18, Dezember 2010.

Grubinger S. S. (2020): Risikomanagement bei bestehenden Stützbauwerken im Streckennetz des Landes Steiermark. Masterarbeit, TU Graz, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik.

Nöhner F., Rebhan M.J., Saurug B., Marte R., Grubinger S., Mauerhofer G. (2019): Risikomanagement bei Stützbauwerken im Streckennetz des Landes Steiermark, Geomechanics and Tunneling 12 (2019), No. 5, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co KG, Berlin.

ÖGG (2019): Empfehlungen zur vertieften Prüfung und Beurteilung bestehender, unverankerter Stützbauwerke. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Salzburg. Rebhan M.J. (2019): Korrosionsschäden bei Winkelstützmauern, Dissertation, TU Graz, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik, Graz.

RVS 13.03.61 (2014): Qualitätssicherung bauliche Erhaltung – Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Nicht geankerte Stützbauwerke, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr, Wien.

# The role of civil engineers as first responders in disaster management

**NORBERT F.J. GEBBEKEN**

**Organisation(en):**

Institute of Engineering Mechanics and Structural Analysis, Research group BauProtect, RISK Research Center, University of the Bundeswehr Munich, WernerHeisenbergWeg 39, 8557 Neubiberg, Germany.

[norbert.gebbeken@unibw.de](mailto:norbert.gebbeken@unibw.de)

## Abstract

In case of a disaster, regardless whether it is natural, manmade or accidental, the built infrastructure is often affected. In such a case, first responder organizations like fire fighters, technical relief, Red Cross, and others are usually overstrained with the reconnaissance and assessment of the damaged built infrastructure. Therefore, they ask for experts to become member of the first responder team. Information is needed in order to organize escape routes, supply routes, evacuation, to assess rubble piles, instable slopes, settlements of bridges, to avoid collapse of structures and so on. The paper approaches the task by examples where the author has been involved. This includes heavy snow fall, flood, earthquake, peace mission after war, etc. Because of the experience future research and development will be defined.

**Keywords:** Natural threat, disaster management, first responder, residual capacity

## Introduction

The built infrastructure has been designed to withstand standard loads as well as exceptional loads, if required, over the lifetime of buildings (50 years up to 100 years). These load scenarios and the associated safety philosophy are usually based on a risk acceptance of an occurrence of an accident of 10<sup>-5</sup> or 10<sup>-6</sup>. Load cases that are beyond these limits are considered accidental. Actions from natural phenomena (heavy storm, flood, earthquake, land slide) are based on statistics of already observed events. For future events we need forecasts, but they are uncertain. But even if we have good data for a geographic region over a certain period of time, we never know for sure what the frequency and the intensity of the next natural event will be. Therefore, society is always surprised and astonished when a catastrophic event occurs that damages and destroys our built infrastructure. In this context, we need to mention that nature is always natural and that catastrophes can only occur if society does not comply with natural rules. For example, if we settle in a flood prone region we have to be aware that we will be flooded.

A further challenge for engineers is the safety of the built infrastructure against accidental events and manmade actions [1], [2], [3].

In case of a disaster where buildings are damaged first responders have to evaluate whether the buildings or the transportation infrastructure can be used in order to evacuate or to supply affected people, or to use the built infrastructure in order to conduct first responder measures. Here the question arises, who is sufficiently educated and trained to assess damaged buildings?

During their studies engineers are educated to plan and to design buildings according to standards, which require that the buildings are intact. In general, there is no education how to deal with damaged buildings. However, due to aging and deterioration of bridges, the German code DIN 1076 (Engineering structures in connection with roads inspection and test) has been released 1983 in order to inspect and assess existing bridges. This code deals only with aging and with deterioration but not with real damages as given in Fig. 1.



**Figure 1. Bridge destroyed in a flood, mobile overpass erected by THW (photo by THW OV Fürth)**

Fig. 1 shows an arched bridge which was damaged during flooding. In this case a mobile bridge was erected in order to ensure mobility. In the beginning of the year 2006 extreme heavy snow fall hit east of Europe and the east of Germany resulting in collapse of about 30 roofs and buildings. A catastrophe happened in Bad Reichenhall, Germany, on January 2nd 2006, where the roof of an icerink collapsed killing 15 people (Fig. 2).



**Figure 2. Collapsed roof due to heavy snow fall (photo by Norbert Gebbeken)**

It was the first goal of the first responders to assess the rubble pile and to stabilize the rubble pile in order to create safe conditions for evacuation forces and to ensure that open spaces inside the rubble pile stay open, so that survivors might find conditions to survive further. The rubble pile was monitored using several tachymeters in order to detect movements and in addition several truckmounted cranes fixed beams and columns. The investigation of that disaster revealed that the roof structure was partly deteriorated. The paper will give more examples.

## References

- [1] Gebbeken N., Klaus M., Thoma K. (Hrsg.): BauProtect 2012. Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau der Universität der Bundeswehr München, Nr. 12/5, ISSN 14315122, 2012, 1311
- [2] Gebbeken, N.: Safety of Infrastructures Are our buildings safe? Scientific Research for a Safer Tomorrow, UniBwM, München 2007 Eigenverlag, 811
- [3] Gebbeken N.: Aspects of Integrated Safety and Security for the Built Infrastructure. In: Beyerer Jürgen (Ed.), Future Security, Karlsruhe, Universitätsverlag, 2007, ISBN: 9783866441477, 6468

# Ein Beitrag zur systematischen Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit von Stützmauern im alpinen Raum

PHILIP SANDER<sup>1</sup>, THOMAS MARCHER<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft, Universität der Bundeswehr München,

<sup>2</sup>Institut für Felsmechanik und Tunnelbau, Technische Universität Graz,

philip.sander@unibw.de, thomas.marcher@tugraz.at

## Abstract

Versagensfälle von Stützmauern im letzten Jahrzehnt haben die potenzielle Tragweite solcher Ereignisse unterstrichen. Durch die hohe Anzahl an Stützmauern in den alpinen Regionen, die durch die verschiedenen Behörden und Instanzen fortlaufend instandgesetzt werden müssen, besteht ein erheblicher Bedarf an einer systematischen Bewertung dieser Bauwerke hinsichtlich der Versagenswahrscheinlichkeit. Grundlage für eine solche Bewertung ist die Standsicherheit des betrachteten Objektes. Abgeleitet davon ist es das Ziel, die aufzubringenden

monetären Mittel für Sanierung und Erneuerung, gezielter und mit einem besseren Planungshorizont, bereitstellen zu können.

Das vorgestellte Bewertungsverfahren hat sich nach ersten Anwendungstests als praktikabel erwiesen. Aus den Ergebnissen lässt sich eine Bewertung der Stützmauer für die Sanierung und Erneuerung ableiten. In einem nächsten Schritt soll die Eichung des Systems durch eine umfangreiche Analyse von Bestandsdaten erfolgen und somit der Prozess optimiert werden.

## Ein Beitrag zur systematischen Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit von Stützmauern im alpinen Raum

Versagensfälle von Stützmauern im letzten Jahrzehnt haben die potenzielle Tragweite solcher Ereignisse unterstrichen. Durch die hohe Anzahl an Stützmauern in den alpinen Regionen, die durch die verschiedenen Behörden und Instanzen fortlaufend instandgesetzt werden müssen, besteht ein erheblicher Bedarf an einer systematischen Bewertung dieser Bauwerke hinsichtlich der Versagenswahrscheinlichkeit. Grundlage für eine solche Bewertung ist die Standsicherheit des betrachteten Objektes. Abgeleitet davon ist es das Ziel, die aufzubringenden monetären Mittel für Sanierung und Erneuerung, gezielter und mit einem besseren Planungshorizont, bereitstellen zu können.

Die einheitliche Bewertung der Zustände von Stützmauern gestaltet sich allerdings auf Grund der vielfältigen Einflüsse aus verschiedenen Bereichen wie Instandhaltung, Materialspezifikation und Umwelteinflüssen/Örtlichkeiten als sehr schwierig. Fehlende Unterlagen zum jeweiligen Bauwerk und mangelnde Dokumentation zur Bau, Erhaltungs und Sanierungshistorie des betroffenen Objektes macht eine eindeutige Beurteilung des Zustandes des Bauwerkes zu einer technischen Herausforderung.

Der vorgestellte systematische Ansatz zur Bewertung von Stützmauern beschreibt einen geführten Prozess unterstützt durch ein SoftwareTool. Das Verfahren gliedert sich in mehrere aufeinander aufbauende Schritte, die schließlich zu einer Angabe der Versagenswahrscheinlichkeit des Bauwerkes unter Berücksichtigung eines gewählten Betrachtungszeitraums führt:

– **Erster Punkt:** Das durch das Verfahren ermittelte effektive Alter der Stützmauer kann vom aktuellen »echten« Alter der Stützmauer abweichen und berücksichtigt Instandhaltung (Wartungsperioden, etc.), Materialspezifikation (Expositionsklassen, WU Wasserdurchlässigkeit, etc.) und Umwelteinflüsse/Örtlichkeit (FrostTau Wechsel, Sulfatangriff, etc.).

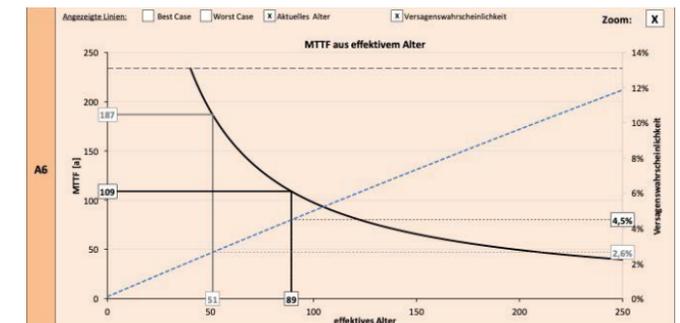


Abbildung 1: Diagramm zur Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit auf Basis MTTF und effektivem Alter

– **Zweiter Punkt:** Das effektive Alter wird zur Ermittlung eines MTTFWertes (Mean Time To Failure) in Jahren herangezogen.

– **Dritter Punkt:** Aus dem MTTFWert ermittelt sich unter Berücksichtigung eines gewählten Betrachtungszeitraums die Versagenswahrscheinlichkeit. Abb. 1 zeigt den Unterschied der Versagenswahrscheinlichkeit anhand eines Beispiels: Versagenswahrscheinlichkeit der Stützmauer vor Bewertung »aktuelles Alter« (2,6 %) und nach Bewertung »effektives Alter« (4,5 %) für einen Betrachtungszeitraum von fünf Jahren.

– **Vierter Punkt:** In einem letzten Schritt werden zur Bestimmung eines Sicherheitsfaktors potenzielle Fehler bei der Errichtung der Stützmauer bewertet und berücksichtigt. Auf Grund der oft mangelnden Daten ist auch die Angabe von Bandbreiten möglich. Der Sicherheitsfaktor wird zur Korrektur der Versagenswahrscheinlichkeit herangezogen.

Das Bewertungsverfahren hat sich nach ersten Anwendungstests als praktikabel erwiesen. Aus den Ergebnissen lässt sich eine Bewertung der Stützmauer für die Sanierung und Erneuerung ableiten. In einem nächsten Schritt soll die Eichung des Systems durch eine umfangreiche Analyse von Bestandsdaten erfolgen und somit der Prozess optimiert werden.

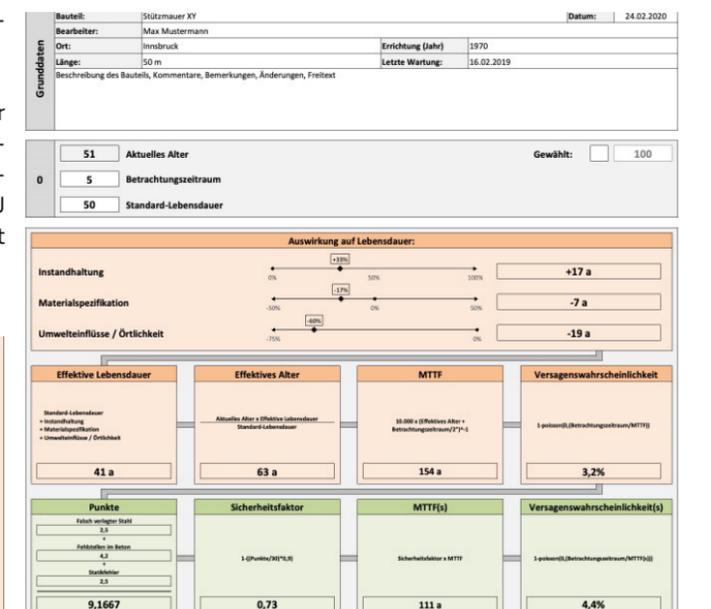


Abbildung 2: Übersicht des Bewertungsprozesses mit Beispieldaten einer bewerteten

# Probabilistic multihazard risk assessment for road infrastructure: application to a mountain road in Austria

STEFAN OBERNDORFER<sup>1,2</sup>,  
PHILIP SANDER<sup>3</sup>, SVEN FUCHS<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Chartered Engineering Consultant for Mountain Risk Engineering and Risk Management

<sup>2</sup>Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences

<sup>3</sup>Institute of Construction Management, Bundeswehr University Munich

office@oberndorferzt.at<sup>1,2</sup>, sven.fuchs@boku.ac.at<sup>2</sup>, philip.sander@unibw.de<sup>3</sup>

## Abstract

Natural hazard risk assessment for road infrastructure is usually based on standardized frameworks, which calculates risk in a deterministic manner. However, due to constant singlevalue input data such deterministic standard approaches regularly ignore the epistemic data uncertainty, resulting in potential bias for riskbased decisions on mitigation measures. In our study we supplemented the standard framework by a probabilistic risk analysis (PRA) method to consider these uncertainties in input data. The PRA approach facilitates the quantification of epistemic uncertainty by using probability distributions to represent data uncertainty while a deterministic approach uses single discrete values without uncertainty representation. We compared the results of the PRA with the deterministic risk assessment approach for road infrastructure, based on a case study of

a mountain road exposed to a multihazard environment. The results demonstrate that the annual collective monetary risk of the deterministic approach is lower than the PRA outcome due to additional uncertainty consideration. Thus, without consideration of uncertainty of the input variables risk might be underestimated using the operational standard risk assessment approach. Thus, PRA for natural hazard risk generates an important increase in information, which is fundamental for optimal riskbased decisionmaking under budget constraints. This facilitates an increase of knowledge about potential road risk with the effect of a better informed and transparent basis for implementing risk minimization measures for roadsafety authorities, design engineers and policy makers.

## Introduction

So far, the focus in mountain hazard risk analysis is usually on deterministic methods, in particular if road infrastructure is considered. Due to the complex input data needed and the comprehensive but standardized method with a variety of contributing parameters, a considerable degree of uncertainty results. Consequently, contributing variables needed for risk assessment are normally processed as single deterministic (discrete) values rather with probability distributions.

Input data for risk calculation is often defined from expert judgement if no statistical data is available or as mean value based on statistical datasets. Furthermore, standardized frameworks for operational risk assessment considering a multihazard environment, such as Bründl et al., 2009; ASTRA, 2012; Bründl et al., 2015, rely on variables from recommended semiempirical probability classes, e.g. to express hazardspecific vulnerability with indicators or indices (PapathomaKöhle, 2017). Thus, the standard approaches for road risk computation obtain the results with constant input data (discrete single data) usually without considering a potential range to represent data input uncertainty. Therefore, a considerable degree of uncertainty remains which may result in a bias of riskbased decision making. To overcome this gap, we extended the deterministic standard approach with a probabilistic model to include data uncertainty of the input variables. With this probabilistic approach we quantified the epistemic uncertainty by using simple probability distributions of the input data instead of single values without uncertainty representation. The probabilistic calculation of road risk yielded in a probability density function (PDF), which was compared to the deterministic result from the standard guideline for road safety using the framework form ASTRA (2012).

The commonly accepted definition of risk is based on UNISDR, (2004) and ISO (2009) and explains risk as a function of hazard times consequences. This universal definition of risk has been repeatedly conceptualized within the natural hazard community by Eq. (1) (e.g. Fuchs et al. 2007; Oberndorfer et al. 2007; Bründl et al. 2009). Consequently, the calculation of risk is dependent on a variety of variables all of which being subject to uncertainties (GrêtRegamey and Straub, 2006).

$$R_{i,j} = f(p_j, p_{i,j}, A_i, v_{i,j}) \quad (1)$$

Where  $R_{i,j}$  = risk dependent of object  $i$  and scenario  $j$ ;  $p_j$  = probability of defined scenario  $j$ ;  $p_{i,j}$  = probability of exposure of object  $i$  to scenario  $j$ ;  $A_i$  = value of the object  $i$  (the value at risk affected by scenario  $j$ );  $v_{i,j}$  = vulnerability of the object  $i$  in dependence on scenario  $j$ .

The valuation of uncertainty in risk assessment is frequently represented by sensitivity analyses to show the effects in varying input values on the results (e.g. Rheinberger et al., 2009). However, the use of confidence intervals allows a discrete calculation of risk with different model setups but does not include probability information. In our study, we quantify the potential uncertainties within road risk assessment based on a case study of a segment of an important mountain road using a stochastic risk assessment approach under consideration of the probability distribution of input data.

## Case study

We applied the probabilistic computation as well as the deterministic standard approach of road risk in a case study. The section of a mountain road in Austria is significantly exposed to a multihazard environment (torrent processes, snow avalanches, rock fall). In Fig. 1 the road segment as well as the hazard areas are displayed which pose a considerably threat for the underlying mountain road both for the road infrastructure and traffic exposed.

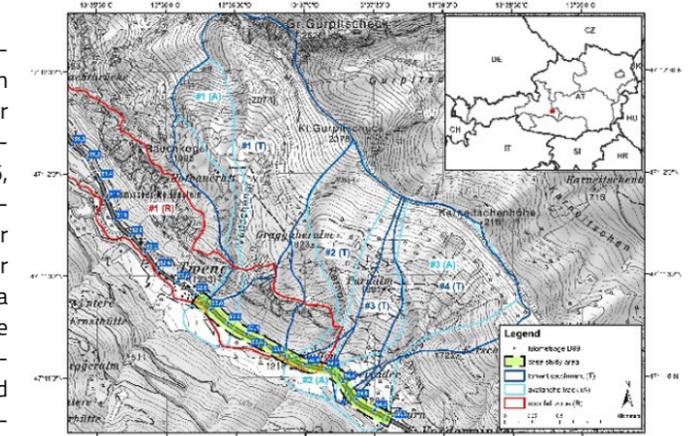


Figure 1. Overview of the case study area and location of the natural hazards along the road segment dark blue line: four torrent catchments, light blue line: three avalanche paths, redline: one rock fall area. (Source base map: © BEV 2020 – Federal Office of Metrology and Surveying, Austria, with permission N2020/69708).

## Method

In order to compare the results of the two different risk assessment approaches (deterministic versus probabilistic), we used in a first step the standardized framework from ASTRA (2012) for operational risk assessment for roads and transportation networks and calculated the collective risk RC as a prognostic monetary value per year. RC is commonly defined as the expected annual damage caused by certain hazards and is beside the individual risk RI for exposed persons frequently used as a risk indicator (Merz et al., 2009; Špačková et al., 2014). To compute RC the following three risk categories were considered:

- Risk for persons RP with three risk situations:
  - Direct impact of the hazard event – standard situation
  - Direct impact of the hazard event – specific situation due to traffic jam
  - Indirect effect – Rearend collision
- Property or asset risk RA
- Risk due to nonoperational availability or disposability RD

Using the same formula of the standard approach, we replaced in a second step each individual input data with a probabilistic distribution. The computation of the probabilistic setup was executed with the software RIAAT Risk Administration and Analysis Tool (RiskConsult GmbH, 2016). The probabilistic setup was based on the same equations as the standard approach, but each input variable was

processed with a probability distribution instead of a constant or discrete value (point value). Through the consideration of the potential range of input data, the data uncertainty was characterized. The probabilistic setup computed risk by a stochastic calculation technique and aggregated risk with Latin Hypercube (LHS) sampling, which is similar to MonteCarlo simulation (MCS) with the advantage of a faster data processing, a better fitting on the theoretical input distribution and a more efficient calculation as fewer iterations are needed to get equally good results (Sander, 2012). In our simulations we used 1,000,000 iterations to achieve consistent results. The probabilistic setup was carried out with two different and independent simulations each with two different distribution functions. Hence, each variable was modelled using either

– a triangular or threepoint distribution (TPD) or

– a betaPERT distribution (BPD),

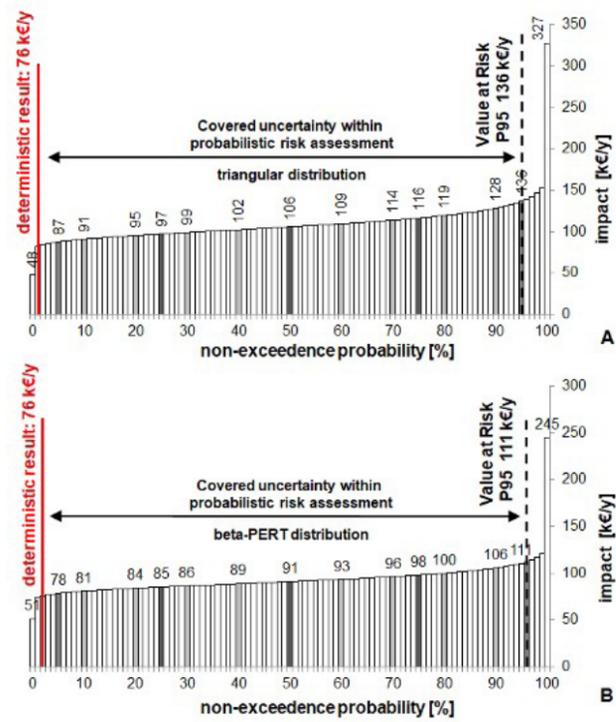
which generated two independent probabilistic setups and results. The risk calculation with two different approaches of probability distributions facilitated a comparison of the applicability and the sensitivity of both simple distribution functions on the results. The expected annual monetary losses induced by the impact of three hazard types (snow avalanches, torrent processes and rock fall) were aggregated and further compacted to the probability density function (PDF) of the collective risk RC. Finally, the two different PDFs from the stochastic risk assessment were compared with the result from the deterministic method to show the potential deviation in the results. For a detailed description of the applied method please refer to Oberndorfer et. al., (2020).

## Results and conclusion

Based on our case study the annual monetary risk is significantly lower if data were computed with the probabilistic framework in comparison to the deterministic standard approach. Thus, without consideration of uncertainty of the input variables risk might be underestimated using the operational standard risk assessment approach for road infrastructure.

The Lorenz curves for the two distributions (TPD and BPD) in Fig. 2 demonstrate the position of the deterministic calculated multihazard risk RC in contrast to the range of the probabilistic risk outcome. Both applied simple distributions (TPD and BPD), show a wide scatter, which can be traced back to the consideration of epistemic uncertainty of the input data. However, the deterministic result is located at the left edge of the Lorenz curve near or below the 5 % percentile (P5).

The Lorenz curves in Fig. 2 refers to the cumulative fraction of the nonexceedance probability of the PDFs of both distributions for modelling input data uncertainty with the advantage of a simplification of result interpretation. Thus, the deterministic outcome of our case study covers approximately less than 5 % of the economic loss which might result in a potential underfunding of 60 k€ (TPD) or 35 k€ (BPD) relating to a conservative chosen benchmark of P95. Both graphs show the degree of deviation due to uncertainties involved in the risk computation. The position of the deterministic result is mainly caused by predominantly rightskewed distributions of the input data, since the aggregation of two right skewed distributions



**Figure 2. Lorenz curves for (A) triangular distribution and (B) betaPERT distribution. The graphs show the scale of deviation of the total multihazard risk RC in k€/y within the probabilistic risk modelling in comparison to the deterministic result.**

relocates the deterministic value due to the effect of skewness to the left side of the resulting distribution. The effect is strongly depended on the extent of the positive distribution skewness.

The degree of uncertainty can be captured by an appropriate choice of a ValueatRisk (VaR) level. For example, the 95 % quantile (P95) of the PDF covers 95 % of the potential uncertainties within the risk calculation. However, a suitable VaR level is depended on many external factors such as the general safety requirement of the system, political and legal requirements, engineering guidelines and codes as well as on the scale of uncertainty of the input data. Especially the last point requires a high expert knowledge to draw the right conclusions of the data interpretation.

## Discussion

The results based on our case study have shown that risk is underestimated if computed with common deterministic approaches in comparison to probabilistic approaches, mainly due to epistemic uncertainties of the parameter spectrum. Thus, the full spectrum of potential road risk is not adequately covered using the standard approaches, which may lead to a decision bias on risk mitigation measures. For robust riskbased decisionmaking, we therefore recommend the use of probabilistic risk assessment (PRA) due to the consideration of a greater range of possible uncertainties. This fosters a general increase in information for road authorities and political decisionmakers and facilitates transparent economic decisions for the implementation of mitigation measures against natural hazards. The advantages of PRA in comparison to conventional risk analysis can be summarized as follows:

– The input data for consequence and for the probability of occurrence are no longer single values without uncertainty representation but probability distributions with at least minimum, most likely, and maximum value to shape a simple distribution, and therefore uncertainty is explicitly included.

– The results are not point values from the mathematical addition of likelihood and consequences rather PDFs generated by stochastic simulation with MCS or LHS. Therefore, a bandwidth (range) of aggregated risk is computed based on a wide number of coincident but realistic scenarios, which provides an explicit consideration and treatment of the reducible (epidemic) uncertainty.

– The results are displayed as PDF allowing a VaR interpretation for each value (quantiles) within the bandwidth instead of a single sharp number without an associated probability.

However, the choice of a robust risk value for natural hazard decision as an acceptable quantile of the PDF is a challenging task. In our opinion, a ValueatRisk (VaR) approach through the consideration of a reliable nonexceedance probability is an appropriate concept for this challenge. Generally, a higher level of the nonexceedance threshold yields in a higher system safety for transportation corridors. Since an appropriate safety level is a balance between technical feasibility, social acceptance, and political implementation, which is strongly dependent on the underlying legal framework, a PDF may support decisionmakers to achieve betterinformed decisions.

Our probabilistic risk assessment approach allows the quantification of uncertainty, and in turn allows decision makers to better assess the quality and validity of road risk computation. Thus, PRA generates an important increase in information, which is fundamental for optimal riskbased decisionmaking under budget constraints. This facilitates an increase of knowledge about potential road risk with the effect of a better informed and transparent basis for implementing risk minimization measures for roadsafety authorities, design engineers and policy makers.

As a consequence of our study and considering the limitations we recommend following further research initiatives:

– Increasing research on vulnerability/lethality thresholds for road infrastructure and traffic to get hazard and objectspecific vulnerability/lethality functions as these factors are attributed to a high degree of uncertainty. These vulnerability/lethality functions should be either based on detailed event documentation or on physical impact assessments.

– Further research on suitable probability distributions to represent risk variables since the scale of deviation is dependent on the choice of distribution for modelling the bandwidth of input data. However, if there is little to none empirical evidence on the distribution of input data (e.g. estimation from experts), simple distributions such as a TPD or a BPD can adjust the shape of the distribution better than complex distributions. Hence, the use of complex distributions for a prognostic risk prediction with a lack of empirical data cannot be justified.

– Consideration of probabilistic hazard analyses to enable a holistic PRA for natural hazards. In our study the hazard analyses were an outcome of prior technical studies for the regional road authority of the federal state.

– Development of guidelines for the treatment of uncertainty information for decisionmakers (authorities, engineers, politicians). We recommend the VaR approach as this is a standard approach in economic and technical risk assessment.

– Consideration of probabilistic methods also for budgeting of safeguarding, as the results of a monetary risk assessment are frequently compared to the costs of mitigation measures to achieve an optimal riskbased design using a cost benefit analysis. Since cost assessments of mitigation measures are subject to considerably uncertainties, especially at the beginning of the planning process where information is limited, a probabilistic assessment of defence structures is recommended using the same benchmark value of the VaR.

Even though the presented methodology for our casestudy is based on a road segment exposed to a multihazard environment on a localscale, the approach can easily be transferred to other scales and other assessments for naturalhazard risk.

## References

ASTRA (2012): Naturgefahren auf Nationalstraßen: Risikokzept, Methodik für eine risikobasierende Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstraßen, Bundesamt für Straßen ASTRA, Bern.

Bründl M. (Ed.) (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern, 2009.

Bründl, M., Ettlin, L., Burkard, A., Oggier, N., Dolf, F. und Gutwein, P. (2015): EconoMe – Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren, Formelsammlung.

Fuchs, S., Heiss, K., Hübl, J. (2007): Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment, Nat. Hazards and Earth Syst. Sci., 7, 495–506, <https://doi.org/10.5194/nhess74952007>.

International Organisation for Standardisation (2009): Risk management – Principles and guidelines on implementation, ISO 31000, Geneva.

Merz, B., Thieken, A. H.: Flood risk curves and associated uncertainty bounds, Nat. Hazards, 51, 437–458, <https://doi.org/10.1007/s1106900994526>, 2009.

Oberndorfer, S., Fuchs, S., Rickenmann, D., Andrecs, P. (2007): Vulnerabilitätsanalyse und monetäre Schadensbewertung von Wildbachereignissen in Österreich, Bundesforschung und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, BFWBerichte 139/2007, Wien.

Oberndorfer, S., Sander, P., and Fuchs, S. (2020): Multihazard risk assessment for roads: Probabilistic versus deterministic approaches, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., <https://doi.org/10.5194/nhess202066>, in review.

PapathomaKöhle, M., Gems, B., Sturm, M., Fuchs, S. (2017): Matrices, curves and indicators: A review of approaches to assess physical vulnerability to debris flow, EarthSci. Rev. 171, 272288, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.007>.

RiskConsult GmbH: RIAAT Risk Administration and Analysis Tools, Manual, Version 28F01, Innsbruck, 2015.  
Sander, P. (2012): Probabilistische RisikoAnalyse für Bauprojekte. Entwicklung eines branchenorientierten softwaregestützten RisikoAnalyseSystems, University of Innsbruck, ISBN 9783902811752.

Špačková, O., Rimböck, A., Straub, D.: Risk management in Bavarian Alpine torrents: a framework for flood risk quantification accounting for subscenarios, in: Proc. of the IAEG Congress 2014, IAEG XII congress, Torino, Italy, 2014.

UNISDR (2004): Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives, United Nations Publication, Geneva.

# Präventiver Schutz von Kulturgütern vor Naturgefahren

MARTIN JUNG<sup>1</sup>, GERHARD HEISS<sup>1</sup>,  
CECILIE FOLDAL<sup>2</sup>, ROBERT JANDL<sup>2</sup>, GERHARD  
MARKART<sup>2</sup>, LEOPOLD STEPANEK<sup>3</sup>, FABIAN  
NAGL<sup>2</sup>, VERONIKA LECHNER<sup>2</sup>, BERNHARD KOHL<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>AIT Austrian Institute of Technology GmbH,

<sup>2</sup>Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft,

<sup>3</sup>Wildbach und Lawinenverbauung Österreich

[martin.jung@ait.ac.at](mailto:martin.jung@ait.ac.at), [cecilie.foldal@bfw.gv.at](mailto:cecilie.foldal@bfw.gv.at)

## Abstract

In addition to their intrinsic intangible value, tangible cultural assets also represent a significant social, societal, scientific, and economic factor and are increasingly threatened by natural hazards and the effects of climate change. Within the framework of the Alpine Space project CHEERS (Cultural HERitagE. Risks and Securing activities), existing action plans and guidelines for the protection of cultural assets in the Alpine region are being surveyed and evaluated. The aim of the project is to provide the responsible operators and owners of cultural assets with assistance and tools to prepare a risk assessment, to derive protective measures and to coordinate with the responsible emergency services. We present an easy and intuitive framework for risk assessment of exposed cultural objects. In addition, we provide a case study for Schloss Ambras in The Tyrol. It encompasses standard operational approaches of experts in natural hazard assessment. In the particular

case of Schloss Ambras surface water flow in the wake of heavy rain events was identified as a major risk factor. As remedy the experts recommend the maintenance of an existing drainage system and provided examples that may lead to malfunctioning of drainage. Further, a set of measures was recommended in the format of a check list for risk prevention. The recommended measures are practical, their implementation is inexpensive, and the relevance is easily understandable by clients who are not claiming expertise in natural hazards. The case study shows that the expertise in as different fields as curating natural heritage and disaster risk reduction can be merged to highly beneficial solutions. Moreover, it shows that knowledge of the responsibilities and the proactive interaction of different sectors of the administration can improve the protection of cultural heritage assets.

## Einleitung

Materielle Kulturgüter stellen neben ihrem immanenten ideellen Wert, auch einen wesentlichen wirtschaftlichen Faktor dar und werden zunehmend von Naturgefahren sowie den Auswirkungen des Klimawandels bedroht. In diesem Zusammenhang war das SendaiFramework (UNISDR, 2015) die erste größere Vereinbarung der Entwicklungsagenda nach 2015. Es bietet den Mitgliedsstaaten konkrete Maßnahmen in dem Sinne des Disaster Risk Reduction Ansatzes vor dem Risiko von Naturgefahren. Der Schutz des Kulturerbes wird explizit als Ziel des Abkommens genannt. In diesem Sinne hat auch das europäische Kulturerbejahr 2018 den Fokus auf das lokale Kulturerbe gerichtet, das wie die Bevölkerung und Infrastruktureinrichtungen ebenfalls Schutz vor Naturgefahren und Katastrophen und Sicherungs und Rettungsmaßnahmen benötigt. Dieser Gedanke hat sich auch in den regionalen Förderschienen der EU wie z.B. dem Interreg Alpine Space Programme (<https://www.alpinespace.eu/>) niedergeschlagen.

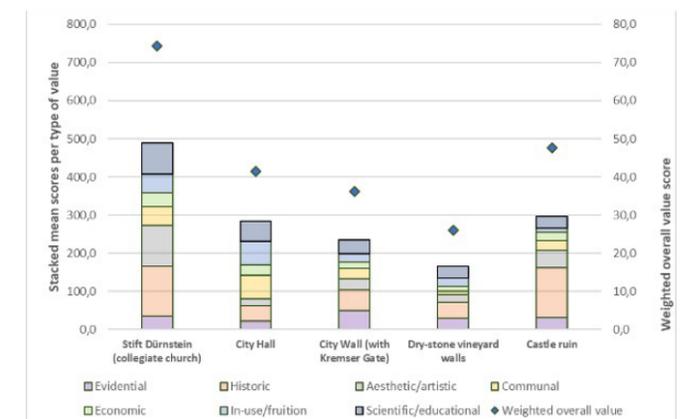
Im Rahmen des Alpine Space Projektes CHEERS (Cultural HERitagE. Risks and Securing activities) werden vorhandene Maßnahmenpläne und Richtlinien für Kulturgüterschutz im alpinen Raum erhoben und evaluiert. Diese Maßnahmenpläne stammen zumeist nicht von gesetzgebenden Körperschaften, sondern sind – wenn überhaupt vorhanden – von den lokalen Verantwortlichen von Kulturgütern und Kulturerbestandorten, wie Museen und Sammlungen, Kirchen und Klöstern, Burgen und Schlössern, u.a., individuell erstellt worden. Im Rahmen des Projektes CHEERS werden aus verschiedenen Regionen Erfahrungen gesammelt. Es wird versucht allgemein gültige Standards für eine Prävention von Schäden an Kulturobjekten bis hin zur Erstsicherung im Ernstfall zu definieren. Diese Standards sollen in den teilnehmenden Ländern bzw. Regionen im Rahmen ihrer gesetzlichen Vorgaben und Möglichkeiten umgesetzt werden. Die Valorisierung der einzelnen Kulturgüter und damit die Priorisierung von Schutzmaßnahmen kann allerdings nicht allgemein Länder übergreifend erfolgen, sondern muss und kann jeweils nur von lokalen Verantwortlichen entschieden werden. Valorisierungsansatz

Im Rahmen des Projektes wird das einzelne Kulturgut (Asset) als ein spezielles materielles Objekt des Kulturerbes, unabhängig davon, ob es mobil oder unbeweglich ist (z.B. ein Gemälde, eine Statue, ein Gebäude oder anderes), definiert. Danach kann das Kulturgut weiter in Gruppen (z.B. Gebäude, archäologische Stätten, Sammlungen usw.) zusammengefasst werden, die einzelne Objekte von gleichem oder annähernd gleichem Wert enthalten. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Festlegung des Bewertungsrahmens in Bezug auf die zu bewertenden Objekte. Um eine Evaluie-

rung der Kulturgüter (Verwendung im Sinne des Denkmalschutzgesetzes), die einerseits Informationen über den »Wert« eines Kulturgutes liefert als auch als Basis für eine spätere Priorisierung im Rahmen von Bergungsaktionen vor (für eine Notfallplanung) oder im Falle einer eingetretenen Naturgefahr oder Katastrophe dient, durchführen zu können, müssen Bewertungskategorien und gegeneinander mit Hilfe des Analytical Hierarchy Process (Saaty 1980) gewichtet. Die untersuchten Wertkategorien sind der Dokumentative Wert, der historische Wert, der ästhetisch-künstlerische Wert, gesellschaftliche Wert, der wirtschaftliche Wert, der Gebrauchswert und der wissenschaftlich-pädagogischer Wert. Die Ergebnisse dieses Gewichtungprozesses, die einen Mittelwert der Einschätzung von Experten, Interessierten aber auch Vertretern der Einsatzkräfte

zusammengesetztes Gremium darstellen, ist am Beispiel der Dürnsteins als Teil des Weltkulturerbes Wachau in Tabelle 1 und Abbildung 1 dargestellt.

Der Bewertungsprozess ergab, dass die Auswahl oder Verfügbarkeit eines ausgewogenen Teams von Interessenvertretern die Gewichtung je nach Sektor, aus dem die Vertreter kommen, wesentlich beeinflusst. So bewerteten die Experten aus Wissenschaft und Kulturgeschichte den historischen und wissenschaftlichen Wert signifikant höher als andere Teilnehmer. Die Valorisierung der einzelnen Kulturgüter und damit die Priorisierung von Schutzmaßnahmen kann allerdings nicht allgemein Länder übergreifend erfolgen, sondern muss und kann jeweils nur von lokalen Verantwortlichen entschieden werden.



**Abbildung 1: Verteilung der Wertebewertung für fünf Kulturgüter in Dürnstein: Mittelwertbewertung für einzelne Werttypen (linke Achse; gestapelte Balken) und gewichtete Gesamtwertung (rechte Achse; Raute).**

**Tabelle 1: Ergebnisse der Gewichtung für Dürnstein.**

Wertekategorie	Priorität	Rang
Dokumentativer Wert	15,5%	4
Historischer Wert	17,1%	2
Ästhetisch-künstlerischer Wert	12,4%	5
Gesellschaftlicher Wert	10,7%	6
Wirtschaftlicher Wert	8,6%	7
Gebrauchswert	16,4%	3
Wissenschaftlich/pädagogischer Wert	19,3%	1

## Rasche Abschätzung der Gefährdung durch Naturgefahren durch NichtExperten

Da eine Bewertung von Kulturgütern durch eine Gefährdung durch Naturgefahren normalerweise nicht Teil einer Sicherheitsbewertung ist, sondern zumeist Abschätzungen und Pläne nur für verschiedene anthropogen induzierte Bedrohungen (Diebstahl, Brand, etc.) existieren, wurde ein einfaches Abschätzungstool (Fast Risk Assessment Tool for Cultural Heritage [FRATCH]) für NichtExperten entwickelt. In diesem Tool hat der Eigentümer/Verwalter von Kulturgut/Kulturgütern ein Werkzeug zur Hand mit dem eine erste Einschätzung der Gefährdung möglich ist. Basierend auf Integrated Research on Disaster Risk (2014) können verschiedene Gefahrenfamilien und Naturgefahren ausgewählt und in Bezug auf Exposition (von »0« oder »vernachlässigbar« bis »10« oder »unabwendbar«) und Vulnerabilität (von »0« oder »vernachlässigbar« bis »10« oder »unabwendbar«) bewertet werden. Als weiterer Parameter fließen auch bereits bestehende Maßnahmen ein (von »0« oder »keine Maßnahmen implementiert« bis »10« oder »Vollständige Kontrolle von Katastrophen/Naturgefahren«) (Abbildung 2).

Aus diesen Bewertungen wird zuerst eine Gesamtvulnerabilität (aus Exposition, Vulnerabilitätsabschätzung) errechnet und über Einbeziehung des gegenwärtigen Niveaus der (Reaktions) Maßnahmen Wahrscheinlichkeitsrangpunkte vergeben, die in Kombination mit einer Risikomatrix (Abbildung 3) eine Ersteinschätzung des Risikos ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Ersteinschätzungen ist für ausgewählte Assets in Dürnstein in Abbildung 4 zu sehen.

Basierend auf dieser Ersteinschätzung sollten bei einem entsprechenden Gefährdungspotenzial weitere Untersuchungen erfolgen.

### Weiterführende Untersuchung am Beispiel Schloss Ambras, Innsbruck

Als eine Fallstudie in Österreich wurde das Schloss Ambras ausgewählt. Der Ort ist von unbestrittener kultureller Relevanz, sowohl

Climatological Men Hazards		Very Low	Low	Moderate	High	Very High	
Wildfire	Likely	Inevitable	300	No measures in place	8	80	L6

Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Bewertungstool (hier für das Stift Dürnstein für Erdbeben).

Severity Weighted average severity score (based on responses provided for vulnerability, exposure and response measures)	Likelihood ranking Likelihood ranking score		Very Low 0 - 2	Low 2 - 4	Moderate 4 - 6	High 6 - 8	Very High 8 - 10
	Insignificant 0 - 10	VL1	VL2	L3	L4	M5	M6
Minor 11 - 25	VL2	L3	L4	M5	M6	H7	H8
Moderate 26 - 50	L3	L4	M5	M6	H7	H8	VH9
Major 51 - 75	L4	M5	M6	H7	H8	VH9	
Catastrophic 76 - 100	M5	M6	H7	H8	VH9		

Abbildung 3: Risikomatrix.

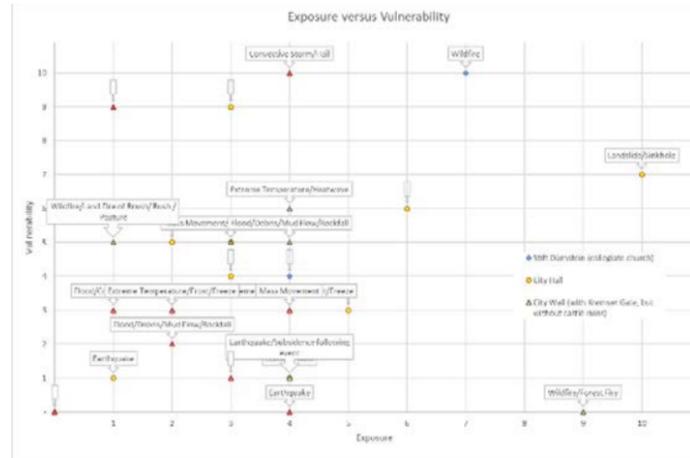


Abbildung 4: Vulnerabilität versus Exposition verschiedener Kulturgüter in Dürnstein unter Berücksichtigung verschiedener identifizierter möglicher Naturgefahren.

wegen der baulichen Qualität des Renaissanceschlusses und dessen Parkanlage als auch wegen der Sammlungen (z.B. Kunst und Wunderkammer« Erzherzog Ferdinands II). Als mögliche augenscheinliche und vorhersehbare Naturgefahren sind hauptsächlich Starkniederschläge, Stürme und Waldbrände anzusehen. Für derartige Risiken liegen detaillierte Maßnahmen und Notfallpläne vor, die von den Verantwortlichen aufgrund ihrer Erfahrungen ausgearbeitet wurden. Diese Pläne beziehen sich auf Maßnahmen, die im und am Schloss durchgeführt werden. Sie beinhalten jedoch keine vorbeugenden und umfassenderen Maßnahmen in der Umgebung des Schlosses, welche für Experten, die sich mit Naturgefahren befassen, offensichtlich wären. Solche Vorsorgepläne würden in der Regel auch den Zuständigkeitsbereich der Verwaltung des Kulturgutes überschreiten, sowohl in räumlicher als auch in juristischer Hinsicht.

Der Gefahrenzonenplan der Wildbach und Lawinverbauung (WLV) weist die Schlucht des Lanserbaches und seine Hänge östlich des Schlosses als rote Zone mit hoher Gefährdung aus, nicht aber das Schlossareal

selbst. Im Sommer 2016 kam es in Folge eines extremen Niederschlagsereignisses zu einem Ausbruch des Sistranser Baches in Aldrans, der Gemeinde oberhalb von Schloss Ambras. Der dadurch ausgelöste massive Oberflächenabfluss konzentrierte sich in Richtung der Zufahrtsstraße zum Schloss Ambras, so dass diese überflutet und das Schloss damit unzugänglich war (Abbildung 5, Abbildung 6).

In der Analyse der Gefahrensituation in der Umgebung von Schloss Ambras konnte festgestellt werden, dass solche Überschwemmungen durch die gezielte Ableitung der bei Starkregen anfallenden Oberflächenwässer weitgehend vermieden werden können. Umfangreiche Geländebegehungen und eine im Zuge der Felderhebungen erstellte Oberflächenabflussbeiwertkarte zeigten, dass ein allfälliger Mehranfall von Oberflächenwässern bei Starkregen aufgrund ausreichend vorhandener Durchlässe und Entwässerungskanäle für den Gebäudekomplex von Schloss Ambras schadlos abgeleitet werden kann. In der Realität können jedoch solche Durchlässe, Ableitungen und Kanäle verlegt sein. In einem solchen Fall ist der Wasser-

abfluss vorübergehend nicht gewährleistet und Folgeschäden sind zu erwarten.

Am Beispiel von Schloss Ambras konnte gezeigt werden, dass eine Analyse des lokalen Gefährdungspotentials mit Standardwerkzeugen von Experten mit geringem Aufwand möglich ist. Aus der Analyse können Verbesserungsmöglichkeiten abgeleitet werden und es kann dadurch das Bewusstsein für die Relevanz von einfachen Präventionsmaßnahmen erhöht werden kann. Andererseits können unterlassene Vorsorgemaßnahmen zu erheblichen Schäden an Kulturgütern führen. Dies wurde deutlich am Beispiel von temporär verlegten AbflussEinrichtungen. In der Folge kam es im oben beschriebenen Schadereignis zu OberflächenAbfluss und zu einer Hangrutschung, die erhebliche Schäden und Kosten verursacht hat. Zudem trat der dem Schloss Ambras nahegelegene Lanserbach aus seinen Ufern. Die AbflussSituation und die Überschwemmungsgefahr wurden dadurch verschärft. Außerdem wurde durch die Rutschung die Zufahrtsstraße verlegt, sodass die Experten des Kulturgüterschutzes einen erschwerten Zugang zum Kulturobjekt (Schloß Ambras) hatten. Die relevanten Schutzaktivitäten waren dadurch erschwert, verzögert oder sogar verhindert.

In der Analyse wurde außerdem die behördliche Zuständigkeit geklärt. Im konkreten Fall ist die Gemeinde (Bürgermeister) als 1. Instanz für die Erhaltung der Sicherheit der Bevölkerung zuständig, weiters der Eigentümer der betroffenen Fläche, der z.B. in den Bach gefallene Bäume entfernen muss.

Nach dem Schadensfall des Jahres 2016 wurden die Wasserableitungseinrichtungen ausgebaut. Als wichtigste Maßnahmen seitens der Experten wurden identifiziert:

- Kontakt mit dem Forstamt der Stadt Innsbruck, in deren Zuständigkeit die Betreuung der Wildbäche liegt. Eine Darstellung der Herausforderung im interbehördlichen Dialog ist notwendig.
- Offenhaltung des vorhandenen DrainageSystems
- Räumung des benachbarten Lanserbaches von Objekten, die zu Überschwemmungen führen können. Erneuerung der Uferleitwerke am Lanserbach.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse des Bewertungsprozesses haben gezeigt, dass die Auswahl der Mitglieder eines Bewertungsteams maßgeblichen Einfluss auf die erzielten Resultate hat. In diesem Sinne ist auf eine möglichst ausgewogene Zusammensetzung zu achten. Dies gilt besonders in Hinblick auf Kulturgüter, die zwar von wissenschaftlichen Experten als von historischkünstlerisch von geringem Wert eingestuft würden, aber einen enormen gesellschaftlichen Wert aufweisen, in einer reinen Expertenbewertung gering priorisiert werden würde.

Diese Erkenntnis hat auch Auswirkungen auf den weiteren Verlauf des Projektes CHEERS, in dem Notfallpläne für den Schutz und Rettung von Kulturgütern exemplarisch an Testlokalitäten entwickelt und in Folge allgemeine Regeln abgeleitet werden sollen.



Abbildung 5: Überflutete Zufahrtsstraße (© KHMMuseumsverband, Schloss Ambras).



Abbildung 6: Überflutete Zufahrtsstraße und Stauwirkung der Begrenzungsmauer (© KHMMuseumsverband, Schloss Ambras).



Abbildung 7: Gefährdungspotential durch den Lanserbach in unmittelbarer Nähe des Schloss Ambras. Linkes Bild: Holzstücke blockieren den Abfluss des Lanserbaches. Zuständigkeit: Gemeinde und Grundbesitzer. Rechtes Bild: Uferleitwerk ist unterbrochen Gefahr der Erosion bei Starkregen. (Fotos © G. Markart).

Um diesen Prozess und das Bewusstsein bei Verwaltern bzw. Eigentümern von Kulturgütern in Hinblick auf Naturgefahren zu schärfen, wurde das FRATCH entwickelt, um Eigentümern von Kulturgütern ein leicht anwendbares Abschätzungswerkzeug zur Verfügung zu stellen. Dieses sollte als Startpunkt für die kritische Betrachtung des Standortes/Kulturgutes und die Entwicklung von Maßnahmen und Notfallplänen dienen.

### Literaturverzeichnis

- Saaty, T.L. (1980): The analytic hierarchy process. McGrawHill, New York.  
 UNISDR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 20152030. UNISDR, 36p., Geneva, Switzerland.

# »Ohne Akzeptanz ist eine Technologie sinnlos« – Technische Systeme im Einsatzverfahren

BETTINA POSPISIL, WALTER SEBÖCK

Organisation(en):

DonauUniversität Krems

[bettina.pospisil@donauuni.ac.at](mailto:bettina.pospisil@donauuni.ac.at), [walter.seboeck@donauuni.ac.at](mailto:walter.seboeck@donauuni.ac.at)

## Abstract

Kommt es zu einem CBRNVorfall, sind die wesentlichsten Herausforderungen für Einsatzkräfte die schnellstmögliche Detektion und Identifikation der jeweiligen Stoffe. Dabei geht in Bezug auf die zu treffenden Maßnahmen aufgrund der langen Analyse-Dauer wertvolle Zeit verloren. Bedingt durch das steigende Aufkommen terroristischer Attentate gewinnt dieses Thema weltweit und auch in Österreich eine zunehmende Bedeutung. Aus diesem Grund haben sich ExpertInnen aus den Bereichen Wissenschaft, Technologie, CBRNStoffe und Mobilität im Rahmen des FFG Projektes »CBRN City Sensor Network« zusammengeschlossen, um mit Unterstützung von Ministerien sowie Blaulichtorganisationen einen Sensor zu entwickeln, der bei CBRNSzenarien die Detektion und Identifikation dieser Stoffe unterstützt. In weiterer Folge sollen die bestehenden Einsatzabläufe und -verfahren in Zusammenarbeit mit den Einsatzkräften weiterentwickelt und in Hinblick auf CBRNSzenarien angepasst werden. Am Beispiel des Sensors können Herausforderungen formuliert werden, mit denen die Einsatzkräfte konfrontiert sind, wenn ein technisches System bzw. dessen handlungsleitende Informationen sinnvoller und vorteilhafterweise in den bestehenden Einsatz und Notfallmanage-

mentprozess integriert werden sollen. Diese Ausführungen zeichnen ein klares Bild von der Notwendigkeit der permanenten Weiterbildung der MitarbeiterInnen, um diese assistierenden Technologien kompetent und sinnvoll zu nutzen. Auf der Grundlage von ExpertInnen-Interviews konnten im Rahmen der Studie fünf Bereiche identifiziert werden, in denen es bei der Entwicklung eines CBRNSensors zu unterschiedlichen Herausforderungen kommt: (1) Die Erkennung und angemessene Reaktion auf CBRNVorfälle, (2) die Anpassung des Sensors an die bestehenden Rahmenbedingungen des Notfallmanagements, (3) die Anschlussfähigkeit des Sensors für Personen und Situationen, (4) die Akzeptanz des Sensors durch die NutzerInnen und (5) die Weiterentwicklung des Notfallmanagements. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen, dass eine Technologieentwicklung höherer Ansprüche genügen muss, als ausschließlich technischen und belegt damit eindrucksvoll die Notwendigkeit und Wichtigkeit der Einbeziehung zukünftiger TechnologieNutzerInnen in komplexen und kritischen Arbeitsbereichen, um deren Erfahrungen sowie Kritikpunkte einbinden zu können.

## Einleitung

»Das würde bei uns genauso passieren« mit diesem Satz kommentierte ein Interviewpartner den Giftgas-Anschlag auf die U-Bahn in Tokio im Jahr 1995. Die späte Detektion und Identifikation von CBRNStoffen stellen derzeit eine wesentliche Herausforderung angesichts rascher und zielgerichteter Maßnahmen der Sicherheitsbehörden in solchen Fällen dar. Auch in Österreich gewinnt dieses Thema in den letzten Jahren angesichts des steigenden Aufkommens terroristischer Anschläge an Bedeutung.

Um dieser Bedrohung entgegenzutreten, empfehlen wissenschaftliche Studien neben einer verstärkten Bewusstseinsbildung der Gesellschaft, neue Ansätze in Bezug auf eine schnellere Gefährdungserkennung sowie die Schulung der Einsatzkräfte und die Weiterentwicklung der vorhandenen Ausstattung (Holloway et al. 1997). Während ein CBRNSensor diesen Ansprüchen entgegenkommen würde, geht er jedoch ebenso mit großen Herausforderungen einher. Wird von der Unterstützung komplexer Arbeitsfelder durch Technologien gesprochen, ist es wichtig, den Einfluss dieser neuen Technologien auf bestehende Prozesse und Arbeitsroutinen zu berücksichtigen: »Often, decisions regarding the implementation of such technologies are made with limited foreknowledge of the degree to which such systems will alter existing work practices and impact work performance (negatively as well as positively).« (Pennathur et al. 2007, S. 378) Dazu ist es notwendig, bestehende Prozesse, Aktivitäten aber auch Einstellungen der potenziellen NutzerInnen zu verstehen, um diese in die Technologieentwicklung miteinzubeziehen. Nur so können die für die NutzerInnen tatsächlich notwendigen Funktionen von der neuen Technologie abgedeckt werden (Pennathur et al. 2007). Dadurch erlangt diese erst ihre Sinnhaftigkeit, was wiederum ihre Akzeptanz und somit auch die Wahrscheinlichkeit ihrer Anwendung durch die NutzerInnen erhöht (Grabowski et al. 2018).

Angesichts dieses Informationsstandes, schlossen sich ExpertInnen aus den Bereichen Wissenschaft, Technologie, CBRNStoffe und Mobilität im Rahmen des FFG-Projektes »CBRN City Sensor Network« zusammen, um mit der Unterstützung von Ministerien und Blaulichtorganisationen an einem technischen Tool zu arbeiten, welches bei solchen Szenarien praktisch unterstützen kann. Darüber hinaus sollen bestehende Einsatzverfahren in Zusammenarbeit mit den Einsatzkräften bestmöglich adaptiert und weiterentwickelt werden. Um diese Ziele zu erreichen, galt es herauszufinden, (1) wie MobilitätspartnerInnen und Einsatzkräfte derzeit mit CBRNVorfällen umgehen und (2) was es bedeuten würde, bestehende Prozesse mit einem technischen Sensor zu erweitern. Dieser Artikel fokussiert auf die zweite Fragestellung. Ausgehend vom Beispiel des Sensors, können somit Herausforderungen erläutert werden, welche sich stellen, sobald ein technisches System für die Stakeholder sinnvoll und vorteilhaft in den bestehenden Krisen bzw. Notfallmanagementprozess eingebunden werden soll. Der Schwerpunkt dieses Artikels liegt dabei auf den für die AkteurInnen im Feld relevanten Herausforderungen in der Interaktion mit einem technischen Sensor, welche bereits bei dessen Entwicklung berücksichtigt werden sollten.

## Methode

Um die dargestellten Fragestellungen zu adressieren, wurden insgesamt vier qualitative und leitfadengestützte ExpertInnen-Interviews (Lamnek 2005) in Kleingruppen im Zeitraum von April 2019 bis März 2020 durchgeführt. Dazu wurden sowohl MobilitätspartnerInnen wie die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB), die Wiener Linien (WL), strategische PartnerInnen wie das Bundesministerium für Inneres sowie Blaulichtorganisationen, wie die Berufsfeuerwehr Wien befragt. Insgesamt konnten so Gespräche mit zehn Personen geführt werden. Die Interviews wurden aufgezeichnet, wörtlich transkribiert und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) codiert.

## Ergebnisse

Während die erhöhte Sicherheit durch eine schnelle Mehrinformation ein wesentliches Argument für die Entwicklung und den Einsatz eines Sensors für CBRNLagen ist, geht eine solche Umstellung auch mit einigen Herausforderungen einher. Obwohl diese gegenüber dem umfassenden Ziel der Sicherheitserhöhung vernachlässigbar erscheinen mögen, ist es von großer Bedeutung sie bei der Technologieentwicklung zu berücksichtigen, um nicht gegenläufige Effekte zu erzielen. In Anbetracht der Erkenntnisse aus den Interviews mit den Einsatzorganisationen und den MobilitätspartnerInnen werden an dieser Stelle fünf Bereiche formuliert, in denen es bei der Interaktion mit einem CBRNSensor zu unterschiedlichen Herausforderungen kommt. Diese werden mit anonymisierten Zitaten aus den Interviews veranschaulicht. Die Abbildung 1 liegt dem umfassenden Datenmaterial der Interviews zu Grunde und bildet die verschiedenen Gebiete ab, auf welchen es zu Herausforderungen kommt. Im Folgenden werden diese näher erläutert.

## CBRNVorfälle erkennen und reagieren

Zunächst stellt der CBRNVorfall an sich eine Herausforderung dar. So zählen Vorfälle prinzipiell zwar zum Alltag, wenn es sich um Bereiche mit hohem Personenaufkommen handelt, Szenarien mit der Ausbreitung von CBRNSubstanzen treten jedoch extrem selten auf und stellen somit eine Ausnahmesituation dar. Die Schwierigkeit für die MitarbeiterInnen der MobilitätspartnerInnen und der Blaulichtorganisationen liegt zunächst und vor allem darin das notwendige Bewusstsein für CBRNLagen für die demnach angemessene Wahrnehmung der Situation aufzubringen. Da CBRNStoffe zumeist nicht sichtbar sind, werden Gefahrensituationen oftmals erst durch ihre Auswirkungen erkennbar. Kommt es tatsächlich zu einem Verdacht, braucht es das passende Equipment, um den Gefahrenstoff tatsächlich festzustellen und nachzuweisen. Diese Herausforderung könnte mittels eines technischen Sensors, welcher bei der Detektion von CBRNSubstanzen Alarm schlägt, adressiert werden. Trifft dieser Umstand ein, so braucht es jedoch darüber hinaus adäquate und vordefinierte Maßnahmen zum richtigen Umgang mit dieser Mehrinformation. Nachdem bisher die Feststellung der Substanz einzig durch die Einsatzorganisationen stattfindet, liegt den MobilitätspartnerInnen aktuell kein Notfallplan für den Umgang mit CBRNLa-

gen vor. Somit bedarf es Überlegungen dazu, welche Erstmaßnahmen in solchen Situationen sinnvoll sind. Mit der Mehrinformation, dass es sich um eine CBRN Lage handelt, wächst somit auch die Verantwortung der MobilitätspartnerInnen richtig mit der Situation umzugehen. Somit verändert der Einsatz eines technischen Sensors nicht nur, wann eine Information zur Verfügung steht, sondern auch, wer als erster darauf reagieren kann. Diese Verschiebung bestehender Verantwortlichkeiten stellt eine der größten Herausforderungen für MobilitätspartnerInnen dar: »Das ist der erste Schritt, wo eigentlich die Mitarbeiter dann der Wiener Linien und ÖBB sensibilisiert werden müssen, weil die sind die ersten die damit umgehen müssen. Denen gehören die ersten fünf Minuten vor Ort und in den ersten fünf Minuten können sie alles falsch oder auch richtig machen.«

### Sensor als Teil des Notfallmanagements

Um ein/e AkteurIn im Notfallmanagement zu sein, muss ein technischer Sensor gewissen Rahmenbedingungen entsprechen. Folglich sollte sich das Tool an der Bedienbarkeit durch die NutzerInnen als auch an den Prinzipien Beständigkeit und Flexibilität orientieren. Dabei sollte der Sensor nicht als Einzelkomponente, sondern als Teil eines Systems bzw. eines Netzwerkes gedacht werden und sich an die gegebenen Rahmenbedingungen anpassen. Das bedeutet einerseits, dass die Einbindung des Sensors in den Einsatzprozess im Sinne der Planbarkeit im Vorfeld geregelt sein sollte und andererseits, dass dessen bereitgestellte Informationen flexibel einsetzbar werden sollten. Ein wichtiger Bestandteil dieses Balanceaktes ist das frühzeitige definieren von Prozessen und Routinen: »Wir versuchen sozusagen sehr viel Grips schon vorher hineinzustecken: welche Fahrzeuge wir alarmieren und welche Routinen wir definieren. Und dann ist es uns eigentlich wurscht was genau es (Anm.: der Grund des Einsatzes) ist.« Außerdem sollte das Gerät an den MitarbeiterInnen orientiert, sprich einfach zu handhaben sein, um die Komplexität der Situation zu reduzieren. Das bedeutet auch, die Vulnerabilität des Sensors als Teil dieses kritischen Einsatzfeldes, im Sinne der Verlässlichkeit so gering wie nur möglich zu halten. Jedes technische Gerät bringt unterschiedliche Schwachstellen mit sich, die sie an der Durchführung ihrer Funktionen hindern

können. Ist ein Gerät jedoch für eine Aufgabe abgestellt, vertrauen die MitarbeiterInnen darauf, diese Information gegebenenfalls zu erhalten. Aus diesem Grund ist die anhaltende Funktionstüchtigkeit möglichst zu gewährleisten.

### Anschlussfähigkeit für Personen und Situationen

In Bezug auf den gesamten Einsatzverlauf bei CBRN Lagen ist eine der wesentlichsten Herausforderungen, die notwendige Anschlussfähigkeit des Sensors an bestehende Prozesse und Informationskanäle. Diese Anschlussfähigkeit meint einerseits, dass die AkteurInnen verschiedene Verantwortlichkeiten in einer CBRN Lage haben, die andersgeartete Informationen bedürfen. Demnach sollten die Zielgruppen differenziert werden und der Sensor beispielsweise MobilitätspartnerInnen andere Informationen zur Verfügung stellen, als der Berufsfeuerwehr. So kann jede Organisation auf die Informationen zurückgreifen, welche ihr bei der Erfüllung ihrer Aufgaben helfen und die Komplexität für die MitarbeiterInnen wird nicht unnötig erhöht. Andererseits bedeutet Anschlussfähigkeit, dass die durch den Sensor zur Verfügung gestellte Information mit zusätzlichen Beobachtungen ergänzt werden kann. Der Sensor liefert eine sehr bedeutende Auskunft, die jedoch gleichzeitig nicht allumfassend ist. Der Sensor

beschränkt sich auf die Messung von quantitativen Kennzahlen, welche in Bezug auf Stoff, Konzentration und Ausbreitung interpretiert werden können. Bei einem Vorfall werden jedoch weitaus mehr Informationen in den Phasen der Wahrnehmung, Meldung, Bewertung und Überprüfung der Situation gesammelt. Diese vom Menschen durch Beobachtungen, Erfahrung oder auch Bauchgefühl gesammelten qualitativen Informationen, sind von großer Bedeutung für die Situationseinschätzung. So kann der Sensor beispielsweise eine CBRN Lage feststellen, jedoch nicht, ob diese mit Absicht herbeigeführt wurde (z.B. Terror) oder unabsichtlich passierte (z.B. Unfall). Diese Information ist sehr entscheidend für die Vorfallstheorie und hat somit einen Einfluss auf die Sicherheitsmaßnahmen, die von den AkteurInnen gesetzt werden und somit auf den gesamten Einsatzprozess: »Die Problematik ist (...) wenn ich von einem Anschlag ausgehe, schaue ich mir alles was herumliegt besonders an. Warum? Es könnte ein Terrorist dabei sein, es könnte dieses Secondary Device sein, was ja auch schon in der Vergangenheit öfters vorgekommen ist: Ich mache einen kleinen Anschlag oder auch größeren und der richtig gescheite der ist dann, wenn alle drauf sind und alle hinkommen. Auch das spielt schon in unserem Hinterkopf mit. Das heißt die Awareness oder die Aufmerksamkeit wird sicher dann wesentlich höher sein.« Für die Praxis bedeutet dies, dass von den

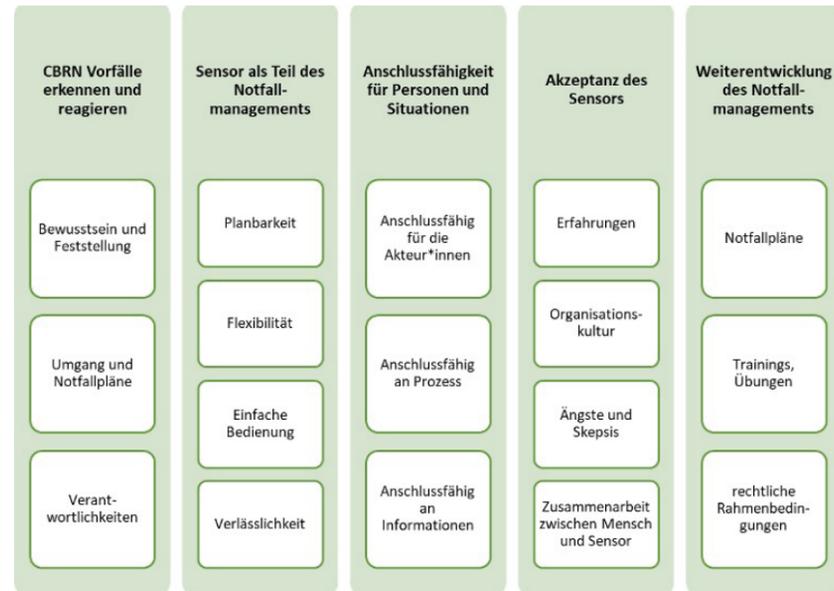


Abbildung 1: Darstellung der Herausforderungen in Form einer ThemenMap.

Messdaten alleine ausgehend keine automatischen Schritte abgeleitet werden sollten. Reaktionen sollten sich auf das Gesamtbild des Vorfalls beziehen.

### Akzeptanz des Sensors

Selbst wenn das Bewusstsein gegeben ist, dass CBRNVorfälle eine reale Gefahr darstellen, bedeutet dies nicht automatisch, dass die MitarbeiterInnen der unterschiedlichen Organisationen einen technischen Sensor zur Detektion gutheißen oder akzeptieren. Diese Akzeptanz des technischen Gerätes ist eine wesentliche Notwendigkeit, um eine Zusammenarbeit zwischen Mensch und Sensor zu gewährleisten. Die MitarbeiterInnen sowohl der MobilitätspartnerInnen als auch der Blaulichtorganisationen blicken auf unterschiedliche Erfahrungen zurück, welche in Zusammenhang mit der Organisationskultur ihre Einstellung und Beziehung zu Technologien beeinflussen. Skepsis gegenüber der Sinnhaftigkeit einer Technologie genauso wie die Angst vor einer Abhängigkeit oder der Rationalisierung durch Technologien sind Gründe für die Ablehnung von neuen Geräten. Nur wenn die MitarbeiterInnen, die direkt mit dem Sensor agieren, diesen akzeptieren, wird sich dessen volles Potenzial entfalten und eine Zusammenarbeit zwischen Sensor und MitarbeiterIn möglich sein. Dafür ist es notwendig, die Bedenken der MitarbeiterInnen in Erfahrung zu bringen, diese ernst zu nehmen und durch Schulungen und Weiterbildungen zu adressieren. Die Organisationen können die MitarbeiterInnen dahingehend unterstützen, indem sie die hohe Bedeutung dieser für den Prozess der Informationsgewinnung herausstreichen und sie somit in ihren Aufgaben bestärken. Technische Geräte wie der CBRNSensor werden somit als dringend notwendige Unterstützung für die MitarbeiterInnen positioniert und nicht als deren Ersatz: »Der Mitarbeiter braucht ein Hilfswerkzeug. Wie gesagt, wir haben Millionen von Sachen die wir überwachen, wenn ich da 30 oder 40 Prozent nach meinem Gutdünken entscheiden kann oder soll, ist die Fehlerquelle einfach zu hoch.«

### Weiterentwicklung des Notfallmanagements

Da ein CBRNSensor zu Veränderungen im Notfallprozess führt, sollte seine Entwicklung gleichzeitig eine Weiterentwicklung der bestehenden Notfallpläne, die Weiterbildung der MitarbeiterInnen und die Abklärung der Rahmenbedingungen adressieren. So geht für einige AkteurInnen das frühzeitige Mehr an Informationen mit einem Mehr an Verantwortung und Notwendigkeiten einher. Davon sind vor allem die MobilitätspartnerInnen betroffen. Diese benötigen Informationen zu den geeignetsten Maßnahmen in solchen Situationen und eine Weiterentwicklung der bestehenden Notfallpläne auf CBRN Lagen. Die Entwicklung eines Sensors sollte immer auch die MitarbeiterInnen berücksichtigen, welche das Tool nutzen werden. Diese sind mit einem neuartigen Thema und neuen Aufgaben konfrontiert, die der Bewusstseinsbildung und des Trainings bedürfen, um angemessen darauf reagieren zu können: »Wenn wir den Mitarbeitern so ein Gerät in die Hand drücken oder es in der Leitstelle aufstellen, sehe ich bei uns die Aufgabe die Mitarbeiter auf die Nutzung dieses Gerätes soweit vorzubereiten, dass sie diese Information dann auch sinnvoll nutzen können.« Außerdem ist es notwendig den Umgang mit dem CBRNSensor kennenzulernen und zu üben. Zu guter Letzt benötigt die Einbindung eines neuen technischen Gerätes die Festlegung von rechtlichen Rahmenbedingungen. So sollte

schon bei der Entwicklung berücksichtigt werden, wer für den Output des Sensors, die Überwachung der Daten, die Finanzierung und Wartung der Geräte und mögliche Falschalarme verantwortlich ist.

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen einmal mehr, dass die Technologieentwicklung weitaus mehr Ansprüchen genügen muss, als den rein technischen. Am Beispiel eines CBRNSensors zeigt sich, dass die Entwicklung dieser Technologie sowohl die Rahmenbedingungen der aktuellen CBRNEinsatzprozesse und des Notfallmanagements an sich als auch die Anschlussfähigkeit für Personen und Situationen, die Akzeptanz durch die NutzerInnen und die Weiterentwicklung des Notfallmanagements berücksichtigen sollte. Somit ist eine Technologieentwicklung nur dann erstrebenswert, wenn sie für die NutzerInnen Sinn macht und Hand in Hand mit einer Bewusstseins und Weiterbildung der NutzerInnen geht. Nur so ist in weiterer Folge eine sinnvolle Implementierung der neuen Technologie in bestehende Prozesse denkbar: »Das Wichtigste ist, dass man das Ohr an den Mitarbeitern hat, die wirklich draußen sind und ihnen zuhört. Dann weiß man ganz genau was sie brauchen und das sind oft wirklich ganz banale Dinge. (...) Sonst fehlt die Akzeptanz und dann ist es sinnlos.« Besonders in Hinblick auf diese mannigfaltigen Herausforderungen, die die Einbindung eines technischen Gerätes in bestehende Prozesse bereithält, ist es sehr wichtig, speziell in komplexen und kritischen Arbeitsbereichen die zukünftigen NutzerInnen einzubeziehen und ihre Erfahrungen, Hoffnungen aber auch Zweifel ernst zu nehmen.

### Anmerkung

Die Ergebnisse dieses Artikels berufen sich auf das Forschungsprojekt »CBRN City Sensor Network« das im Sicherheitsforschungsförderprogramm KIRAS des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus finanziert wird.

### Literaturverzeichnis

Grabowski, M., Rowen, A., & Rancy, J. (2018): Evaluation of wearable immersive augmented reality technology in safetycritical systems. *Safety Science*, 103, S. 2332.  
Holloway, H. C., Norwood, A. E., Fullerton, C. S., Engel, C. C., Ursano, R. J. (1997): The Threat of Biological Weapons: Prophylaxis and Mitigation of Psychological and Social Consequences. *Journal of the American Medical Association*, 278 (5), S. 425427.  
Lamnek, S. (2005): *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.  
Mayring, P. (2000): *Qualitative Content Analysis*. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 1 (2), Art. 20.  
Pennathur, P., Bisantz, A., Fairbanks, R., Perry, S., Zwemer, F., & Wears, R. (2007): Assessing the Impact of Computerization on Work Practice: Information Technology in Emergency Departments. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 51 (4), S. 377381.

# Ein europaweiter Strom Infrastruktur sowie Versorgungsausfall (»Blackout«)

HERBERT SAURUGG

Experte für die Vorbereitung auf den Ausfall lebenswichtiger Infrastrukturen

office@saurugg.net

## Abstract

Ein plötzlicher, überregionaler, weite Teile Europas betreffender und länger andauernder Strom, Infrastruktur sowie Versorgungsausfall, ein sogenanntes Blackout, würde in Europa wohl zur größten Katastrophe nach dem Zweiten Weltkrieg führen. Dies, weil weder die Menschen, Unternehmen noch der Staat selbst auf einen derart weitreichenden Infrastruktur und Versorgungsausfall vorbereitet sind. Durch die generelle sehr hohe Versorgungssicherheit mit allen lebenswichtigen Gütern fehlt es so gut wie überall an den erforderlichen Rückfallebenen. Die Situation wird durch die hoch opti-

mierte, strom und telekommunikationsabhängige JustinTime und JustinProcessLogistik verschärft. Obwohl das Österreichische Bundesheer ein solches Ereignis binnen der nächsten fünf Jahre als sehr wahrscheinlich einstuft, wurde bisher kaum darauf reagiert. Menschen orientieren sich grundsätzlich an dem, was sie bereits erlebt haben. Daher fehlen hier die Vorstellungskraft und Bereitschaft, eine breite Vorsorge zu treffen. Eine gefährliche Kombination im Umgang mit systemischen, existenzgefährdenden Risiken.

## Das europäische Stromversorgungssystem

Das europäische Stromversorgungssystem ist das größte und verlässlichste der Welt. Wie jedoch der Verband der europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ENTSOE) in Folge des Blackouts 2015 in der Türkei festgestellt hat, gibt es kein hundertprozentig sicheres System: »A large electric power system is the most complex existing manmade machine. Although the common expectation of the public in the economically advanced countries is that the electric supply should never be interrupted, there is, unfortunately, no collapsefree power system.« (ENTSOE 2015)

## Kritischen Systemeingriffe nehmen zu

Seit Jahren steigen die Herausforderungen und die erforderlichen kritischen Systemeingriffe, um die Systemstabilität aufrecht erhalten zu können. 2011 wurden durch die in Österreich systemverantwortliche Austrian Power Grid (APG) noch 2 Millionen Euro für Engpassmanagementmaßnahmen aufgewandt. 7 Jahre später, 2018, waren es bereits 346 Millionen Euro. Während 2011 noch im gesamten Jahr 2 Eingriffe erforderlich waren, waren diese 2018 bereits an 301 Tagen notwendig. Durch die Strommarktauftrennung zwischen Österreich und Deutschland im Oktober 2018 sanken die Kosten 2019 wieder auf 244 Millionen Euro. Die rein innerösterreichischen Kosten sind jedoch weiter gestiegen, da es durch den fehlenden 380kVRingschluss in Salzburg zu erheblichen Ausgleichsproblemen kommt (APG 2020). Zuvor wurden 2/3 der Kosten durch deutsche Netzbetreiber verursacht und bezahlt.

Neben den »Störungen« aus dem Strommarkt (Business Insider 2020) führt vor allem die volatile Erzeugung von Strom aus Photovoltaik und Windkraftanlagen zu den zunehmend häufiger werdenden Netzininstabilitäten. Dies ist auf ein Designproblem bei der Installation von Erzeugungsanlagen, jedoch kaum auf der Pufferung und Speicherung, welche in einem System, wo permanent die Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch sichergestellt werden muss, von zentraler Bedeutung ist. Auch der durch die neuen Erzeugungsstrukturen erforderliche Infrastruktur und Netz-anpassungsbedarf ist in Verzug.

Hinzu kommt, dass mit dem Stilllegen von konventionellen Kraftwerken auch systemrelevante rotierende Massen (»Momentanreserve«) außerbetrieb genommen werden, wofür es derzeit kaum Ersatzlösungen gibt (Saurugg 2020a). Dies hat im Frühjahr 2020 während des Lockdowns zu einer zusätzlich angespannten Situation im europäischen Stromversorgungssystem geführt (APG 2020). Ein System, das häufig unter Stresssituationen betrieben werden muss, wird anfälliger für Störungen. Extremwetterereignisse wie im Juni 2020 in Polen (NextKraftwerke 2020), ein Terror oder Sabotageangriff wie im Juni 2020 in der Schweiz (Swissinfo 2020), eine Marktmanipulation wie im Juni 2019 in Deutschland (Business Insider 2020), ein Cyberangriff wie im Dezember 2015 und 2016 in der Ukraine (Sans.org 2016) oder ein »einfacher« Systemkollaps durch Komplexitätsüberlastung (Casti 2012) können dann auch das stabilste und verlässlichste System zum Kollabieren bringen (Bardi



Abbildung 9: Kosten für das Engpassmanagement

2017). Am 04. November 2006 führte eine planmäßige Leitungsabschaltung zur bisher größten Großstörung im europäischen Verbundsystem. Binnen 19 Sekunden wurden 10 Millionen Stromkunden vom Stromnetz getrennt (Lastabwurf), gerade noch rechtzeitig, um ein Blackout zu verhindern. Heute herrschen ganz andere Rahmenbedingungen.

Erschwerend kommt der deutsche Atom und Kohleausstieg bis Ende 2022 hinzu. Die erforderlichen Ersatzleitungen (NordSüd) sollen frühestens 2025 in Betrieb genommen werden können. Geplante Ersatzimporte sind alles andere als gesichert (Saurugg 2020b). Zugleich zeichnen sich bereits seit September 2020 Deckungsprobleme ab, da es erstmals seit Februar 2012 zu Strompreisen mit bis zu 550 Euro pro MWh – oder dem rund 10fachen des Normalpreises – kam (Saurugg 2020c).

## Risikobeurteilung

Daher beurteilt nicht nur das Österreichische Bundesheer ein solches Ereignis als sehr wahrscheinlich (Bundesheer 2020) und spricht sogar von einem Eintritt binnen der nächsten fünf Jahre.

Auch wenn es bisher keine Evidenz für ein Blackout in Europa gibt, gibt es ausreichend »schwache Signale« (Weick 2010), die außerhalb der Stromwirtschaft kaum ernstgenommen werden. Wie eine aktuelle parlamentarische Anfrage zeigt (Parlament 2020), finden bisher trotz einer sehr konkreten Warnung durch das Österreichische Bundesheer kaum adäquate Vorsorgeaktivitäten statt.

Die Philosophen Nikil Mukerji und Adriano Mannino empfehlen aufgrund der COVID-19 Erfahrungen einen differenzierten Umgang mit systemischen Risiken (Mukerji N., Mannino A. 2020): »Ist die drohende Katastrophe hinreichend verheerend, könnte dies auch dann noch gelten [Vorsorge], wenn auf das »katastrophale Schadenspotential« eine Wahrscheinlichkeit von lediglich 1% oder weniger entfällt. Mit anderen Worten: Wir mögen geneigt sein, die wahrscheinlichsten Szenarien besonders zu beachten. Mindestens so wichtig ist es aber, den Blick auf die schlimmsten Szenarien zu richten, selbst wenn ihre Eintrittswahrscheinlichkeit gering ist.«

Sie empfehlen eine einfache Entscheidungsmatrix:

	Vorsorgemaßnahmen	Keine Vorsorgemaßnahmen
Ein Blackout tritt nicht ein	Ökonomischer Schaden/ Aufwand (durch Maßnahmen/Aufwände)	Kein Verlust
Ein Blackout tritt ein	Ökonomischer Schaden/ Aufwand (durch Maßnahmen/Aufwände) <b>Schäden können reduziert werden</b>	<b>Ein gewaltiger ökonomischer, sozialer politischer und gesundheitlicher Schaden; zum Teil irreversibel</b>

Abbildung 10: Einfache Entscheidungsmatrix für »HighImpact, Low-Probability« (HILP)Ereignisse

### Systemische Risiken

Wir neigen dazu, systemische Risiken zu unterschätzen. Dies auch, weil unsere bisher bewährten Risikomanagementwerkzeuge zur Bewertung und Beherrschung von systemischen Risiken nicht ausreichen, was auch zum Finanzcrash ab 2007 beigetragen hat (Renn 2014). Systemische Risiken zeichnen sich durch einen hohen Vernetzungsgrad und viele wechselseitige Abhängigkeiten aus. Durch ein unzureichendes Systemdesign können sich Störungen großflächig und rasch ausbreiten. Rückkopplungseffekte und zeitverzögerte Wirkungen führen dazu, dass kleine Ursachen großen Auswirkungen nach sich ziehen können. Es kommt zu massiven Dynamiken, die bis hin zum Kollaps des Systems führen können. Die Auslöser und auch die Auswirkungen werden häufig unterschätzt. Dinge, die wir in vielen Bereichen beobachten müssen und die auch auf die steigende Vernetzung (»Digitalisierung«) und damit Komplexität zurückzuführen sind.

### Unterschätzte Wiederanlaufzeiten

Daher werden auch die Folgen und die langwierigen Wiederanlaufzeiten nach einem Blackout massiv unterschätzt. Das beginnt bereits beim Szenario selbst, das häufig nur auf einen Stromausfall reduziert wird, und wodurch viele Vorsorgemaßnahmen zu kurz greifen (»Notstromversorgung«).

Die Phase 1, also die Zeit des Stromausfalls, ist noch irgendwie abschätzbar. Auch, weil sich die europäischen Übertragungsnetzbetreiber seit Jahren darauf vorbereiten. Dennoch wird erwartet, dass diese Wiederherstellungszeit in Österreich rund einen Tag dauern könnte. Auf europäischer Ebene wird es wahrscheinlich zumindest eine Woche dauern, bis die Stromversorgung wieder überall halbwegs stabil funktionieren wird.

Das was aber völlig unterschätzt wird ist die Phase 2 eines Blackouts. Also wenn der Strom bereits wieder fließt, aber die Telekommunikationsversorgung (Handy, Festnetz und Internet) noch nicht funktioniert. Diese Systeme fallen bei einem Blackout binnen weniger Minuten bis Stunden großflächig aus. Die Wiederherstellung der Versorgung kann erst dann begonnen werden, wenn die Stromversorgung wieder stabil funktioniert. Und je länger der Stromausfall gedauert hat, desto mehr Probleme sind zu erwarten (Hardware-schäden, Überlastungen).

Ohne Telekommunikationsversorgung gibt es jedoch weder eine Produktion noch Warenverteilung. In den meisten Fällen auch keine Treibstoffversorgung. Daher ist ein breiterer Wiederanlauf der Versorgung mit lebenswichtigen Gütern (Phase 3) nicht vor der zweiten Woche zu erwarten, da auch noch die transnationalen Abhängigkeiten in der Logistik hinzukommen (Energiezelle F 2019).

Phasen eines europaweiten Strom- und Infrastrukturausfalls („Blackout“)

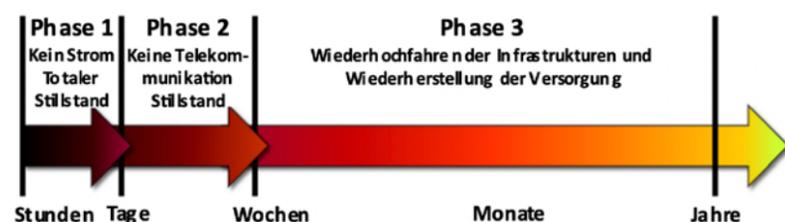


Abbildung 11: Phasen eines Blackouts

### Fehlende Robustheit der Logistikketten

Hinzu kommen die Erkenntnisse des Complexity Science Hub Vienna (CSH) in der aktuellen Studie »Wie robust sind die österreichischen Lieferketten?« (CSH 2020). Das CSH hat sich die Lieferkettenabhängigkeiten österreichischer Unternehmen angesehen. Die Ergebnisse sind ernüchternd: »Die Auswertung zeigt, dass ein Drittel der befragten Firmen mindestens einen Lieferanten hat, dessen Ausfall einen kompletten Stillstand des Betriebs bedeuten würde, nachdem die aktuellen Lagerbestände aufgebraucht sind. Für 55 Prozent dieser zentralen Lieferanten gibt es keine Alternativen. Etwa 40 Prozent aller genannten Zulieferer stammen aus dem Ausland. Auch von den für die Betriebe hoch kritischen Zulieferern befinden sich etwa 35 Prozent im Ausland. Können Vorprodukte nicht an andere Firmen ausgeliefert werden, können sich Lieferausfälle in Kaskaden durch das ganze Lieferkettennetzwerk fortpflanzen und im schlimmsten Fall zu einem Komplettausfall ganzer Industriezweige führen.«

Es ist damit zu rechnen, dass die Situation in anderen Ländern nicht wesentlich besser aussieht. Hinzu kommt, dass ein Großteil der großen Unternehmen angab, für den Wiederanlauf nach dem Lockdown bis zu 2 Wochen zu benötigen. Gleichzeitig wird dafür bis zu 100% des Schlüsselpersonals benötigt. Durch den chaotischen Ausfall im Zuge eines Blackouts werden diese Zeiten kaum haltbar sein. Ganz abgesehen davon, dass mit massiven Personalproblemen zu rechnen ist, da die notwendige Eigenvorsorge fehlt.

### Fehlende Eigenvorsorge

Wie die KIRASStudie »Ernährungsvorsorge in Österreich« (EVA 2015) festgestellt hat, erwartet rund ein Drittel der Bevölkerung, dass sie sich bei einem Blackout maximal vier Tage und zwei Drittel maximal eine Woche ausreichend selbst versorgen wird können. Damit ist zu erwarten, dass es bis zum breiten Wiederanlauf der Versorgung bereits rund sechs Millionen Menschen gibt, die hungern oder sich nur mehr unzureichend

versorgen können. Noch schlimmer ist, dass auch jene Menschen und deren Familien betroffen sind, die bei Einsatzorganisationen oder Unternehmen tätig sind, welche die Notversorgung am Laufen halten oder den Wiederanlauf organisieren sollten.

Daher fehlt es nicht nur an organisatorischen Maßnahmen, sondern vor allem an der wesentlichen Basis: der Eigenversorgungsfähigkeit der Bevölkerung und des Personals. Ohne diese werden viele organisatorische Maßnahmen jedoch kaum oder nicht funktionieren.

### Verheerende Schäden

Die Studie »Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften durch Stromausfall« des Büros für Technikfolgenabschätzung beim deutschen Bundestag kam daher bereits 2010 zum Schluss (TAB 2010): »Aufgrund der nahezu vollständigen Durchdringung der Lebens und Arbeitswelt mit elektrisch betriebenen Geräten würden sich die Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls zu einer Schadenslage von besonderer Qualität summieren. Betroffenen wären alle Kritischen Infrastrukturen, und ein Kollaps der gesamten Gesellschaft wäre kaum zu verhindern. Trotz dieses Gefahren und Katastrophenpotenzials ist ein diesbezügliches gesellschaftliches Risikobewusstsein nur in Ansätzen vorhanden. Die Folgenanalysen haben gezeigt, dass bereits nach wenigen Tagen im betroffenen Gebiet die flächendeckende und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit (lebens) notwendigen Gütern und Dienstleistungen

nicht mehr sicherzustellen ist. Spätestens am Ende der ersten Woche wäre eine Katastrophe zu erwarten, das heißt die gesundheitliche Schädigung bzw. der Tod sehr vieler Menschen sowie eine mit lokal bzw. regional verfügbaren Mitteln und personellen Kapazitäten nicht mehr zu bewältigender Problemlage.«

Der Vorsorgegrad hat sich seither weder in Deutschland noch in anderen europäischen Ländern wesentlich verbessert. Deutlich gestiegen sind jedoch die logistischen Abhängigkeiten und damit die gesellschaftliche Verwundbarkeit.

### Dezentrale Selbstorganisation

Durch den Ausfall der Telekommunikationsversorgung zerfällt die Gesellschaft in Kleinststrukturen. Eine Hilfe ist nur mehr beschränkt im lokalen Umfeld, insbesondere in den Gemeinden möglich. Aber auch dort wird nur das funktionieren, was jetzt bereits vorbereitet wird (Energiezelle F). Dazu fehlt es aber an einer breiten Risikokommunikation, um die Gesellschaft wachzurütteln und zur Eigenvorsorge zu bewegen.

Im Herbst 2019 wurde eine BlackoutArbeitsmappe zur Unterstützung bei der Vorbereitung an alle steirischen Gemeinden verteilt. Damit ist es aber noch lange nicht getan, da viele Detailabsprachen und Vorkehrungen erforderlich sind (Parlament 2020).

Wie sich etwa beim Projekt Energiezelle F 2019 herausstellte, waren trotz der Notstromversorgung im übergeordneten Was-



Abbildung 12: Definition Blackout

serversorgungssystem noch 43 Noteinspeisestellen im Wasser und Abwassernetz der Stadtgemeinde Feldbach erforderlich, um im Fall eines Blackouts die notwendigen Drucksteigerungsanlagen und Hebewerke in Betrieb halten zu können. Dazu wurden auch mobile Notstromaggregate angeschafft, mit denen im rollierenden Betrieb die Versorgung und Entsorgung aufrechterhalten werden kann. In vielen anderen Gemeinden sind diese Probleme noch nicht bekannt oder behoben.

Ohne Wasserversorgung droht ein rascher gesellschaftlicher Kollaps. Zudem wird das Thema gerne auf die Feuerwehr abgewälzt, die aber weder dafür ausgerüstet ist noch über die erforderlichen Ressourcen verfügt.

## Fehlende Verantwortlichkeiten

Zentrales Problem bei der fehlenden gesamtgesellschaftlichen BlackoutVorsorge ist, dass es keine klaren Verantwortlichkeiten und damit auch keine Themenführerschaft gibt. Der Katastrophenschutz ist per Verfassung Ländersache, was aber bei einem derart weitreichenden Szenario nicht ausreicht, da hier eine gemeinsame Sicht und Koordination erforderlich sind (BlackÖ.2 2015).

Obwohl die Problematik in den vergangenen Jahren bereits durch mehrere österreichische Sicherheitsforschungsstudien (BlackÖ.1 2012, BlackÖ.1 2015, EVA 2015, Energiezelle F 2019) analysiert und aufgezeigt wurde, fehlen bislang die erforderlichen Konsequenzen. Zwar gab es Verbesserungen in Einzelbereichen, die aber bei weitem nicht ausreichen, um die Tragweite eines solchen Ereignisses bewältigen zu können. Hier gilt umso mehr: Ein System ist mehr als die Summe der Einzelteile (Meadows 2010).

So lange die Eigenversorgungsfähigkeit der Bevölkerung nicht deutlich erhöht wird, werden die meisten organisatorischen Maßnahmen nicht ausreichend greifen. Zudem kann niemand Millionen Menschen notversorgen. Zentrales Problem ist dabei die fehlende bzw. unzureichende Risikokommunikation, um die breite Masse zu erreichen. Diese muss aber für eine Wirksamkeit deutlich über verfügbare Broschüren und Einzelveranstaltungen hinausgehen (Giebel 2012).

Ein Blackout führt nicht nur zu einem großräumigen Stromausfall, sondern zum Kollaps so gut wie aller Versorgungsstrukturen und ist daher für eine hoch moderne und stromabhängige Gesellschaft existenzgefährdend. Und es gibt kein hundertprozentig sicheres System.

Mittelfristig sollten wir daran arbeiten, unsere Abhängigkeiten zu reduzieren. Das Wissen und die Technologien sind dazu verfügbar, wie dies etwa auch von Renn 2017 umfassend beschrieben wurde. Es geht um ein Energiezellensystem, das verhindert, dass sich Störungen großräumig ausbreiten können. Zum anderen kann die Energiewende vorangetrieben werden, wenn die Probleme auch dort behoben werden, wo sie auftreten. Hierzu ist ein Denken in funktionalen Einheiten (»Energiezellen«) unverzichtbar.

## Literaturverzeichnis

APG (2020): Stromnetze am Limit (<https://www.apg.at/de/mediacenter/presse/2020/08/28/stromnetzeamlimit>).

Bardi, U. (2017): Der SenecaEffekt: Warum Systeme kollabieren und wie wir damit umgehen können, oekom Verlag.

BlackÖ.1 (2012): KIRASSicherheitsforschungsprojekt »Blackouts in Österreich« (<https://energieinstitutlinz.at/portfolioitem/blackoeiii/>).

BlackÖ.2 (2015): KIRASSicherheitsforschungsprojekt »Blackoutprävention und intervention« (<https://energieinstitutlinz.at/portfolioitem/blackoe2/>).

Bundesheer (2019): Die Sicherheitspolitische Jahresvorschau (<https://www.bundesheer.at/cms/artikel.php?ID=10259>) und <https://youtu.be/ZeD9eH6uP5g>.

Business Insider (2020): Broker, Blackouts, blaue Briefe: Das schmutzige Geschäft mit Strom in Deutschland (<https://www.businessinsider.de/politik/deutschland/brokerblackoutsblauebriefeschmutzigegechaftmitstrom>).

Casti, J. (2012): Der plötzliche Kollaps von allem: Wie extreme Ereignisse unsere Zukunft zerstören können, Piper Verlag.

CSH 2020: Wie robust sind die österreichischen Lieferketten? (<https://www.csh.ac.at/wpcontent/uploads/2020/06/CSHPolicyBriefLieferkettefinal.pdf>).

Energiezelle F (2019): KIRASSicherheitsforschungsprojekt »Energiezelle F« ([www.saurugg.net/ezf](http://www.saurugg.net/ezf))

ENTSOE (2015): Report on Blackout in Turkey on 31st March 2015 ([https://www.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Regional\\_Groups\\_Continental\\_Europe/20150921\\_Black\\_Out\\_Report\\_v10\\_w.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Regional_Groups_Continental_Europe/20150921_Black_Out_Report_v10_w.pdf)).

EVA 2015: KIRASSicherheitsforschungsprojekt »Ernährungsvorsorge in Österreich« ([https://www.joanneum.at/fileadmin/user\\_upload/imported/uploads/tx\\_publication-library/Risiko\\_und\\_Krisenmanagement\\_fuer\\_die\\_Ernaehrungsvorsorge\\_\\_EVA\\_.pdf](https://www.joanneum.at/fileadmin/user_upload/imported/uploads/tx_publication-library/Risiko_und_Krisenmanagement_fuer_die_Ernaehrungsvorsorge__EVA_.pdf)).

Giebel, D (2012): Integrierte Sicherheitskommunikation: Zur Herausbildung von Unsicherheitsbewältigungskompetenzen durch und in Sicherheitskommunikation, LIT Verlag.

Meadows, D (2010): Die Grenzen des Denkens Wie wir sie mit System erkennen und überwinden können, oekom Verlag.

Mukerji N., Mannino A. (2020): COVID-19: Was in der Krise zählt. Über Philosophie in Echtzeit, Reclam Verlag.

NextKraftwerke (2020): On Monday, 22nd of July 2020, Poland came very close to a countrywide power outage (blackout) (<https://www.nextkraftwerke.com/energyblog/fossilenergypoland>).

Parlament (2020): Maßnahmen zur BlackoutVorsorge in Österreich (3572/J) [https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXVII/J/\\_03572/index.shtml](https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXVII/J/_03572/index.shtml).

Renn, O. (2014): Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Fischer Verlag.

Renn, O. (2017): Das Energiesystem resilient gestalten (<https://energiesystemezukunft.de/publikationen/analyse/dasenergiesystemresilientgestalten>).

Sans.org (2016): Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid – Defense Use Case ([https://ics.sans.org/media/EISAC\\_SANS\\_Ukraine\\_DUC\\_5.pdf](https://ics.sans.org/media/EISAC_SANS_Ukraine_DUC_5.pdf)).

Saurugg (2020a): Momentanreserve (<https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/#momentanreserve>).

Saurugg(2020b): Alle wollen importieren, nur niemand sagt, woher der Strom dann wirklich kommen soll ... (<https://www.saurugg.net/2019/blog/stromversorgung/allwollenimportierenniemand sagtwoherderstromdannwirklichkommensoll>).

Saurugg (2020c): Aktuelle Situation (<https://www.saurugg.net/blackout/risikoeinesblackouts/aktuellesituation/#strompreise>).

Swissinfo (2020): Hochspannungsmast in Gland VD mit Sprengstoff gefällt (<https://www.swissinfo.ch/ger/hochspannungsmastinglandvdmitsprengstoffgefällt/45864364>).

TAB 2010: »Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften durch Stromausfall« (<https://www.tabbeimbundestag.de/de/untersuchungen/u137.html>).

Weick, K. (2010): Das Unerwartete managen: Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen, SchäfferPoeschel Verlag.

# Securing of Food Production and Logistics

YVONNE KUMMER<sup>1</sup>, BENEDIKT BERNER<sup>1</sup>, JOHANNA BURTSCHER<sup>2</sup>, KONRAD J. DOMIG<sup>2</sup>, CHRISTIAN FIKAR<sup>3</sup>, KLAUSDIETER REST<sup>1</sup>, MARTINA STROBL<sup>4</sup>, PATRICK HIRSCH<sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Institute of Production and Logistics

<sup>2</sup>University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Institute of Food Science

<sup>3</sup>Vienna University of Economics and Business, Institute for Production Management

<sup>4</sup>Austrian Competence Centre for Feed and Food Quality, Safety and Innovation

yvonne.kummer@boku.ac.at, nutrisafe@boku.ac.at

## Abstract

Due to many different circumstances (e.g., natural hazards, pandemics, criminal activities, etc.), food production and logistics come at risk. The impact of selected crisis scenarios on the security of food supply is therefore the main subject of the bilateral research project NutriSafe (Securing of Food Production and Logistics with Distributed Ledger Technology). In this work, we focus on the pork supply chain and the crisis following an outbreak of African swine fever (ASF). ASF is a viral disease and the course is fatal in almost 100% of the infected animals. For this reason, we investigate the questions whether the supply in case of an ASF outbreak is assured and whether sufficient carcass disposal capacities are available. To present the supply chain of pork in detail, the results of the initial data collection were modelled using the business process model and notation metho-

dology (BPMN). These models intend to represent the whole supply chain as realistically as possible within the defined system boundaries, i.e. from the breeding farms to the pig half in the slaughterhouse. From these models can, for instance, be summarized, that the information transfer in the case of ASF happens almost in realtime, but that due to long incubation periods, the transport of already sick animals is easily possible. Due to the legal requirement to cull all animals of an epidemic farm (with few exceptions), the problem lies mainly in the disposal capacities. The identified processes are implemented in a hybrid simulation model. The crisis scenario of an ASF outbreak will be simulated and allows the actors to actively shape the outcome of the simulation by changing behavior and relationships.

## Introduction

Increased occurrences of natural hazard events, epidemic or even pandemic diseases, human errors as well as criminal activities, terrorism and security issues within information technology put food operations and related critical infrastructure at risk, resulting in a direct impact on food security for the general public. 'Food security exists when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life' (World Food Summit 1996). Out of this context, the bilateral research project NutriSafe emerged from the Austrian security research program KIRAS. The main subjects of the project are the resilience of the food supply and bottlenecks to be faced in crises. For that instance, we have defined three use cases, which represent the staple foods drinking milk, pork and table potatoes. In this work, we focus on the use case that covers the pork supply chain and the crisis following an outbreak of African swine fever (ASF). ASF is a viral disease that infects both wild boar and domestic pigs. In most cases, a clinical diagnosis is not possible only a laboratory examination can identify ASF. The course of the disease is fatal in almost 100% of the infected animals. Figure 1 illustrates the current development of ASF in Europe. The colors red and pink show confirmed cases of ASF in either wild boars, domestic pigs or both. The blue zone is a highrisk zone. Based on these factors, we investigate the questions whether the supply in case of an ASF outbreak is assured and whether sufficient capacities are available.

For that instance, we analyzed bottlenecks of representatives along the supply chain such as (official) veterinarians, transport companies or rendering plants.

In addition, the applicability of Distributed Ledger Technologies (DLT) to secure and improve food supply chains is investigated. DLT refers to decentralized systems for data storage and processing that use cryptographic methods to ensure the integrity and availability of the stored data. In the event of an ASF outbreak, for example, this would allow the rapid tracing of infected animals and hinder malicious data manipulations.

## Methodology

In order to answer the research questions adequately, a profound data basis is crucial. The first step was extensive literature research. The exact sequence of the individual production steps and the interrelationships of the various actors were the focus of attention. For further deepening of the subject matter, selected experts were interviewed. The experts included official veterinarians, members of the Association of Agricultural Processing Producers (VLV) as a marketing organization and the Austrian Pig Breeders Association (VÖS). Additionally, the extensive expertise from the project consortium was used to conduct broad empirical research.

### - Business process model and notation

To present the supply chain of pork in detail, the results of this initial research were modelled using the business process model and notation methodology (BPMN). The goal of BPMN is to represent a

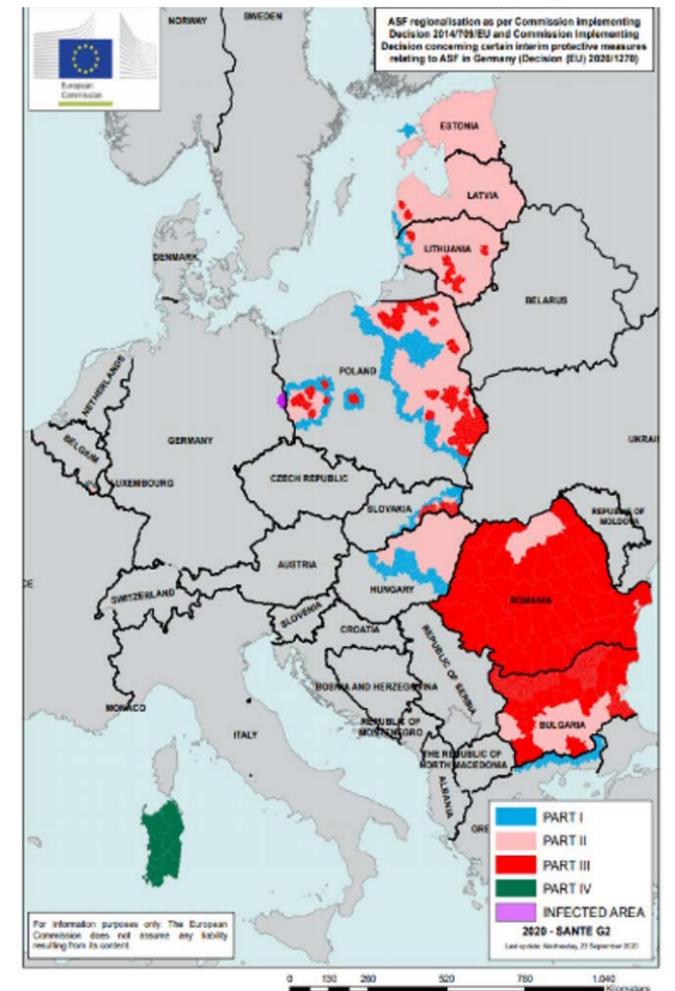


Figure 1: ASF regionalization in Europe by the European Commission (Source: European Commission Website 2020)

business process which consists of a sequence of activities (Berner 2020). The flow of business processes can be branched or merged, it requires time, resources and capacities. It is usually influenced by events and can be planned and controlled.

This means that business processes can be thought ahead and the actual course of events can be brought closer to the target course by means of various control measures. For business processes there are responsible and involved organizational units and they can be divided into subprocesses (Göpfert and Lindenbach 2013).

Figure 2 shows the modelled process of selling an animal, defined as a subprocess within the main process 'Transport'. The process 'carry out tasks during transport' would in turn require a separate subprocess. In this type of representation, responsibilities, time horizons during a delay and data transfers can be identified. Pools represent the independent participants in the respective processes. For example, in Figure 2, the pool consists of the farmer and the second one of the Veterinarian Information System (VIS). If the individual participants have to be subdivided, which can occur, for example, in individual departments within a company, the pools are additionally divided into lanes. Every process has a defined begin-

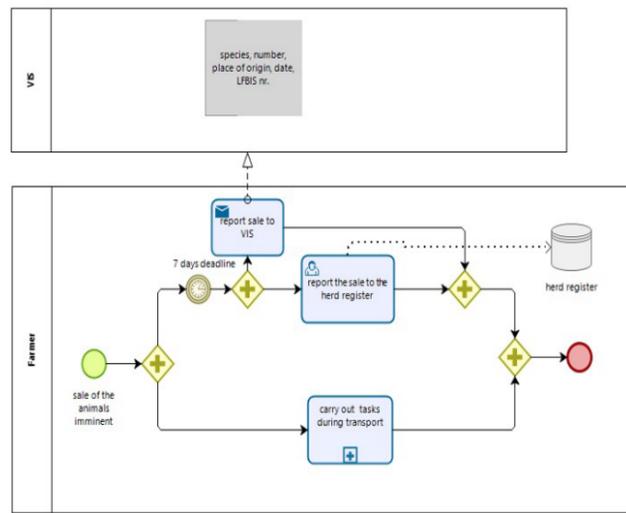


Figure 2: BPMN sale of animals from the farmer (Berner 2020)

ning and a defined end. During the process, the participants have to perform certain activities, which are marked by rectangles with rounded corners. The start and end events, as well as the activities, can be divided into different groups, each of them having specific functions. For clarification, these are also labelled. Socalled gateways, represented by a rhomb, are used to monitor and control the process flow (Berner 2020). There are different kinds of such gateways. In Figure 2, parallel gateways are used to display two simultaneously running tasks within the business process flow.

**Hybrid simulation model**

The identified processes are implemented in a hybrid simulation model, i.e. a simulation which combines at least two simulation techniques (Brailsford et al. 2019). The first step is to create a discrete event simulation (DES) in the simulation tool Anylogic. DES maps business process models in a medium degree of abstraction and is therefore well suited to model a supply chain in a realistic way (Kogler and Rauch 2018). This can be seen in numerous successful studies such as those of Voegl et al. (2019), Kogler and Rauch (2019), and Leithner and Fikar (2018), which use DES in various areas, from wood supply to food supply and infrastructure. We use

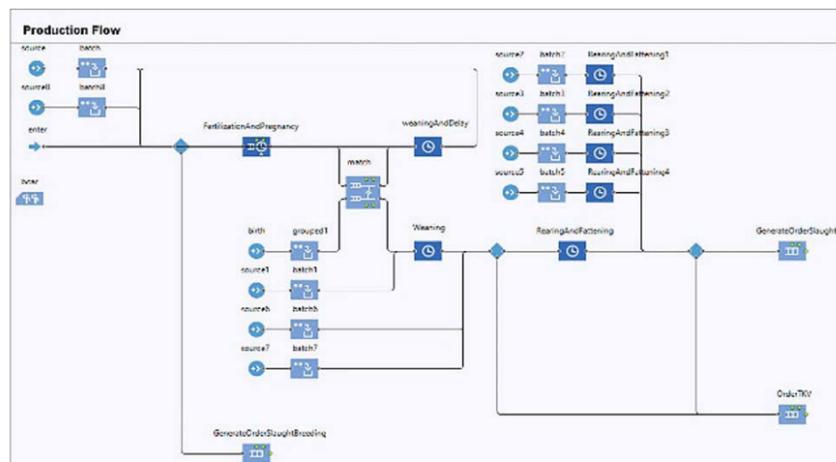


Figure 3: Production flow in a combined/closed farm

DES to represent the supply chain of pork in its entirety. In further steps, the interactions and behavior of the agents (i.e. the actors in the supply chain) have to be modelled based on heuristics. Figure 3 illustrates how a DES looks like for a combined pig farm. In this type of farm, the entire life cycle of a fattening pig will take place on the same farm. This means that mother sows, piglets and fattening pigs are at the same time on the farm.

To answer our research questions and to provide visual processing of the data, the methodological focus is on agentbased modelling and simulation (ABMS). The most essential and characteristic feature of ABMS is the main focus on the agent's behavior and the effect that these behaviors have on themselves, other agents and/or the environment in dynamic settings (Macal 2016). This focus enables to simulate many different behaviors, reactions, intentions and performances and to view these results as complex decisions in great detail as output (Macal 2016).

The term 'agent' is the subject of numerous discussions and debates and there is no general agreement on the exact definition of the term in the context of ABMS (Macal and North 2009). The main agents in our simulation are the farmers (from breeding to fattening), producer organizations (as sales opportunity), slaughterhouses, rendering plants, the public authorities and transport companies. Figure 4 demonstrates one type of presenting an agent.

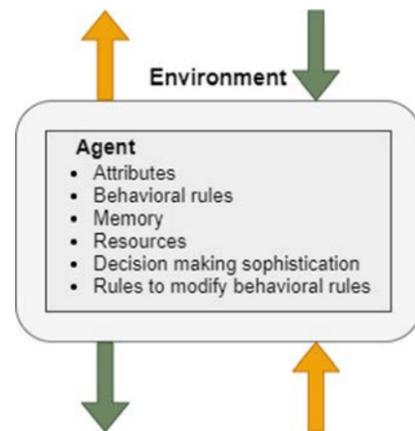


Figure 4: Typical agent (Macal and North 2009)

**Outcome**

As a result of this study, we defined 256 process steps within business process modelling. These help to understand the flow of the supply chain and to identify weak points. For our project, the BPMN models intend to represent the whole supply chain as realistically as possible within the defined system boundaries, i.e. from the breeding farms to the pig half in the slaughterhouse. An additional BPMN model was developed for the crisis scenario of an ASF outbreak. Figure 5 shows the modelled BPMNs with a simplified form of the supply chain and the overall environment that affects all or several

processes of the supply chain. This supply chain was numbered with the respective processes. The processes are subdivided into the usual supply chain and the parts of the supply chain that are affected explicitly by an ASF outbreak.

An excerpt from the business processes involved in an ASF outbreak is shown in Figure 6. The entities under consideration are an infected farm and a contact farm. In these processes it is recorded, which measures occur for the respective farm, and which intermediate events are essential. The intermediate events are, for example, disinfections, official approvals, and the status of a farm.

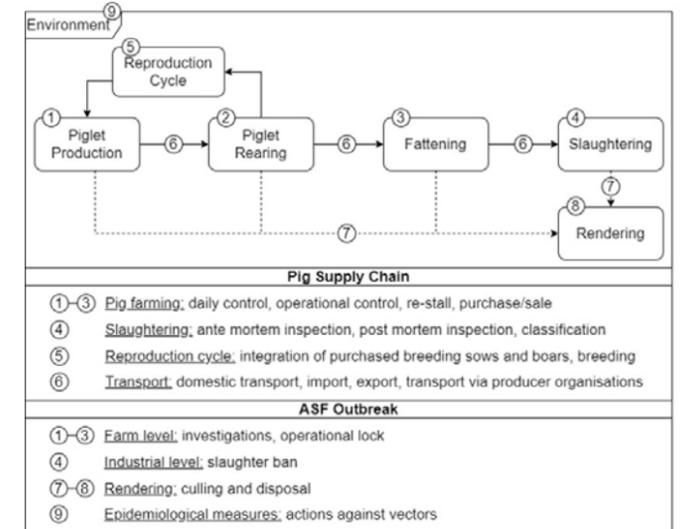


Figure 5: Overview BPMNs

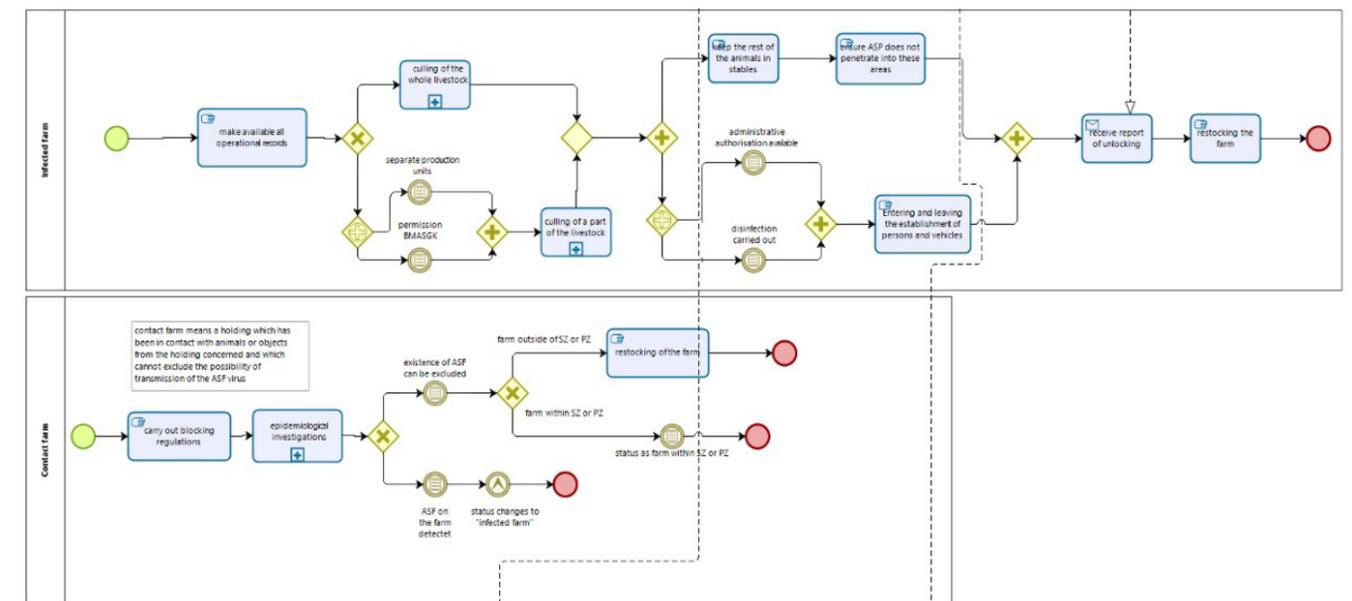


Figure 6: BPMN ASF Outbreak (Berner 2020)

A key finding of the process analysis is that the reporting deadlines might be a problem during an ASF outbreak. All records on the movement of pigs, arrivals, departures and dispatches must be entered in the stock register within seven days and kept for at least three years (Animal Identification and Registration Ordinance 2009). Since ASF has an incubation period of up to 15 days and the reporting periods for arrivals and departures are seven days, animal movements may have already taken place in the period between infection and the epidemiological investigations. The described circumstances lead firstly to the fact that the spread of the disease becomes more challenging to trace and, secondly, a more extend period without countermeasures can lead to an intense spread of the disease. This may lead to an increase in the number of contact farms, which in turn may result in more significant economic damage and increased efforts to control and eradicate the disease.

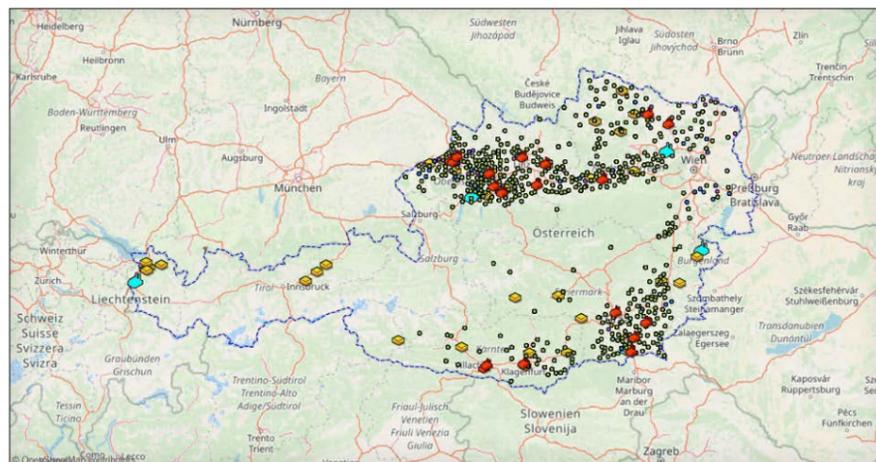
According to the ASF regulation, if the presence of ASF on a farm is officially confirmed, the killing of all pigs on that holding and their subsequent destruction is ordered (ASFRegulation 2005). For this reason, in particular the capacity of rendering plants will be examined in more detail. Each activity or measurement to be performed on an infected farm, which has already been graphically illustrated in Figure 6, is described in more detail in Table 1.

**Table 1: Description of BPMN 'ASF outbreak' at farm level, infected farm (Berner 2020)**

BPMN	Infected farm
1	The owner of the farm on which the epidemic was detected shall make all operational records available to the official veterinarian.
2	If the farm has separate production units and there is a special approval of the Austrian ministry of health, it is possible that only part of the livestock must be culled. If this is not the case, the entire herd shall be culled.
3	If some of the animals have been excluded from culling, they shall be kept in their stables and it shall be ensured that ASF cannot enter these areas.
4	Persons or vehicles shall be allowed only to enter or leave the farm if disinfection has been carried out and an official permit has been obtained.
5	After completion of the measures and after a negative result of the final inspection, the keeper receives notification from the District Administrative Authority that the quarantine measures have been lifted and can resume the animal operation.

An additional goal of the NutriSafe project is to analyze and test the applicability of distributed ledger technology in order to show its advantages and disadvantages in overcoming such crises. The prototype implementation of the DLT is based on Hyperledger Fabric, an opensource blockchainbased DLT (Hyperledger Fabric 2020). A generic data model was designed to determine which data from the three use cases should be stored on the blockchain. The DLT serves two purposes, (a) to facilitate a rapid tracking and tracing of the corresponding entities (e.g., infected animals) and (b) to provide an inventory monitoring system. The latter allows selected actors (e.g., authorities or emergency services) to monitor the actual inventory levels of critical products in order to ensure food security in the event of a crisis. The decentralized data storage of a DLT guarantees the availability of data even during large scale events.

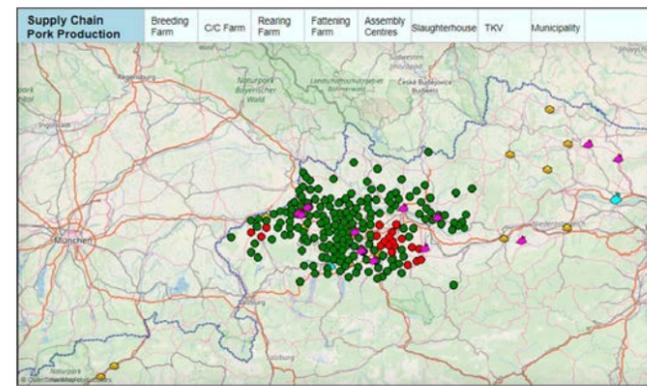
### Work in Progress



**Figure 7: Geographical representation of the pork supply chain**

Based on the results described, we develop a generic simulation model, which is initially based on pork production data but can be applied to any use case in food production if the processes and data are known. The focus at the pork supply chain is on the macro view, which includes the whole area of Austria with a concentration on four federal states (Lower Austria, Upper Austria, Styria and Carinthia), which account for 95% of the total pig population. The geographical location of the agents (breeding farms, rearing farms, combined/closed farms, fattening farms, slaughterhouses, assembly centers, rendering plants) is shown in Figure 7.

The result will be a hybrid simulation model, which represents the



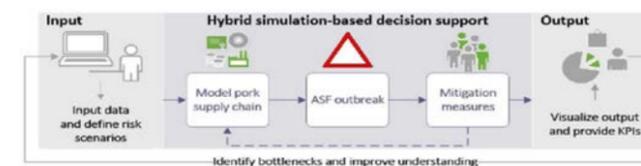
**Figure 8: Simulation of an ASF outbreak in Upper Austria**

changes in parameters or behavioral interactions. The crisis scenario of an ASF outbreak will be simulated and allows the actors to actively shape the outcome of the simulation by changing behavior and relationships. Figure 8 shows a simulated outbreak of ASF in a region in Upper Austria. Starting from one infected farm, an increasing number of farms were infected. There has also already been a further spread to a region away from the initial cluster. This could only be done by transport of living animals or transfer of the virus by veterinarians or other human transactions. This is why the tracking and tracing of animal movements is so important. To accomplish this and for evaluation purposes, the DLT prototype will be connected to the simulation via a RESTbased interface.

### Conclusion and Outlook

Current developments around the COVID 19 pandemic but also the recent spread of ASF to Germany have again shown the importance of our research topic. Such crisis shows us how essential selfsufficiency is, but above all, how important a stable, continuous supply of food is for the population. The simulation of supply chains and the testing of different scenarios is an essential, futureoriented tool to be able to react to this in a more targeted way. The further development of the simulation and the connection of the DLT will therefore be one of the most important next steps in the project. The simulation model of the pork supply chain will be able to represent different outcomes of the crisis scenario due to the different behaviors of the agents and will further contribute to describe the impact of these behaviors on decisionmaking processes and vice versa. This is intended to create a serious game that is used as a training tool for decisionmakers. During various stakeholder workshops the serious game will be tested and evaluated. An overview of this decision support system with the primary objective of strengthening the resilience of the food supply chain is shown in Figure 9.

### Acknowledgement



**Figure 9: A decision support system to facilitate resilient pork supply chains and provide key performance indicators (KPIs)**

We thank the Austrian Federal Ministry for Agriculture, Regions, and Tourism for funding the project NutriSafe (<https://www.nutrisafe.de/en/>) within the security research funding program KIRAS (project number: 867015) as well as the German Federal Ministry of Education and Research (FKZ: 13N1507013N15076) within the civil security research program.

### Literature

Animal Identification and Registration Ordinance (2009): Ordinance of the Federal Minister of Health on the Identification of Pigs, Sheep, Goats and Equidae and the Registration of Animal Husbandry, Pub. L. No. StF: Federal Law BGBl II No. 291/2009, 32008L0071.

ASF Regulation (2005): Regulation of the Federal Minister for Health and Women on the control of African swine fever in domestic and feral pigs. StF: BGBl. II Nr. 193/2005, 32002L0060

Berner, B (2020): Description of the Austrian pork supply chain and the crisis scenario African Swine Fever using a business process model. (Master thesis University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna)

European Commission (2020): ASF regionalization as per Commission implementing Decision 2014/709/EU and Commission Implementing Decision concerning certain interim protective measures relating to ASF in Germany (Decision (EU) 2020/1270). [https://ec.europa.eu/food/animals/animaldiseases/controlmeasures/asf\\_en](https://ec.europa.eu/food/animals/animaldiseases/controlmeasures/asf_en) (Accessed on: 23rd Sept. 2020)

Fikar, C; Hirsch, P; Nolz, PC (2018): Agentbased simulation optimization for dynamic disaster relief distribution. Central European Journal of Operations Research 26, 423442.

Göpfert, J; Lindenbach, H (2013): Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0—Business Process Model and Notation. Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH.

Hyperledger Fabric (2020): <https://www.hyperledger.org/> (Accessed on 5th Oct. 2020)

Kogler, C; Rauch, P (2018): Discrete event simulation of multimodal and unimodal transportation in the wood supply chain: a literature review. Silva Fennica 52(4), article id 9984.

Kogler, C; Rauch, P (2019): A discreteevent simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply. Canadian Journal of Forest Research 49(10), 12981310.

Leithner, M; Fikar, C (2018): Simulating Fresh Food Supply Chains by Integrating Product Quality. In: Klierer, N; Ehmke, J; Borndörfer, R (eds) Operations Research Proceedings 2017. Springer.

Macal, CM; North MJ (2009): AgentBases Modelling and Simulation. Proceeding of the 2009 Winter Simulation Conference.

Macal, CM (2016): Everything you need to know about agentbased modelling and simulation. Journal of Simulation 10, 144–156.

Voegl, J; Fikar, C; Hirsch, P; Gronalt, M (2019): A simulation study to evaluate economic and environmental effects of different unloading infrastructure in an urban retail street. Computers & Industrial Engineering 137, article id 106032.

World Food Summit (1996): Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action. Rome.

# From Ecology to Cyberresilience: an interdisciplinary application of resilience principles for smart grid designs

KEVIN MALLINGER,  
ALEXANDER SCHATTEN,  
JOHANNA ULLRICH

Organisation(en):  
SBA Research

[kmallinger@sba-research.org](mailto:kmallinger@sba-research.org), [aschatten@sba-research.org](mailto:aschatten@sba-research.org), [jullrich@sba-research.org](mailto:jullrich@sba-research.org)

## Abstract

Critical infrastructures that perpetuate modern societies form a complex system of systems which usually stays invisible to us. This is true for information systems (e.g. accounting systems) and traditional critical infrastructures as well. However, digitization increasingly intertwines ICT and critical infrastructure. The resulting complexity of hierarchical and hyperconnected systems that build and rely on each other, display emergent behavior that individuals are unable to monitor and control anymore. Symptoms of these effects can be observed e.g. in high maintenance costs, publicized data breaches, largescale security incidences and the increasing risk of critical supply chain losses. As the technological ability to create safe and resilient systems is mostly at hand, we investigate how design principles facilitate new narratives for handling critical infrastructures and enable

the application of available resilience designs and techniques.

Our proposition is that these sociotechnical systems are better understood as complex ecosystems and thus a lot can be learned from biological ecosystem principles. Thus, in this paper, we use smart power grids as an example to outline how design principles of ecological resilience research might be an applicable and supporting framework for cyberresilience and infrastructure resilience research. Furthermore, we investigate how practical resilience techniques taken from the MITRE taxonomy can be integrated to support the framework. In order to reduce the complexity of the topic, we focus on the architectural implications of the discussed principles and examples.

## Introduction

Digitization effected most technological fields in the 21st century by improving engineering techniques, production processes, and for our case most importantly, by connecting individual systems to hyperconnected, software-defined systems of systems. The increasing ways of human interactions with these systems added another layer of complexity and further increased the difficulty to overlook and handle cyberecosystems. Thus, it is not surprising to observe the same phenomena in our use case, the evolution of the power grid. Our current systems are grounded on an isolated design that is over 100 years old but are now transitioning to a digitized and hyperconnected smart grid (Li et al. 2013). This will enable the connections of decentralized energy producers and consumers, improve efficiency, and enhance the ability to detect threats. However, the complexity of these systems will open up an increased attack surface for (cyber)attacks. Beyond that, emergent errors are harder to predict, failures cascade faster and threaten the international power grid system. The lack of resilience within such systems impacts depending systems and creates external costs for society – the latter not only in a short term economic sense, but even more importantly by harming the trust we put in digital technologies and the ability to maintain critical functions for society. In terms of production and distribution of electricity, outages of a power plant or the loss of power grids can cost society billions of euros (Li et al. 2013). Especially since the cyberattack on the Ukrainian power grid in 2015 (EISAC 2016), it is known that such attacks are feasible and can have devastating effects. The open availability of worms, malware, or botnets (Dabrowski et al. 2017) on the internet leads to easier execution of such attacks and constitutes an increasing threat to the energy sector and society.

Consequently, in order to effectively manage the transition to a hyperconnected infrastructure, a framework is needed (Yan et al. 2013) that at the same time takes the inherent properties of complex systems into account but is simple enough to deduce a clear, actionable guideline for handling errors, threats and emergent behavior. Finding and describing core principles is therefore of great importance for the stability of such software defined infrastructures. In the classical field of cybersecurity there are only few such superordinate structures and for the new research field of cyberresilience, mainly the MITRE taxonomy (Bodeau et al. 2013). Although the taxonomy provides clear derivations of actions, with 19 design principles and 15 specific techniques, it is quite extensive and somewhat difficult to understand for people without an advanced technological background. As mechanisms that foster stability, survival and safety seem equally applicable to the individual, society, nature, and technical systems (Cavelty et al. 2015), we draw inspiration from a discipline that successfully managed to derive actionable guidelines for handling complex systems; namely, the ecological resilience research.

In this abstract, we want to investigate briefly, i) if the seven principles from ecological resilience research are a useful framework for managing complex cyberphysical systems, ii) which MITRE techniques complement ecological resilience design principles,

and iii) how these principles might enhance the stability of smart grids. The meanings of the ecological principles cannot be assumed to be identical and need to be redefined in the context of cyberresilience. Therefore, the individual principles might be interpreted in a different way than that of ecology. As cyberresilience designs and techniques are mostly focusing on the software architecture level, the abstract will discuss the implications on the smart grid exclusively from an architectural point of view. Structurally, the seven individual principles are defined and described, their architectural implications are discussed and exemplified by general resilience and MITRE techniques that foster a resilient design for smart grids.

## Background

The research term resilience was introduced to the scientific community in 1973 by Crawford Holling, as he published his paper on the resilience and stability of ecological systems (Holling 1973). From there on, it pathed its way from ecology to a multitude of sciences and is getting increasingly prominent in the 21. century, and eventually, influenced the creation of the new research field cyberresilience. The effort to define a first taxonomy by the MITRE corporation should foster an increased understanding of that new field. It was created as an extended engineering framework that addressed a broader range of threats than that of the cyber domain alone. It is intended to apply to systems of systems that include cyberphysical constituents with a specific focus on critical operations (Bodeau et al. 2013). We therefore use this framework as a comparison to the ecological principles.

By the systemic approach and the associated principles – as used in complex science studies – such as emergence, nonlinearity, uncertainty, critical thresholds, connectivity, hierarchy & panarchy (Ladyman et al. 2013), the ecologically based construct of resilience offers an elegant way to cope with complex and sometimes unpredictable environments. Since systemic effects are the primary focus of this paper, we define resilience as the capacity of a system to continually change and adapt yet remain within critical thresholds (Folke et al. 2010).

This definition acknowledges the possibility to mitigate adverse events through systemic effects and feedback loops but also the ability of systems to adjust to changing environments. In the first case, resilience describes i) the ability to adapt while providing system-inherent properties, ii) the controlled failure of system(s), and iii) in the event of a system failure, the rapid restoration of properties. The second considers the changes in the system environment so that i) problems intrinsic to the system do not arise, ii) emerging problems are intercepted and mitigated, and iii) longterm threat scenarios are integrated into the systems design.

## Application

The first ecological principle, maintain diversity and redundancy, can be interpreted as variety (how many different elements), balance (how many representatives of each element) or disparity (how different the elements are from one of each other) (Stirling 2007). As it enables us to react to changes and disturbances, diversity has proven effective to increase a system's resilience. Therefore, it is a critical design principle to avoid largescale cyberattacks, as only a

part of the overall system can be affected. This is still an inherent problem for smartgrids, as has been shown by a Spanish smart metering system that used the same encryption scheme for all meters. Once these smartmeters were breached by a bruteforce attack, they could be used as an entry point to launch an attack against the whole power system (Mahmud et al. 2015). To avoid such threats, different notions of diversity can be used (e.g. intrusiontolerant architectures, nvariant systems, massivescale software diversity, dynamic diversity, synthetic diversity). This is an incremental part of the MITRE taxonomy as well as in ecology, as it avoids the risk of a monoculture, in which the compromise of one component can propagate to all other such components (Bodeau & Graubart 2017).

The same ecological and engineering principle is used for the design of power grids by applying the N1 criteria that dictates that a continuous power flow is guaranteed in case of a failure of one of the network's components (Reichl et al. 2016). Thereby, it not only concentrates on the availability of a diverse set of physical structures, but also integrates several perspectives that include a profound risk assessment, interTISO coordination (transmission system operator) (see principle broaden participation) and efficient modelling and routing of the power flow (see principle manage connectivity) that correspond to the multiperspective view of diversity in ecological designs.

The second principle, manage connectivity, refers to the way in which parts of a system interact with each other (i.e. exchange information, transfer material, transform energy, etc.). The avoidance of system failures or the fast revival of networks are key areas of resilience research and are necessary to tackle a variety of challenges in power grids.

One of the most critical challenges is the development from a centralized power generation system to a decentralized, complex, and multiagent system. Thereby, the integration of regenerative producers into the energy system demands methods that foster smart management and enables peertopeer energy transactions. The MITRE taxonomy gives advice on how to design resilient connections (e.g. adaptive response, analytic monitoring) but doesn't address the scope of these challenges, as it focusses mainly on the agility of systems in the context of compromised systems.

As the ecological principles extend the focus not only on smallscale systems but integrate the complex adaptive environment (see CAS principle) it pivots the focus on managing the interconnections of individual systems. For power grid network communication, software defined networks (SDN) are one way to practically apply this principle within its broad scope. SDNs can be employed to manage the communication entities of smart grids and can be used for load balancing and shifting, dynamically adjusting routing paths, monitoring traffic flows and fast failure detection (Rhemani et al. 2019).

The third principle, manage slow variables and feedbacks, defines the temporal dimension of the architecture. As in nature and for any given information system, slow variables typically determine the underlying structure, while the dynamics of the system arise from interactions and feedbacks between fast variables that respond to the conditions created by the slow variables (Biggs et al. 2015).

This is often overlooked in the design phase, but quite important on the long run, as the postponed management of legacy systems is complex, time consuming, expensive, and prone to failures.

This is also the case in the grid system as the transition from analog handling of power grids to software defined, hyperconnected smart grids generated a gap between the physical and the software realm. Novel attacks (e.g. botnets) can exploit the slow response times of physical assets and closedloop feedback structures to destabilize the whole system (Dabrowski et al. 2017).

The MITRE taxonomy addresses this aspect partly (see Table 1) but lacks focus on emergent phenomena within the system, which arise through longterm changes and feedbacks. The ecological principle specifically highlights such emergent properties and points out complex feedback loops that might arise within in the system but also by combining legacy systems with new technologies. Thus, by translating this principle to the mentioned problem, selfregulating systems must be designed (see also CAS) that do not reinforce the feedbacks and foster a resilient management system.

The fourth principle, foster complex adaptive systems (CAS) thinking, describes the diverse interaction of components, that are individually and collectively adaptive to change, enabling them to selforganize and evolve, and often yielding emergent properties at different scales (Biggs et al. 2015).

The power grid slowly evolved from a local design, to a national and finally, to an international construct, without changing the technical presumptions and management narratives accordingly. The resulting complexity of this digitized power grid causes unintended behavior (e.g. oscillation) (ENTSOE 2016) and makes it as a CAS partly unpredictable. Therefore, the hyperconnected smart grid should be able to reshape itself nimbly to meet tactical goals (e.g. energy demand, system stability) but also in the context of environmental changes (e.g. attacks, disasters). This development sets the requirement of selfadaptive software and adaptation of security mechanisms that can also be found in the MITRE taxonomy (Evesti & Ovaska 2013).

In ecology, CAS can create dependencies horizontally, vertically but also on a temporal dimension. This fosters a mindset that complexity can only be managed by integrating all perspectives and thereby, creating a natural balance. As in nature, smart grids can be designed to pursue such a balance to (unintended) changes by using complex algorithms, local data processing, decentralized control, twoway electricity transmission, and reliabilityefficiency driven response, which are also the basis for selfhealing processes (Dabrowski et al. 2017; Wang et al. 2015).

The fifth principle, encourage learning, represents the constant need to revise existing knowledge to enable adaptative capabilities in complex systems, as well as to maintain critical services in the face of disturbance and change (Biggs et al. 2015). This principle encourages to continuously improve learning processes, to broaden the technological knowledge but also to integrate extended dependencies (e.g. versatile user behaviour) and novel approaches (e.g. game theory) to measure variables that might influence smart grids (Xue & Yu 2017).

Learning has to start with the situational awareness of system elements, threats, and missions' dependencies on system elements (e.g. performance monitoring) which is also addressed by the MITRE framework (Bodeau et al. 2013). As used in ecological research to better understand CAS, novel monitoring and prediction methods are found in the area of deep learning, machine learning and artificial intelligence. These methods can be used to profile the activity

of users, devices, applications, and networks. They seek to detect anomalous patterns or unusual behavior, that may arouse suspicion (Eleks 2018), and are powerful tools in softwaredefined, smart power grids (Rehmani et al. 2019).

The sixth principle, broaden participation, which is used in ecological resilience research as a prerequisite to better manage CAS, affects the discussed architectural perspective only indirectly. By broadening the focus and bringing in expertise from other disciplines, a holistic research focus can be aspired, and more elaborated solutions can be found. This is still a problem for power grids, as the specific models and architectures are not publicly available and hinders scientific analysis and development from researchers of other fields. In the MITRE taxonomy, this perspective is only indirectly included by fostering diversity (Table 1) but lacks the inclusion of positive effects of increased participation.

As power grids are connected internationally, the collective coordination and response by diversity of stakeholders and nations is thought to increase the resilience and to build trust and relationship. This improves the legitimacy of the knowledge base and decision making, helps to promote the understanding of system dynamics, and improves the capacity of a management system to detect and interpret shocks and disturbances (Biggs et al. 2015).

The seventh principle, promote polycentric governance systems, is not only valid for governance, but for polycentric systems in general. As inspired by nature, polycentric systems favor higher diversity, increased communication while building in modularity and redundan-

Ecological resilience design principles	MITRE Techniques													
	adaptive response	analytic monitoring	coordinated defense	deception	diversification	dynamic positioning	dynamic	non-persistence	privilege restriction	realignment	redundancy	segmentation	substantiated	unpredictability
Diversity/Redundancy	B		B/U	B	B/U	B		B			B/U	B/U		B
Manage Connectivity	B/U	U	B	U	U			U	U	U		U	U	U
Slow Variables & Feedbacks		U					U			U				
Complex Adaptive Systems	U	U	U	B/U	U	U	U	U		U		U		B/U
Learning	B	U	B				B/U			B			U	
Broaden Participation	B		B		B						B			
Polycentric (Governance) Systems	B		B		B/U	B/U		U	U	B	B/U	B/U		

Table 1: Ecological resilience design principles (DP) and their mutually complementing techniques (U = DP uses technique; B = DP as basis or support for technique) (own illustration)

cy (Biggs et al. 2015). Due to the remote control of high amounts of power consumption, the smart grid is considered to be vulnerable to direct cyberattacks aiming to destabilize the system (Dabrowski et al. 2017). Therefore, the principle can also be interpreted as to avoid single points of failures and will be an incremental part in the upcoming energy transition. By looking at the MITRE taxonomy, several designs can be pointed out (e.g. diversification, segmentation) that foster such decentralized architectures but should further be inspired by ecological insights.

Other MITRE techniques support ecological principles as well but haven't been included due to spatial limitations. An overview can be found in Table 1.

## Conclusion

By considering the seven ecological resilience principles in the design of systems and systems of systems, the general application of such foster an extended narrative and practical applications to create a more agile and safer environment not only against cyberattacks, but in case of natural disasters, disturbances and internal failures as well. As many technological solutions already exist to create agile structures, the integration of advanced perspectives tackles an underlying problem, why such designs haven't been thoroughly planned. It appears that the research field of software engineering

made significant advancements in the last years to create an elaborated framework for handling complex cyber systems that is, at least partly, lacking in critical infrastructure engineering. Nevertheless, the MITRE taxonomy focusses much on the technical aspects of resilience but does not include hierarchical management structures. The ecological resilience principles extend that framework by integrating temporal, social, organizational and human factors that mutually support each other. This perspective helps to outline the importance of a holistic strategy to tackle complex and multidimensional challenges as can be seen in the development of the smart grid system.

It could also be shown that the proposed ecological framework not only incorporates existing techniques (e.g. MITRE taxonomy), but also includes design and management principles, such as slow variables, CAS, broaden participation and learning, that initially might not have been considered as important for handling complex systems. By referring to wellknown natural processes, its descriptions are easy to understand for managing complex systems. As superordinate principles they are supported by technological resilience techniques on how to design and maintain agile cyberphysical systems but also create an overall environment that favors the deployment of such techniques.

## References

Biggs R., Schlüter M. & Schoon M. (eds.) (2015): Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in SocialEcological Systems. – Cambridge.

Bodeau D., Brtis J., Graubart R. & Salwen J. (2013): Resiliency Techniques for Systemsof-Systems. Extending and Applying the Cyber Resiliency Engineering Framework to the Space Domain. (=MITRE Technical Report 130515).

Bodeau D. & Graubart R. (2017): Cyber Resiliency Design Principles. Selective Use Throughout the Lifecycle and in Conjunction with Related Disciplines. (=MITRE Technical Report MTR 170001).

Cavelty M., Kaufmann M., Kristensen K. (2015): Resilience and (in)security: Practices, subjects, temporalities. – Security Dialogue 46 (1).

Dabrowski A., Ullrich J. & Weippl R. E. (2017): Grid Shock: Coordinated LoadChanging Attacks on Power Grids. Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC) 2017, S. 112.

Eleks (2018): Why adaptive security architecture will become a new standard. [https://eleks.com/blog/adaptivesecurityarchitecturebecomenewstandard/?utm\\_source=medium&utm\\_medium=refferal&utm\\_campaign=RepublAdaptiveSecBlog](https://eleks.com/blog/adaptivesecurityarchitecturebecomenewstandard/?utm_source=medium&utm_medium=refferal&utm_campaign=RepublAdaptiveSecBlog) (Last viewed on 09.01.2020).

EISAC (2016): Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid; [https://ics.sans.org/media/EISAC\\_SANS\\_Ukraine\\_DUC\\_5.pdf](https://ics.sans.org/media/EISAC_SANS_Ukraine_DUC_5.pdf) (01.10.2020).

ENTSOE (2017): Analysis of CE InterArea Oscillations of 1st December 2016. – ENTSOE SG SPD Report.

Evesti A. & Owaska E. (2013): Comparison of Adaptive Information Security Approaches. –ISRN Artificial Intelligence 2013.

Folke C., Carpenter R. S., Walker B., Scheffer M., Chapin T. & Rockström J. (2010): Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. – Ecology and Society 15 (4): S. 20.

Holling C. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. – Annual Review of Ecology and Systematics 4: 123.

Ladyman J., Lambert J. & Wiesner C. (2013): What is a complex system? – European Journal for Philosophy of Science 3 (1): S. 3367.

Li X., Liang X., Lu R., Shen X., Lin X. & Zhu H. (2012): Securing smart grid: cyber attacks, countermeasures, and challenges. – IEEE Communications Magazine 50 (8): S. 3845.

Linkov I., Eisenberg D., Plourde K., Seager T., Allen J. & Kott A. (2013): Resilience metrics for cyber systems. – Environment Systems and Decisions 33: S. 471476.

Mahmud R., Vallakati R., Mukherjee A., Ranganathan P. & Nejadpak A. (2015): A Survey on Smart Grid Metering Infrastructures: Threats and Solutions. – IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT), DeKalb: S. 386391.

Rehmani M. H., Davy A., Jennings B. & Assi C. (2019): Software Defined Networks based Smart Grid Communication: A Comprehensive Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials 21 (3): S. 26372670.

Reich, J., Cohen J. J., Moeltner K. & Schmidthaler M. (2016): Electricity supply security, service valuation, and public perception of energy infrastructure. Kroos D., Schweitzer D., Leroy C., Andreini E., Baltasar B., Boston T. & Keršnik M. (eds.) Protecting Electricity Networks from Natural Hazards. – Vienna, Austria.

Stirling A. (2007): A general framework for analyzing diversity in science, technology and society. – Journal of the Royal Society Interface4: S. 707719.

Wang Z., Chen B. & Chen C. (2015): Networked Microgrids for SelfHealing Power Systems. – IEEE Transactions on Smart Grid 7 (1): S. 310319.

Xue Y. & Yu Y. (2017): Beyond Smart Grid – A CyberPhysicalSocial System in Energy Future. – Proceedings of the IEEE 105 (12): S. 22902292.

Yan Y., Qian Y., Sharif H. & Tipper D. (2012): A Survey on Cyber Security for Smart Grid Communications. IEEE Communications Surveys Tutorials 14 (4), S. 9981010

Kapitel 3

Public  
Health



# Ist die Fledermaus schuld an COVID-19? Schuldzuschreibung und Stigmatisierung und: Was können Entscheidungsträger\*innen tun?

PIA ANDREATTA, ANNA KRIMMER

## Organisation(en):

Universität Innsbruck, Institut für Psychosoziale Intervention

[pia.andreatta@uibk.ac.at](mailto:pia.andreatta@uibk.ac.at), [anna.krimmer@uibk.ac.at](mailto:anna.krimmer@uibk.ac.at)

## Abstract

Schuldzuschreibungen, Diskriminierung und Stigmatisierung haben im gesellschaftlichen Gefüge innerhalb der letzten Monate ihren Niederschlag gefunden. Emotionalisierung durch Angst, Unsicherheit und Frustration liegen diesen Prozessen zu Grunde. Der Beitrag möchte diesbezüglich Herausforderungen für Handlungs- und Entscheidungsträger\*innen während der Pandemie herausarbeiten und von Seiten der Krisen-

Psychologie beleuchten. Hierfür werden verschiedene Ängste und Phänomene wie Fragen der Moralverletzung, moralische Dissonanz, Anfeindung versus Compliance, Beschuldigung und das Sündenbockprinzip beschrieben, um nicht zuletzt auf die Verrechtlichung von Schuld zu verweisen. Auf dieser Basis werden konkrete Hinweise für Handlungsabläufe, Entscheidungsfindung und Krisenkommunikation gegeben.

»Woher kommt das ChinaVirus?« »Ist die Fledermaus schuld an COVID-19?« »Wo sitzt der »VirusSpreader«? All dies sind Aufrufe, welche neben dem legitimen Versuch Ursachen zu identifizieren gleichzeitig auch ein Minenfeld an Schuldzuschreibung, Diskriminierung und Stigmatisierung beinhalten. Tagtäglich gibt es Aufforderungen zu mehr Restriktionen und (Selbst)Schutz. Dagegen wehren sich viele, nicht zuletzt in Demonstrationen: An Bürger und Verfassungsrechte sowie Werte der Demokratie wird erinnert, der Appell an die Freiheit laut und längst steht nicht eine Erkrankung per se im Mittelpunkt, sondern die damit verbundenen politischen Entscheidungen. Ideologische und verschwörungstheoretische Lager ziehen – nicht immer mit Abstand – gegeneinander.

Eine Positionierung kann in diesem Beitrag nicht geleistet werden – oder um es mit Wiedemann (2020) zu nennen, wissen wir letztlich noch nicht ob Warnung oder Entwarnung zu folgen ist – jedoch sollen die psychologischen und damit auch kommunikativen Spannungsfelder, um die Fragen nach Beschuldigung und wie sie kommunikativ adressiert werden könnten, beleuchtet werden.

## Herausforderungen für Handlungsträger\*innen während der Pandemie

Unglücke und Katastrophen, Traumatisierung und Krisen ziehen immer die Suche nach der Verantwortung auf sich. Für katastrophale Natur oder Umwelt Ereignisse gilt dies ebenso wie noch viel stärker für durch Menschen verursachte Krisen (ManMade Disasters). In gesellschaftlich relevanten Problemlagen wird diese Suche jedoch weniger wissenschaftlich betrieben als vielmehr alltagspsychologisch vorgegangen: Schuld wird zugeschrieben, Menschen abgewertet, Sündenböcke identifiziert, Denunziation vorgenommen und damit von eigener Verantwortung oder Schuld, aber auch Angst, entlastet. Eine wissenschaftliche Analyse von Ursachen oder der Verkettung von Aspekten und Fehlern – kurz eine Differenzierung der Situation – und die entsprechende Kommunikation darüber sind umso wichtiger.

In diesem Spannungsfeld kommt Entscheidungsträger\*innen eine bedeutende Rolle zu. Dies verdeutlicht die Tatsache, dass neben anderen Handlungsträger\*innen, auch mehr Bürgermeister\*innen Ziel von Anfeindungen, Beleidigungen und körperlichen Angriffen werden, wie der Tagespresse zu entnehmen ist. Bevor im Folgenden zentrale Aspekte aus der Krisenpsychologie in Hinblick auf die Schulddematik aufgegriffen werden, ein Grundgedanke vorweg:

**Wenn Entscheidungsträger\*innen handeln, dann ist das fast immer eine Entscheidung für und gleichzeitig gegen etwas. Damit liegen sie auch immer irgendwie falsch, denn Risikoentscheidungen sind meist nur Risikoabwägungen (Wiedemann, 2020) und selten eine Entscheidung für 100% Sicherheit. Damit ist die richtige Entscheidung oftmals auch bereits eine falsche. Dies wird gesellschaftlich auch unmittelbar in meist emotionalisierter Form widerspiegelt und oftmals mit Feindseligkeit und Aggression reagiert.**

## Aspekte der Krisen Psychologie

Im Folgenden werden relevante Aspekte für die Schulddematik aus der Sicht der Psychologie herausgearbeitet.

### Angst sich und andere anzustecken

Die Angst sich selbst oder andere anzustecken ist in vielen Bereichen präsent. Juen et al. (2020, in Vorb.) konnten in einer frühen Phase der Pandemie in einer Erhebung bereits herausfinden, dass bei Privatpersonen und insbesondere bei der älteren Bevölkerungsgruppe diese Sorge groß ist. Besonders wachsam in Hinblick Sicherheit und Ansteckung sind Berufsgruppen im Handel, bei der Polizei, im Lehrerberuf und im Tourismus, wobei bei Letzteren nochmals gesondert Zukunftsängste hinzukommen. Gesundheitsberufe stechen besonders hervor und zwar im doppelten Sinne: Zum einen in der Sorge um eigene Ansteckung und Verbreitung, zum anderen auch in der Belastung durch zu knappe Versorgungsstrukturen vulnerable Personen zu benachteiligen. Besonders problematisch ist diese Situation für Pflegeberufe und in psychosozialen Institutionen Tätige. Die Angst, das Virus in die Institution zu tragen und damit ein »VirusSpreader« zu sein ist groß, aber auch real. Die Praxiserfahrung zeigt, dass Übertragungsmodi in der genannten Form zu belastenden Schuld und Schamgefühlen und Stigmatisierung sowie zu Kränkung durch andere führen.

### Moral Injury – Moral Dissonance

Ein wichtiger Begriff im Kontext von COVID-19 ist die Verletzung von Moralvorstellungen (Moral Injury). Unter Moral Injury ist zu verstehen, dass eigene oder gesellschaftliche Moralvorstellungen verletzt werden »müssen«, um eine bestimmte Situation zu erhalten. Das Durchführen einer »Triage« (Hierarchisierung von medizinischen Maßnahmen wie Lebensrettung, Intubation, etc.) oder die Isolation Sterbender von ihren Angehörigen sind nur einige Beispiele. Häufig führt aktives Handeln und das Treffen von Entscheidungen in Notsituationen entsprechend zu moralischer Dissonanz im eignen Empfinden und Denken, denn scheinbar festgeschriebene Werte und gesellschaftliche Ordnungen werden verletzt. Als Folge von Moralverletzung gelten Schuld und Schamgefühle, Angst, Wut, ein vermindertes Selbstwertgefühl und hohe Selbstkritik. Es kann zu einer Erschütterung der Identität, sowie der Selbst- und Weltsicht kommen. Moralische Emotionen werden als soziale Emotionen bezeichnet, da sie nicht selbstbezogen bleiben, sondern in die soziale Interaktion führen (Tangney, 1995) und damit auch zu zwischenmenschlichem Vertrauensverlust, Vermeidung, Kränkung und sozialem Rückzug führen.

### Compliance

Als Entscheidungsträger\*in ist man auf die Bereitschaft zur Mitwirkung anderer angewiesen. Die Einhaltung von Regeln, Richtlinien und Kodizes gelingt auf Dauer aber nur dann, wenn diese nachvollzogen werden können. Angstbasierte oder stark an Moral

appellierende Forderungen nach Einhaltung gelingen höchstens kurzfristig und rächen sich oft durch Vertrauensverlust, Infragestellung und Anschuldigungen. Fakt ist jedoch, dass NonCompliance eine erhebliche Risikoquelle darstellt (Wiedemann, 2020), die sich Handlungsträger\*innen kaum leisten können. Tomczyk et al. (2020) konnten zeigen, dass junge Männer am ehesten eine geringe Compliance äußern, wodurch die Notwendigkeit selektiver Gesundheitsfördermaßnahmen unterstrichen wird. Etwas differenzierter gelangen Juen et al. (2020, in Vorb.) zum Ergebnis, dass hinsichtlich COVID-19 die Berufsgruppe der Lehrer\*innen den einschränkenden Maßnahmen zur Virusausbreitung zustimmen, wohingegen sich Personen in der Leitung mehr Eigenverantwortung wünschen. Ärger über die gesetzten Maßnahmen weisen besonders Berufsgruppen in Leitungsfunktionen und Diensten auf. Zusätzlich zeigt die Studie, dass Verärgerung über die Schuldzuweisung durch mediale Berichterstattung in und über bestimmte Regionen besteht – und wir würden davon ausgehen, dass auch dies die Compliance reduziert.

### **Blame Games**

Aktive oder passive Schuldzuweisungen sollen Verantwortung auf andere abzuwälzen, einen Schuldigen ausfindig machen oder einen Sündenbock identifizieren. Auf die COVID-19Krise folgten von Anfang an spaltende Schuldzuweisungen, welche Jakovljevic et al. (2020) als Blame Games bezeichnen. Im Kontext von Schuldzuweisungen spielt weniger das tatsächliche Verhalten, sondern die Annahme, die wir über Menschen treffen, eine zentrale Rolle (Andreatta, 2015). Können die Ursachen von Unglücken oder Katastrophen dem Schicksal oder »höherer Gewalt« zugeschrieben werden, finden weniger Blame Games statt, als wenn Menschen (Mit)verursachende sind. Sobald also ein negatives Ereignis als Folge von Sorglosigkeit, Ignoranz oder menschliche Willkür gelten kann, löst dies oft starke Emotionen und Beschuldigungen aus. Dahinter verbirgt sich allerdings die legitime Frage nach dem »Warum?« und die Suche nach Erklärungen, welche bei Katastrophen oder negativen Ereignissen für die Betroffenen zentral sind (Andreatta, 2015).

### **Schuldgefühle**

Den Beschuldigungen gegenüber stehen oftmals eigene Schuldgefühle. Diese richten

sich eher nach dem »angerichtete Schaden« bzw. den Konsequenzen und nicht nach der eigenen konkreten Beteiligung (Montada, 1995; Andreatta, 2015). Die Praxis zeigt, dass die Ansteckung von Familienmitgliedern oder bspw. vulnerablen Personen im beruflichen Kontext zu starken Schuldgefühlen und Rückzug führen. Umso problematischer, wenn die Ansteckung zu schwerem COVID-19 Symptombild oder gar Tod führt.

### **Stigmatisierung**

Vereinfacht gesagt bedeutet Stigmatisierung die Diskreditierung durch zugeschriebene Merkmale. Im Kontext von COVID-19 kommt es häufig zu Stigmatisierung, bspw. wenn im Gesundheitswesen Tätige zwar von der Öffentlichkeit als Held\*innen gefeiert, aber gleichzeitig im Privaten gemieden werden. Aufgrund ihrer Konfrontation mit COVID-19 Patient\*innen werden sie als besonders gefährlich hinsichtlich einer Ansteckung eingestuft. Stigmatisierung führt zu Ausgrenzung, Stereotypisierung und Diskriminierung. Zu Grunde liegt die Annahme, dass wer sich an die vorgeschriebenen Regeln hält, sich nicht mit dem Virus ansteckt. Diese Sichtweise entspricht der Überzeugung, dass Personen, die an COVID-19 erkranken, sich den Regeln widersetzt und den Ernst der Lage nicht verstanden haben. Infektionskontrollierende Maßnahmen wie intensives Screening, frühe Identifikation, Isolierung und Contact Tracing bringen immer auch das Risiko der Stigmatisierung mit sich. Überwachung durch den Staat verringert zum einen die Erkrankungszahlen, zum anderen fördert es Misstrauen und Stigmatisierung in der Gesellschaft (Wei et al., 2020)

### **Sündenböcke**

Schuldzuschreibung gegenüber anderen beinhaltet sehr viel Zündstoff für soziale sowie gesellschaftliche Konflikte. Zum einen wollen wir – ganz legitimer Weise – Erklärungen für negative Ereignisse finden, zum anderen für die Zukunft Handlungsalternativen kennen. Hierfür wird aber oftmals eine sehr reduktionistische Sichtweise akzeptiert und sehr einfache Antworten auf komplexe Fragen gegeben. Die Projektion der Schuld und des Ärgers als Antwort auf die Suche ist bekannt durch das Sündenbockprinzip. Vereinfacht gesagt stechen Emotionen wie Ärger, Wut und Hilflosigkeit die Kognition und Logik aus. Entwertungen anderer bis zur Entwertung von Opfern sind in der Literatur schon länger beschrieben (Montada, 1995). Das

Sündenbockprinzip wird durch Verschwörungstheorien zusätzlich befeuert.

### **Verrechtlichung von Schuld**

Mitzudenken im Kontext von COVID-19 ist die rechtliche Dimension. Die Verrechtlichung von Schuld spielt derzeit eine große Rolle. »Behördenversagen« macht sich als Ausruf breit; aktuell laufen tausende Amtshaftungsklagen gegen Behördenvertreter\*innen. Erfahrungen aus dem Unglück in Kaprun im Jahr 2000 führen zu Empfehlungen um jahrelange Prozesse zu vermeiden Schadenersatz zu leisten. Wichtig ist in jedem Fall die ausführliche Prüfung der Situation und damit deren Entemotionalisierung. Untersuchungskommissionen kommt die Aufgabe zu Fürsorge und Aufsichtspflichten sowie auch Fahrlässigkeit zu prüfen. Rechtliche Konsequenzen in Hinblick auf COVID-19 sind derzeit laufend in Entwicklung.

### **Stress und Angst erzeugen Ärger – die Projektion von Ärger erzeugt Beschuldigung und Anfeindung**

Last not least: Für sehr viele Personen ist eine vordergründige Reaktion auf (anhaltenden) Stress aber auch Sorge und Angst vor allem Ärger. Ständige wechselnde Herausforderungen, immer neue Handlungspläne oder keine Handlungspläne zu haben, Mangel an Wissen, Information und Ressourcen, Mangel an Schutzausrüstung bei gleichzeitigem Anspruch, dass Sie für Schutz sorgen müssten, all dies fordert nicht nur fortwährende Anpassung, sondern vermutlich ein starkes »Chi« um es humorvoll zu formulieren. Zwischen der Projektion von Ärger und konstruktiver Kritik liegt ein eher schmaler Weg, gepflastert von Frustration, Enttäuschung, Anfeindung und Beschuldigung.

### **Risikowahrnehmung und Risikokommunikation – Bedeutung für Entscheidungen**

Ein zentraler Aspekt bei COVID-19 stellt die Risikowahrnehmung und die Risikokommunikation dar. Wiedemann (2020) hebt die Wichtigkeit der RisikoRisikoAbwägung in allen Entscheidungsprozessen bezüglich Maßnahmen, die gesetzt werden, hervor. Damit klingt an, dass es eine Fehlannahme ist, dass wer ein Risiko minimiert oder gar ausschaltet, sich auf der sicheren Seite wiegen kann. Risikovermeidung ist oft nicht

möglich und können ganz im Gegenteil andere Risiken heraufbeschworen werden. So vermeiden Kontakteinschränkungen Infektionen, führen aber zu Einsamkeit, welche mit Stress und verstärkten psychischen sowie somatischen Beschwerden einhergeht.

Besonders hervorzuheben ist außerdem der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in politische und mediale Diskurse. Dies klingt einfacher als es ist: Es ist die Sehnsucht nach Sicherheit, die den Wirklichkeitssinn schlägt und nicht selten erliegen wir Framing Fallen (Wiedemann, 2020). Große Zahlen verstärken die Angst, dabei werden sie oft gar nicht richtig gelesen. Es braucht immer eine Rahmung des Themas, welche die Zahlen in eine Relation setzt. Auch die Vermittlung von Information über Einzelschicksale hat eine große Wirkmacht in der Risikowahrnehmung. Besonders Einzelschicksale machen betroffen, da Nähe entsteht und eine Identifikation möglich wird. Ebenso wird die Risikowahrnehmung stark durch Bilder geprägt, welche wie abgekürzte Argumente wirken (ebd.). Risikowahrnehmung bedeutet immer auch selektive Wahrnehmung, da sie auch von den Vorlieben des Betrachters abhängt. Weiters ist in der Forschung zur Risikokommunikation das Phänomen der Politisierung von wissenschaftlichen Erkenntnissen bereits länger bekannt. All diese Faktoren beeinflussen auch den Spielraum von Handlungs und Entscheidungsträger\*innen, welche an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Öffentlichkeit und Politik stehen.

### **Was können Handlungs und Entscheidungsträger beachten?**

#### **– Stellen Sie den Menschen ins Zentrum und suchen Sie den Dialog mit ihnen**

#### **– Informieren Sie phasenangepasst und situationsspezifisch**

Diese beiden ersten wichtigen Punkte bestätigt die Forschungsliteratur ebenso wie aktuelle Richtlinien für die Praxis der Krisenkommunikation (Juen & Stickler, 2020). Wichtig ist es, dass Sie Bürger\*innen in jede Stufe der Pandemie einbinden und aktivieren. Geben Sie Informationen jeweils an die Phase angepasst und jeweils spezifisch für die aktuelle Situation, nach Möglichkeit mit einer entsprechenden Zeitstruktur (Angabe von vorläufiger Dauer). Dies ist darauf ausgerichtet, diejenigen Orte und Kanäle zu erreichen, die von den Zielgruppen als glaubwürdig, informativ und erreichbar angesehen werden. Berücksichtigen Sie, dass die ständige wissenschaftliche Weiterentwicklung bis dato getroffene Entscheidungen rasch in Frage stellt und kommunizieren Sie dies.

Sich jeweils an neue Ausgangslagen in der Kommunikation oder Entscheidungsfindung anzupassen erzeugt mitunter den Eindruck der Inkonsistenz bei der Bevölkerung und führt zu Orientierungslosigkeit und Unsicherheit. Hier schützt Sie Transparenz und Informationsweitergabe auf welcher Basis Ihr Entscheidung getroffen wurde. Bestmögliche Informiertheit und Informationsweitergabe ist als Grundlage der Risikokommunikation unerlässlich.

#### **– Kommunizieren Sie allzeit transparent**

#### **– Beachten Sie die Ebene der Sprache bei der Weitergabe neuer Informationen**

Aufgrund kontroverser Aussagen verschiedener Expertisen bezüglich der Einschätzung der Bedrohung durch das Virus entsteht bei der Bevölkerung oftmals ein Gefühl von Widersprüchlichkeit (Juen & Stickler, 2020). Ein Eckpfeiler der strategischen Risikokommunikation ist deshalb Transparenz. Transparenz verpflichtet die Gesundheitsbehörden zu »communication that is candid, easily understood, complete and factually accurate. [...] It allows the public to 'view' the information gathering, risk assessing and decision making processes associated with outbreak control« (WHO, 2005). Kommunizieren Sie auch Unsicherheiten klar. Überprüfen Sie darüber hinaus immer wieder auf Ebene der Sprache, wie neue Informationen vermittelt werden. Die Art der Formulierung der Botschaft ist entscheidend, ob eine Aufklärung stattfindet oder stattdessen Ängste geschürt werden (Juen & Stickler, 2020).

#### **– Geben Sie Handlungsmöglichkeiten**

#### **– Wägen Sie Risiken miteinander ab**

#### **– Betten Sie Zahlen stets in einen Kontext ein und vermeiden Sie die Darstellung von Einzelfällen**

Es braucht eine Differenzierung von Risikoinformation, sodass unkonkrete Ängste in gerichtete Sorgen verwandelt werden, damit entsprechende Vorsicht entwickelt werden kann. Geben Sie den Menschen gleichzeitig Handlungsmöglichkeiten, um statt Erstarren in Angst, die Umsetzung von Maßnahmen erreichen zu können. Unbedingt notwendig ist auch eine abwägende RisikoIntelligenz. Richten Sie den Blick nicht lediglich auf die Eindämmung des Virus, sondern berücksichtigen Sie auch die Risiken, die mit Notfallverordnungen einhergehen (Stichwort: RisikoRisikoAbwägung). Betten Sie außerdem Zahlen immer in einen Kontext ein, um Aufklärung zu erreichen anstatt Ängste zu schüren. Einzelfalldarstellungen – abgesehen davon, dass sie meist politisieren – lösen Emotionen aus indem sie Nähe vermitteln (z.B. durch biografische Bezüge oder Identifikation) und erzeugen dadurch Ängste.

#### **– ReEvaluieren Sie getroffene Entscheidungen**

#### **– Beachten Sie das vermittelte Menschenbild**

ReEvaluieren Sie bereits gesetzte Handlungen und adaptieren Sie diese bestmöglich. Vermeiden Sie nicht Diskussionen darüber! Die Risikokommunikation sollte immer ausbalanciert und ein Nachweis der Notwendigkeit von Entscheidungen möglichst gegeben sein. Hinterfragen Sie zusätzlich, welches Menschenbild sich in der – auch in Ihrer – Pandemiepolitik widerspiegelt: Werden Bürger\*innen als mündige Wesen betrachtet, die mit den richtigen Informationen auch in schwierigen Situationen Entscheidungen treffen oder mittragen können, oder eher als »(Angst)Hasen mit Spatzenhirn« (Wiedemann, 2020)? Zweifel an Entscheidungen sind durchaus legitim, denn Politik läuft Gefahr in Krisen zu Paternalismus zu tendieren (ebd.).

**– Reflektieren Sie Ihre Verantwortung**

**– Klären Sie Rollenerwartungen**

**– Identifizieren Sie Risikogruppen und schützen Sie diese vor Stigmatisierung**

Reflektieren Sie Verantwortungsübernahme und Rechtfertigung, um Schuldzuweisungen gut entgegenzutreten zu können. Es braucht einen argumentativen Prozess begleitet von Krisenintervention, um weder in das Extrem der Überverantwortlichkeit noch in die Abwehr der eigenen Beteiligung zu gelangen (Andreatta, 2015). Analysieren Sie hierzu Fehler sowie Ereignisverkettungen und klären Sie Vermeidbarkeiten in der Prävention. Zusätzlich benötigt es eine Klärung von Rollenerwartungen und beruflichen Kompetenzen. Identifizieren Sie Risikogruppen für Stigmatisierung und schützen Sie diese indem Sie Übergriffe, Anfeindungen und Denunziation in den Blick nehmen. Vielleicht wollen Sie hierfür auch selbst Unterstützung einholen?

Und nicht zuletzt gelten die in der Praxis der Notfallpsychologie etablierten und als wirksam bestätigten »Essentials« für die Akutintervention nach Hobfoll et al. (2007) auch zu Zeiten von COVID-19:

**– Vermitteln Sie Sicherheit**

**– Sorgen Sie für Ruhe**

**– Geben Sie Hoffnung**

**– Schaffen Sie Verbundenheit**

**– Fördern Sie Selbst und gemeinschaftliche Wirksamkeit**

Vermitteln Sie Sicherheit in den Abläufen und beugen Sie damit dysfunktionalen Kognitionen vor. Ein Überschütten der Bürger\*innen mit negativen Informationen ist nicht zielführend. Vermeiden Sie puren Aktionismus und sorgen Sie stattdessen für Ruhe. Geben Sie Hoffnung für ein erstrebenswertes Ziel und damit eine Zukunft. Ein Gefühl der Verbundenheit, der Selbstwirksamkeit und gemeinschaftlicher Teilhabe sind zentrale Bedürfnisse und können auch während COVID-19 bedeuten, dass Bürger\*innen an einer positiven Entwicklung mitwirken (wollen). Auch wenn insgesamt die letztgenannten Interventionsstrategien für akute Notfälle formuliert wurden können sie wohl auch in den Krisentypus »COVID-19« übertragen werden.

**Literaturverzeichnis**

Andreatta, P. (2015): Ohne Absicht schuldig. Psychosozial-Verlag.

Hobfoll, S., Watson, P., Bell, C., Bryant, R. et al. (2007): Five Essential Elements of Immediate and MidTerm Mass Trauma Intervention. *Psychiatry Interpers. & Biolog. Processes*, 70 (4), S. 283-315

Jakovljevic, M., Jakovljevic, I., Bjedov, S. & Mustac, F. (2020): Psychiatry for Better World: C19 & Blame Games People Play. *Psychiatria Danubina*, 32 (2), S. 221-228

Juen, B. & Stickler, M. (2020): Forschungsupdate: Psychosoziale Unterstützung im Rahmen der COVID-19 Krise. Unveröff. Manuskript, Österr. Rotes Kreuz.

Juen, B., File, N. & Stickler, M. (2020, in Vorb.): Erste Ergebnisse der Befragung in Tirol. Unveröff. Studie: Universität Innsbruck & Österr. Rotes Kreuz.

Montada, L. (1995): Bewältigung von Ungerechtigkeiten in erlittenen Verlusten. *Rep. Psychologie*, 20 (2), S. 14-26

Tangney, J. (1995): Shame and guilt in interpersonal relationships. In J. Tangney & K. Fischer (Ed.) *Selfconscious emotions* (S. 114-139), Guilford Press.

Tomczyk, S., Rahn, M. & Schmidt, S. (2010): Social Distancing & Stigma. *Front. Psychol.*, online: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01821>

Wei, L., Sha, Z., Wang, Y. et al. (2020): Willingness and beliefs associated with reporting travel history to highrisk coronavirus disease 2019 epidemic regions among the Chinese public, doi:10.1186/s12889-020-09282-4

WHO (2005): WHO Outbreak Communication Guidelines. Geneva: World Health Organization.

Wiedemann, P. (2020): Die Tücken der Risikokommunikation. *Skeptiker*, 2, S. 74-81

# Psychosocial considerations for health care workers during the COVID-19 response

ALEXANDER KREH, MICHAEL LINDENTHAL,  
DIETMAR KRATZER, BARBARA JUEN

**Organisation(en):**

Universität Innsbruck

alexander.kreh@uibk.ac.at, barbara.juen@uibk.ac.at

## Abstract

While the COVID-19 pandemic was expanding globally in early 2020, the response of health care workers responding to the crisis in the frontline attracted worldwide attention, with people applauding every night in honour of the important service health care workers provide. However, several studies from the current COVID-19 pandemic as well as previous disease outbreaks point out mental health risks, that health care workers

involved in the direct response to disease outbreaks are confronted with, and indicate the need for appropriate psychosocial support. The present contribution summarizes stressors experienced by health care workers during the COVID-19 response, points out mental health risks and gives recommendations for efficient psychosocial support.

## NoFear Project

NOFEAR is a project funded via the Horizon 2020 research programme (No. 786670) aiming at an improvement in crisis management in Europe during COVID-19. The University of Innsbruck is conducting interviews and focus group discussions to better understand stressors and strategies among health care workers during the response and to develop recommendations for effective psychosocial support. In the course of March to September 2020, we conducted in total 20 Interviews with staff and volunteers from Italian and Austrian hospitals as well as Emergency Medical Services. More interviews are currently carried out. Furthermore, a survey for hospital staff, nursing staff and staff and volunteers from Emergency organizations was sent out, to collect data on general stress perception, traumatic stress experience, wellbeing and resilience of these groups. Following the first measurement from June to August 2020, a second measurement point is planned for November 2020 and a third one in early 2021.

## The challenging situation of health care workers during the COVID-19 pandemic

The COVID-19 pandemic has rapidly developed towards a life-determining challenge affecting people worldwide. Measures required during the response can have a severe psychosocial impact on individuals and societies. Health care professionals all around the world, often working at the frontline during the pandemic are highly exposed to such, often negative, psychosocial consequences.

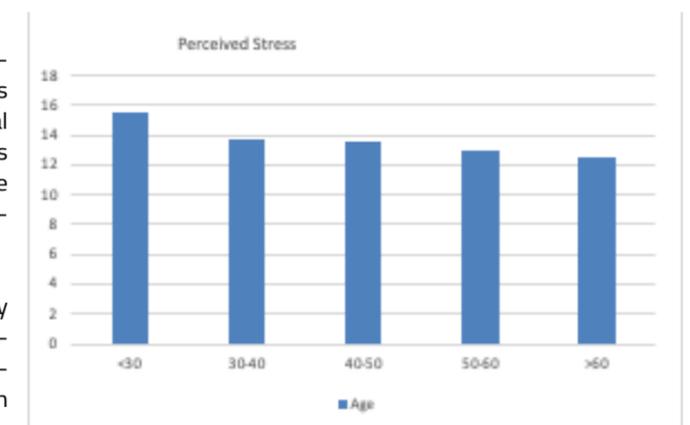
The reasons are manifold. Firstly, the pandemic is a rapidly evolving situation that is characterized by high uncertainty including a long timeframe with no specific end in sight. Secondly, everyone is affected, leaving many health care workers with the double burden of working in a highrisk environment while also being affected privately.

Thirdly, we have to take into account how the pandemic is experienced in the specific context that many health care workers work and live in. Stressors include high exposure to COVID-19 and concerns for the own health related to the virus as well as the risk of infecting family members (Cai et al. 2020, Wu et al. 2020), having limited access or trust in protective equipment (Shanafelt, Ripp & Trockel, 2020), lack of information or insufficient communication, not being able to provide for family needs such as accessing childcare or basic demands in case of infection, as well as concerns for not being able to provide competent support when deployed to new areas or having to carry out new tasks in a rapidly changing work environment (Shanafelt, Ripp & Trockel, 2020).

Another factor that seems to be having a strong impact on how the pandemic is experienced by health care workers is moral distress. Moral injury can occur if

- There has been a betrayal of deeply held moral values
- by a person in legitimate authority (e.g. a leader) or by participation of one's self in acts that transgress such beliefs
- in a high stakes situation (Litz et al., 2009; Shay, 2014).

Several researchers argue that moral injury is one of the main mental health challenges faced by health care workers during the COVID-19 pandemic as complex ethical dilemmas in care evolve (Dunham et al., 2020, Kreh et al., 2020a in prep.). Such ethically difficult decisions can include the isolation of dying patients from their relatives or triage decisions. Moral injury can cause painful emotions such as guilt, shame, anger and lead to loss of trust.

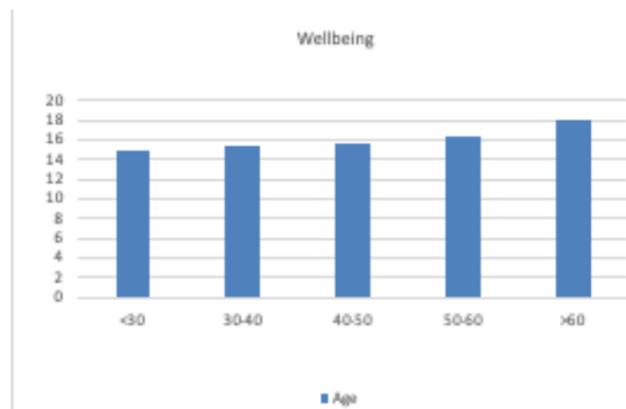


## Risks of mental health consequences

### Distress, insomnia, depression, anxiety

Many health care workers show heightened values for emotional distress, insomnia, depression and anxiety (Tan et al., 2020, Pappa et al. 2020, Huang & Zhao, 2020) during the first months of the pandemic. Results from previous disease outbreaks, such as Ebola, influenza or SARS, show longterm effects in those who had been involved in the direct response to the respective virus. Examples are higher prevalence in burn-out, distress and posttraumatic stress even two or three years after the outbreak (Liu et al. 2012, Maunder, 2006).

Kreh et al. (2020b, in prep.) show significant differences among different groups of workers in the health sector in German-speaking regions during and after the first wave of COVID-19. We collected data on perceived stress, wellbeing, traumatic stress and sense of coherence as a resilience factor of emergency staff and volunteers in emergency medical services (N=637) as well as in staff of hospitals (N=130). Analyzing data of the first measurement, women show significantly more perceived stress ( $t(128)=3,119$ ,  $p=.002$ ) and lower sense of coherence ( $t(128)=2,34$ ,  $p=.02$ ) and wellbeing ( $t(128)=3,001$ ,  $p=.003$ ) than men in hospitals, with women also having a higher mean value in perceived stress than the respective female reference sample. Similar results are shown in emergency staff and volunteers with women having significantly higher perceived stress values ( $t(359.91)=2,717$ ,  $p=.007$ ) along with lower sense of coherence ( $t(631)=2.365$ ,  $p=.018$ ). Another difference among EMS staff and volunteers is that younger staff and volunteers (<30) show more stress and less wellbeing than older age groups in our sample (see figure 1 & 2). Comparing different levels that staff are working in, younger staff doing their community service show significantly more stress ( $t(496) = 2.175$ ,  $p = .030$ ) than other staff with a lower sense of coherence ( $t(494) = 2.730$ ,  $p = .007$ ). Furthermore, those who are employed show significantly less wellbeing ( $t(635)=3.819$ ,  $p<.001$ ) and higher stress ( $t(635)=2.279$ ,  $p=.023$ ) than those who are working as volunteers. Considering the respondent's health constitution, it shows that those who perceive themselves as especially endangered by COVID-19, e.g. due to preexisting health issues, have significantly less wellbeing ( $t(73,55)=3,442$ ,  $p=.001$ .) and sense of coherence ( $t(74,86)=2,026$ ,  $p=.046$ .) along with higher perceived ( $t(607)=2,591$ ,  $p=.01$ ) and traumatic ( $t(74,67)=2,87$ ,  $p=.005$ ) stress than those who do not.



### Identifying protective factors and efficient psychosocial support measures

Considering the high exposure to the mentioned stressors and subsequent risks for health care workers, we have to think about what efficient psychosocial support for this specific group could look like. While lowthreshold access to psychological support such as helplines and counselling alongside selfhelp techniques and psychoeducation is important, it has shown that psychosocial support has to go far beyond such interventions. Resilience building on the organisational level is of utmost importance. According to Maunder et al. (2008), establishing organizational justice on a relational level, e.g. by taking concerns of staff seriously and taking their opinions into account, as well as on a decisional level, e.g. by decentralized decision making and having nursing staff integrated in management procedures, activates more resources.

In pandemics, efficient and fast communication is essential. Good crisis communication can reduce stress of personnel by providing clear guidance and information by trusted channels (Juen & Stickler, 2020).

Altruistic riskassessment is a protective factor against negative impacts. Highlighting the altruistic perspective and selfview as a helper can thus decrease stress, while acts that reduce altruism, endangering the selfview as helpers, can increase stress (Liu et al., 2012, Wu et al., 2009).

Considering moral distress, it is important to establish policies to guide staff through ethically difficult decisions or to remove such decisions from frontline workers (Phoenix Australia – Centre for Posttraumatic Mental Health and the Canadian Centre of Excellence – PTSD, 2020). Hobfoll et al. (2007) found support measures establishing a feeling of safety, calm, self and collective efficacy, connectedness and hope to be most efficient. The authors highlight that these principles have to be translated to the given context. Finally, during the COVID-19 pandemic, actions based on these principles, provided by trusted professionals who are present at the site and actions that are integrated into existing mechanisms (e.g. by integrating psychosocial support into technical support) have the highest prospect of success.

### Literaturverzeichnis

Juen, B. & Stickler, M. (2020): Forschungsupdate: Psychosoziale Unterstützung im Rahmen der COVID-19 Krise. Unveröff. Manuskript, Österr. Rotes Kreuz.

Hobfoll, S. E., Watson, P., Bell, C. C., Bryant, R. A., Brymer, M. J., Friedman, M. J., ... Ursano, R. J. (2007). Five essential elements of immediate and midterm mass trauma intervention: empirical evidence. *Psychiatry*, 70(4), 283–369. <https://doi.org/10.1521/psyc.2007.70.4.283>

Kreh, A., Brancaleoni, R., Magalini, S., Chieffo, D., Flad, B., Ellebrecht, N., Juen, B. (2020a, in prep.). Ethical and Psychosocial Considerations for hospital personnel in the COVID-19 crisis: Moral injury and Resilience.

Kreh, A. & Juen, B. (2020b, in prep.). Auswirkungen der COVID-19 Krise auf Einsatzkräfte. Erste Erhebungswelle.

Litz, B. T., Stein, N., Delaney, E., Lebowitz, L., Nash, W. P., Silva, C., & Maguen, S. (2009). Moral injury and moral repair in war veterans: A preliminary model and intervention strategy. *Clinical Psychology Review*, 29(8), 695–706. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.07.003>

Liu, X., Kakade, M., Fuller, C. J., Fan, B., Fang, Y., Kong, J. ... Wu, P. (2012). Depression after exposure to stressful events: lessons learned from the severe acute respiratory syndrome epidemic. *Comprehensive psychiatry*, 53(1), 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2011.02.003>

Maunder, R. G., Lancee, W. J., Balderson, K. E., Bennett, J. P., Borgundvaag, B., Evans, S. ... Wasylenki, D. A. (2006). Longterm psychological and occupational effects of providing hospital healthcare during SARS outbreak. *Emerging infectious diseases*, 12(12), 1924–1932. <https://doi.org/10.3201/eid1212.060584>

Nickell, L. A., Crighton, E. J., Tracy, C. S., AlEnazy, H., Bolaji, Y., Hanjrah, S. ... Uspshur, R. E. (2004). Psychosocial effects of SARS on hospital staff: survey of a large tertiary care institution. *CMAJ: Canadian Medical Association journal*, 170(5), 793–798. <https://doi.org/10.1503/cmaj.1031077>

Pappa, S., Ntella, V., Giannakas, T., Giannakoulis, V.G., Papoutsis, E., & Katsaounou, P. (2020). Prevalence of depression, anxiety, and insomnia among health-care workers during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Brain, Behavior, and Immunity*. In press. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.026>

Phoenix Australia – Centre for Posttraumatic Mental Health and the Canadian Centre of Excellence – PTSD (2020). Moral Stress Amongst Healthcare Workers During COVID-19: A Guide to Moral Injury.

Shay, J. (2014). Moral injury. *Psychoanalytic Psychology*, 31(2), 182–191. <https://doi.org/10.1037/a0036090>

Tan, B. Y., Chew, N. W., Lee, G. K., Jing, M., Goh, Y., Yeo, L. L., & Sharma, V. K. (2020). Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic on Health Care Workers in Singapore. *Annals of Internal Medicine*. Advance online publication. <https://doi.org/10.7326/M201083>

Wu, P., Fang, Y., Guan, Z., Fan, B., Kong, J., Yao, Z. ... Hoven, C. W. (2009). The psychological impact of the SARS epidemic on hospital employees in China: exposure, risk perception, and altruistic acceptance of risk. *Canadian journal of psychiatry*, 54(5), 302–311. <https://doi.org/10.1177/070674370905400504>

# Logistikherausforderungen in Zeiten von COVID-19 am Beispiel der Berufsrettung Wien – Lessons Learned

RAICH MARGIT<sup>1</sup>, AIGNER PATRICK<sup>2</sup>,  
STOMMEL JOHANNES<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>UMIT, Institut für Management und Ökonomie

<sup>2</sup>Berufsrettung Wien

margit.raich@umit.at, patrick.aigner@wien.gv.at,  
johannes.stommel@wien.gv.at

## Abstract

Weltweit hat die durch COVID-19 ausgelöste Pandemie neue Dimensionen im Umgang und in der Bewältigung dieser mit sich gebracht. Jede Krise, unabhängig ob sie durch ein Naturereignis ausgelöst oder von Menschenhand verursacht wird, ist durch spezifische Rahmenbedingungen gekennzeichnet, sodass Einsatzpläne laufend einer

Reflexion und Adaptierung unterzogen werden müssen. Dies zeigt sich auch im Fall von COVID-19, wo beispielsweise Akteure des Rettungswesens im Vergleich zur Flüchtlingskrise im Jahre 2015 neuen Herausforderungen gegenüberstanden und immer noch gegenüberstehen.

## Einleitung

Während dieser Pandemie müssen im Krisenmanagement Verantwortliche unter einer Vielzahl unbekannter Parameter Entscheidungen treffen, mit dem Ziel eine optimale Versorgung während dieser Zeit zu gewährleisten. Jene Personen und Organisationen, welche die Maßnahmen koordinieren, haben zahlreichen Anforderungen unterschiedlichster Stakeholder gerecht zu werden (van Wassenhove, 2006; Richey, 2009; Kovács und Spens, 2007). In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage welche Einsatzpläne erforderlich sind, um den betroffenen Personen die erforderliche Unterstützung und Hilfe bestmöglich zukommen zu lassen. Pläne sind deshalb von Bedeutung, da sie als Orientierung für die Handlungen der Einsatzteams dienen (Heath, 1995). Des Weiteren sind Strategien zu finden, um mit den involvierten Akteuren aus Politik, Behörden und diversen Organisationen effektiv zusammenzuarbeiten. Dadurch kann verhindert werden, dass in Hinblick auf die Entscheidungsfindungen ein Vakuum entsteht und in weiterer Folge emotionale Reaktionen und Stress aufgrund fehlender Prozesskontrolle sowie Abstimmungen entstehen können.

## Herausforderungen

Die Herausforderungen der COVID-19 Pandemie stellen die Berufsrettung Wien, als öffentlicher Rettungsdienst der Stadt, vor neue Aufgaben. Durch die Abwicklung von Großschadensfällen und langandauernden Einsätzen, sowie die Expertise im Rahmen von Stabsarbeit, wurde innerhalb der Berufsrettung der operative Einsatzstab für das Land Wien integriert. Aufgrund des krisenhaften Denkens innerhalb der Organisation, wurde der Einsatzstab mit der Verteilung und Logistik kritischer medizinischer Verbrauchsgüter u.a. an Gesundheits-, Sozial und Pflegeeinrichtungen betraut. Darüber hinaus wurde der Einsatzstab als »Single Point of Contact (SPOC)« iSd Staatliche Krisen und Katastrophenschutzmanagements, in alle Richtungen definiert. Zusätzlich wurde der Einsatzstab mit der Abwicklung des CovidQuartiermanagements, sowie mit der Durchführung von Hygieneassessments in unterschiedlichen Pflege und Betreuungseinrichtungen beauftragt. Die Planung und Abwicklung der einzelnen Aufgaben basiert auf ökonomischen und epidemiologischen Vorhersagemodellen und Entwicklung der inzidenten Fällen, sowie des Schweregrades des Verlaufes der Krankheit, die aufgrund der Neuheit der Erkrankung sowie fehlender Datenlage nur kurz bis mittelfristig ausgelegt sind. Neben kurz und mittelfristigen Planungsstrategien, finden auch langfristige strategische Überlegungen im Hinblick auf eine zweite Welle statt. Dazu zählt auch die Überarbeitung bestehender Einsatzpläne.

## Definition der Verantwortlichkeitsbereiche

Für ein erfolgreiches Reagieren auf eine Krise sind agile, anpassungs- und leistungsfähige Logistikketten erforderlich (Maon et al, 2009). Aus diesem Grunde ist es hilfreich die Praxis und Charakteristik der Logistik und Versorgungsketten für das Kri-

senmanagement am Beispiel von COVID-19 darzulegen und zu diskutieren, um in Zukunft ein noch effizienteres Pandemie Management zu gewährleisten.

## In diesem Zusammenhang werden folgende Fragestellungen untersucht:

- Welchen Herausforderungen stand die Berufsrettung Wien in Bezug auf deren Einsatz und Logistik Rahmen der COVID-19 Pandemie gegenüber?
- Welche Faktoren beeinflussten positiv und negativ den Einsatz und die Logistik der Berufsrettung Wien?
- Wie kann in Zukunft die Versorgungsleistung aufgrund der bisherigen Erfahrungen kurz, mittel, langfristig optimiert werden, um besser für zukünftige Pandemien vorbereitet zu sein?

Ziel ist es, die Herausforderungen und Problembereiche der Versorgung und Logistik im Rahmen der COVID-19 Pandemie zu identifizieren und aufzuzeigen. Es wird ein qualitativer Forschungsansatz herangezogen. Anhand von Interviews und Fokusgruppen mit EinsatzleiterInnen und MitarbeiterInnen der Berufsrettung Wien wird eine Stärken und Schwächenanalyse der bisherigen Einsatzpläne durchgeführt. Es sollen die Herausforderungen und Problembereiche, denen insbesondere EinsatzleiterInnen während der Pandemie 2020 gegenüberstanden, herausgearbeitet sowie Handlungsempfehlungen für zukünftige Pandemiepläne abgeleitet werden. Die gewonnenen Texte werden anhand der qualitativen Methode GABEK (Ganzheitliche Bewältigung Komplexität) analysiert. Es handelt sich um ein WorkinProgress Projekt. Die ersten Ergebnisse werden im Rahmen der Tagung präsentiert und diskutiert.

## Literatur

- Heath, R. (1995). The Kobe earthquake: some realities of strategic management of crisis and disasters. *Disaster Prevention and Management*, pp. 1124.
- Kovács, G., Spens K.M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, pp. 99114.
- Maon, F., Lindgreen, A. & Vanhamme, J. (2009). Developing supply chains in disaster relief operations through crosssector socially oriented collaborations: a theoretical model. *Supply chain Management: An International Journal*, pp. 14964. National Governors Association 1979. Emergency Preparedness Project, DCPA, Washington, DC.
- Richey, R.G., 2009. The supply chain crisis and disaster pyramid. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. pp. 61928.
- Van Wassenhove, L.N. (2006). Blackett Memorial Lecture, Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society* (57), pp. 475489.

# Experiences from the ad hoc setup of a psychosomatic online intervention module during COVID-19 pandemic in Austria

MATYAS GALFFY, JONAS EGETER, PASCALE TOGGENBURG, MARIA OBERHAMMER, CARINA BICHLER, VERONIKA WIDAUER, BIRGIT HÖGL, EBERHARD A. DEISENHAMMER, BARBARA SPERUNTERWEGER, KATHARINA HÜFNER

**Organisation(en):**

Division of Psychiatry II, Department of Psychiatry,  
Psychotherapy and Psychosomatics, Medical University Innsbruck

matyas.galffy@imed.ac.at

## Abstract

When lockdown and subsequent quarantine was announced in Tyrol due to COVID-19 pandemic many patients with psychiatric and psychosomatic disorders suddenly found themselves without their usual therapeutic setting. We here report our experiences in setting up within a short period of time and without prior experience an online

intervention program for patients with mental health disorders during the COVID-19 pandemic in Austria. Patients could receive direct feedback on their condition on the basis of various questionnaires and received corresponding recommendations from the platform for further treatment.

## Background

For the ad hoc setup of an online intervention program it was necessary to get a closer look to former and ongoing crises. After the SARS epidemic subsided, people who had gone through the disease showed very high numbers of posttraumatic stress disorders and depressive symptoms, which led to the hypothesis «SARS the mental health catastrophe». Initial surveys as part of the current wave of COVID-19 disease from the Hubei region in China have shown that almost 30% of the normal population also have moderate or severe symptoms of anxiety. It is shown that during the onset of the pandemic 16.5% of the normal population (many students among the participants) have moderate to severe depressive symptoms, anxiety symptoms and moderate to high levels of distress (Wang, C., et al. 2020). No persons with preexisting psychiatric illnesses have been included.

Medical staff were also screened for anxiety and stress-related symptoms during the COVID-19 pandemic in China. It was shown that the level of anxiety and stress are related to the quality of sleep and social support from other people (Xiao H. et al. 2020).

## Lockdown Situation

When the lockdown was announced in Tyrol due to COVID-19 on 15th of March with subsequent quarantine over all of Tyrol on 18th of March, many patients with psychiatric and psychosomatic disorders suddenly found themselves without their usual therapeutic setting. It was uncertain at the beginning of lockdown if and when established doctors and psychotherapists could work or consult again. Also, the problem of putting patients and staff at risk exacerbated the situation. In our hospital (Medical University of Innsbruck/Tirol Kliniken Innsbruck) treatment at the outpatient and inpatient departments was reduced to emergency contacts which were delivered via telephone whenever possible. During this time and the days before, we also observed an increase in contacts with individuals without previous mental disorder who were stressed by the quarantine situation. These contacts were referred from our emergency department and by clients calling directly on telephone. Due to the lack of contact and therapy for outpatients in their regular setting we presumed a rapid increase in contacts with which our department would have to deal with.

## Setting Up

A psychiatric psychosomatic online intervention program was established within only a few days. Because of the lack of time, the presumed increase of contacts and an unpredictable number of new patients, the online intervention program was built modular. Thus, the design was flexible to be reduced or extended if needed and adding of new content would be possible without interfering with other topics. Different topics were arranged in little boxes, containing video information or instruction, a short description and a survey. Because most hits

on websites are mobile these days, the whole program including surveys, videos and design was optimized for mobile use on cell phones and tablets. Traffic load was reduced through an external video content provider with broad bandwidth for simultaneous use of the online intervention program through multiple patients at a time.



Figure 1: modular box design

On the last third of the website, written instruction and guidelines were accessible for daily use in case people didn't want to view videos or spend too long on the website.

An important objective was immediate access for patients in the time of lockdown. This was critical because of the increasing amount of telephone contacts. Our providers could give patients information on the phone and refer them to the website for further information, video instructions and repeated viewing of information to gain safety and stability in this time. In addition, the telephone line was kept free for emergency assistance.

## First Version

In the beginning, a simple textbased website with helpful tips for selfcare and telephone numbers for different local and governmental hotlines was launched when lockdown was first announced in Tyrol. The advanced version including video clips was completely established and operational on April 1st, 2020 – 12 days after lockdown. Due to the modular design, different topics could be added time by time. The first version of the website was available under <https://www.psychosomatik-innsbruck.at> and subsequently contained videos on anxiety, stress, resilience, relaxation exercises, physical activity during lockdown period, day structuring activities and measures, the interception of ruminating thoughts, the interaction of mental stress and the immune system, and evaluation of the offer. The topics were chosen based on the clinical experience of our staff (Egeter, J. et al. 2018) and discussions with patients. The videos were produced to reflect standard treatment or psychoeducative settings in our clinical routine without excessive scripting or postproduction. It was important to focus on our personal clinicintern approach of treatment so that patients can identify themselves with the advises given on the website for daily routine.

We also provided questionnaires to monitor sociodemographic data, prior psychiatric or psychosomatic disorder and COVID-19 related information with an individual questionnaire, levels of stress (PSS10 = Perceived Stress Scale), depression and anxiety (PHQ = Patient Health Questionnaire submodules on depressive and anxiety symptoms), resilience (RS13 = Resilienzskala 13), psychosomatic symptoms (PHQ = Patient Health questionnaire submodules on somatization), physical activity (IPAQ = International Physical Activity Questionnaire – short form) as well as a feedback module. This was to recognize a trend and to respond to the needs of patients and adapt content quickly. The questionnaires were chosen to match the topic, by their reliability and needed to be freely available or usable with consent of the rights holder (e.g. WHOQOLBREF).

Table 1: questionnaire overview (first version)

General questionnaire (custom)
PSS10 – perceived stress scale
RS13 – Resilienzskala 13
PHQ* submodule on anxiety
PHQ* submodule on depression
PHQ* submodule on somatization
IPAQ short International Physical Activity Questionnaire short form
Feedback form (custom)

\*PHQD – patient health questionnaire deutsch

## Themengebiete

Denken Sie daran, dass viele der dargestellten Tipps und Techniken regelmäßig angewandt und geübt werden sollen, damit sie nachhaltig helfen. Füllen Sie die Fragebögen ruhig wiederholt aus um Rückmeldung über Ihr momentanes psychisches Befinden zu erhalten und so Veränderungen im Verlauf erkennen zu können.



Figure 2: topic overview (second version)

The program was promoted via social media (Facebook Groups, Sites, individual sharing), television (TirolTV), newspaper (Tiroler Tageszeitung), and through the emergency department of Tirol Kliniken. Therefore, a web link and QR codes were posted at several places within the hospital with short information about the online intervention program. Due to the positive response from hospital staff and the participants we launched a second version of the website on April 30th, 42 days after the quarantine was announced in Tyrol and when lockdown measures such as shop and school closures had been taken back.

## Second Version

The major modification in this second version was that participants could obtain results of the psychometric monitoring directly after completion of the respective questionnaire and thus choose video modules according to their specific needs. Depending on the result of the psychometric tests, certain topics were recommended and directly linked. This was a request of many patients which was implemented and strongly increased website traffic. Original videos were adapted to the specific situation of the postlockdown period and additional videos were added to cover somatic symptoms of stress, panic attacks, suicidal ideation, errors and guilt, social support,

sleep, mood swings, humor and laughter and were available in the second version. Signs of suicidal ideation and major depressive symptoms lead the patient to a specific subsite where information on this topic was given and with strong recommendation of consulting our department or organizing help in different ways.

Additional psychometric measurements were also added to the second version of the website: Sleep (ISI = Insomnia Severity Scale), stress coping (SCI = Stress Coping Inventory, subscale on coping), shame and guilt (SSGS = state shame and guilt scale), panic symptoms (PHQ = Patient Health questionnaire submodules on panic disorders), the severity of depressive, anxiety and stress symptoms (DASS = Depressions Angst Stress Skala), relaxation and day structure (SCI = Stress Coping Inventar, subscale on stress), psychosocial functioning (PHQ = Patient Health Questionnaire submodules on social functioning), social support (WHOQOLBREF), humor and laughter (Selbstwirksamkeitsskala) as well as a modified feedback module.

Table 2: questionnaire overview (second version)

General questionnaire (custom)
PSS10 – perceived stress scale
RS13 – Resilienzskala 13
PHQ* submodule on anxiety
PHQ* submodule on depression
PHQ* submodule on somatization
PHQ* submodule on panic
PHQ* submodule on social functioning
ISI – insomnia severity Scale
SSGS – state shame and guilt scale
DASS – Depressions Angst Stressskala
SCI – Stress Coping Inventory, subscale on coping
SCI – Stress Coping Inventory, subscale on stress
WHOQOLBREF – WHO quality of life (short form)
IPAQ short International Physical Activity Questionnaire short form
Selbstwirksamkeitsskala
Feedback form (custom)

\*PHQD – patient health questionnaire deutsch

## Facing Difficulties

The most prominent hurdles for the ad hoc setup of such a program without prior experience in online intervention programs consisted of issues related to the technical realization which had to be handled without much professional/commercial support due to the time criticalness of the topic as well as the lockdown of most non-system relevant infrastructure.

The insecure situation made it even difficult to find colleagues willing to spontaneously record videos. The increasing

workload in clinical routine and treatment made preparation for video recording a challenge. Supporting facilities like our clinic intern media management were shut down, therefore programming and processing of content had to be done by the core team of medical doctors.

Both issues were much less prominent for the realization of the second version of the website due to the longer planning and adaptation period.

Anonymous feedback through the website and personal feedback from patients and hospital staff was very encouraging. The project exemplified that it is possible to establish an online therapeutic intervention program within only a few days or weeks and that such a program is perceived as helpful by hospital staff (something to provide for patients especially in the emergency department when many routine settings are suddenly unavailable) and participants alike. The evaluation of the clinical routine outcome monitoring of the completed questionnaires is still pending and will help us to get better insights into the specific needs and worries of persons who are more vulnerable to develop stress related mental symptoms in time of acute disaster.

Overall interested individuals clicked and completed 1800 questionnaires and viewed over 15.000 videos in total till mid of July 2020 and the use of the platform is still going on.

## Literatur

Egeter, J., Wintner, L.M., Huber, N. et al. Elektronisches RoutineOutcomeMonitoring (eROM) in Psychiatrie und klinischer Psychologie. *psychopraxis. neuropraxis* 21, 19–27 (2018). <https://doi.org/10.1007/s0073901804902>

Wang, C.; Pan, R.; Wan, X.; Tan, Y.; Xu, L.; Ho, C.S.; Ho, R.C. Immediate Psychological Responses and Associated Factors during the Initial Stage of the 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) Epidemic among the General Population in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 1729.

Xiao H, Zhang Y, Kong D, Li S, Yang N. The Effects of Social Support on Sleep Quality of Medical Staff Treating Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in January and February 2020 in China. *Med Sci Monit.* 2020 Mar 5;26:e923549. doi: 10.12659/MSM

# How to manage a pandemic? Assessment of risk communication strategies for mandatory community quarantine

ANNIKA LICHT, JULIANE SCHOLZ

**Organisation(en):**

Research Group Management of Pandemics, University Hospital Jena, Germany

han.juliane.scholz@freenet.de

## Abstract

One of the most effective non-pharmaceutical interventions to stop the spread of a pandemic, is to limit and restrict movement of people, such as the implementation of lockdowns. However, there is scarce evidence on how to implement lockdowns and quarantine orders successfully. We investigated a community quarantine order for a village in Germany (Neustadt am Rennsteig,

Thuringia, March 2020) with the aim to better understand risk communication strategies that lead to successful implementation of and compliance with quarantine orders. We were particularly interested in identifying conditions and influencing factors that facilitate risk communication governance, flow of information, communication and coordination.

## Methods

The cross-sectional survey was conducted over a period of four consecutive days in Neustadt am Rennsteig, in conjunction with an epidemiological study (CoNAN), that took place six weeks after the end of a mandatory community quarantine order. The questionnaire consisted of closed (14 of 16) and open questions (2 of 16) that were analysed using quantitative and qualitative methods. The closed questions were answered by using a five-tier scale.

The participation was anonymous and voluntary. Participants' eligibility was determined based on their age (over 18 years old) and residence (in Neustadt am Rennsteig).

Neustadt am Rennsteig is a village in Thuringia (Germany) with a population of 883. The targeted total sample size was 562 (excluding minors). 289 participants returned a valid questionnaire, which represents a turnout of 51.4%.

## Findings

46.7% of the participants were aged 60 or older. Most of the participants lived with at least another person (85.8%) and the sample was divided in 45.7% male and 54.3% female participants. The most important source of information was television (86.5%; 95% CI 82.0% - 90.2% before and 86.8%; 95% CI 82.4% - 90.5% during quarantine) followed by radio (68.2%; 95% CI 62.5% - 73.5% / 66.4%; 95% CI 60.7% - 71.9%).

Regarding the flow of information from local authorities, most participants said they were informed via leaflets (61.9%; 95% CI 56.1% - 67.6%) or loudspeaker announcements (64.0%; 95% CI 58.2% - 69.6%).

Most of the participants reported a moderate, good or very good level of information (73.0%; 95% CI 67.5% - 78.0%). However, some (8.0%; 95% CI 5.1% - 11.7%) complained about too much information. Participants articulated needs for more specific information regarding the organisation of quarantine and the implications for the community (125/252 statements: 49.6%). Some called for more control and punishments in case of non-adherence (15%; 38/252 statements). This was followed by 11.5% (29/252 statements) saying the organisation and chain of supplies should be improved.

Regarding the need for communication, there was little contact with the local authorities from part of the population: 38.8% (95% CI 33.1% - 44.6%) of the participants reported that they have not sought any form of contact.

In regards to coordination, 73.4% (95% CI 67.9% - 78.4%) of the participants said that the quarantine had been appropriate and 75.1% (95% CI 69.7% - 80.0%) believed that the majority of Neustadt's population had adhered to the rules of the lockdown. Most participants reported disapproval with a non-compliance with quarantine (88.2%; 95% CI 83.9% - 91.7%).

40.1% (95% CI 34.4% - 46.0%) of the participants said that they still avoid certain places or persons, even after the quarantine ended.

Participants reported varying levels of concern, with participants most worried (average of 3,6) being between 60 and 79 years old.

The level of information showed a positive correlation with the acceptance of the mandatory community quarantine, showing that well informed people reported higher levels of acceptance.

## Interpretation

The mandatory community quarantine was accepted by the population, and the majority of the participants supported the decision. Regarding this matter, the information level seems to be an influencing factor for compliance with community quarantine. Risk groups, such as the people over the age of 60, seem to require more tailored risk communication interventions.

Further research about the risk communication in Neustadt am Rennsteig will be done over the course of the next weeks using in-depth, semi-structured interviews.

# Psychosoziale Unterstützung am Telefon während der »Coronakrise«. Eindrücke und Lessons Learned aus der Ö3-Kummernummer

MICHAEL LINDENTHAL, BARBARA JUEN, ALEXANDER KREH, DIETMAR KRATZER

**Organisation(en):**  
Universität Innsbruck, Österreich

## Abstract

Die Maßnahmen, welche im Laufe des März 2020 (in Österreich) ergriffen wurden, um die so ge-nannte »Coronakrise« in den Griff zu bekommen, haben das Leben sehr vieler Menschen massiv beeinflusst. In Erwartung zunehmender psychosozialer Belastungen wurden entsprechende online- und Telefondienste neu eingeführt oder ausgebaut. So wurden beispielsweise bei der Ö3-Kummernummer die Beratungszeiten von 16 bis 24 Uhr auf 12 bis 24 Uhr ausgeweitet.

Ein erster beobachtbarer Trend in den ersten Wochen der »Coronakrise« war die zuerst sprunghaft angestiegene Zahl der direkt auf die Krankheit Covid-19 bezogenen Themen.

Diese direkt krank-heitsbezogenen Anrufe nahmen ab Ende März deutlich ab und werden zunehmend durch Themen abgelöst, welche die veränderten Lebenssituationen und deren Auswirkungen betreffen.

Für den Sommer 2020 ist eine Auswertung der Telefonberatungen von März bis Juli/August geplant, deren Ergebnisse bei den DRD vorgestellt werden. Der Beitrag wird einen Überblick zu ersten Trends, Erfahrungen und Lessons Learned geben, die sich im Rahmen der Ö3-Kummernummer zu den ersten Monaten der so genannten »Coronakrise« erkennen lassen.

# Zustimmung zu Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie: Ergebnisse einer Längsschnittstudie mit jungen Erwachsenen in Tirol

TABEA BORK-HÜFFER, CHRISTOPH STRAGANZ UND BARBARA JUEN

**Organisation(en):**  
Universität Innsbruck, Österreich

[tabea.bork-hueffer@uibk.ac.at](mailto:tabea.bork-hueffer@uibk.ac.at), [Christoph.Straganz@student.uibk.ac.at](mailto:Christoph.Straganz@student.uibk.ac.at), [Barbara.Juen@uibk.ac.at](mailto:Barbara.Juen@uibk.ac.at)

## Abstract

»Ich bewerte mein Verhalten als gesetzeskonform. (...) Vom Verhalten anderer bin ich teilweise sehr schockiert!« (Nele, 23, Erhebungszeitraum 2). Nach den schnell erlassenen Maßnahmen wie Quarantäne, Ausgangsbeschränkungen und Social Distancing als Reaktion auf die sich ausbreitende COVID 19 Pandemie in Österreich im Frühjahr 2020 und ihre schrittweisen Lockerungen und Aufhebungen stellt sich die Frage, welche Zustimmung ihr erneuter Erlass bei einer weiteren möglichen Zunahme von Infektionszahlen erhalten würde. Die vermeintlich mangelnde Einhaltung von Ausgangsbeschränkungen und Social Distancing durch junge Erwachsene während der ersten Infektionswelle hat im medialen Diskurs besondere Aufmerksamkeit erhalten. Das Projekt COIDENTITIES (»Emerging Adulthood: Spaces, Identities, Futures«) untersucht unter anderem die Veränderungen der Zustimmungen zu und

Einhaltung der im Rahmen der COVID-19 Pandemie in Österreich und Tirol erlassenen Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie durch junge Erwachsene (»emerging adults«). Auf Basis eines qualitativ-longitudinalen Multimethodenansatzes, der 130 Forschungsteilnehmer\*innen von April bis Juni 2020 durch schriftliche Narrative und Smartphone-methode begleitet hat, untersucht das Projekt die Wahrnehmung, Bewertung und Praktiken junger Erwachsener im Kontext der in Österreich erlassenen Ausgangsbeschränkungen und Social Distancing Maßnahmen. Erste Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung von SARS-CoV-2 zunächst von einem großen Teil der jungen Forschungsteilnehmer\*innen unterstützt wurden, sich diese Einschätzung mit zunehmender Zeit der Krise jedoch gewandelt hat.

# Risikokommunikation in Public Health und Pandemie: Interkulturalität in der Krisenkommunikation

**CORNELIA FEYRER**

**Organisation(en):**

Institut für Translationswissenschaft, Universität Innsbruck

**Cornelia.Feyrer@uibk.ac.at**

## Abstract

Krisensituationen in multikultureller Umgebung erfordern, dass Public Health Kommunikation inter-aktive Compliance garantiert. Muss im Kontext einer Pandemie über Sprach- und Kulturgrenzen hinaus Risikokommunikation geleistet werden, mutieren Migrations- und Translationskompetenz zu Kernkompetenzen der Krisenkommunikation. Zweck jeglicher Risikokommunikation ist es, neben der Vermittlung relevanter Informationen auch Verhaltensänderungen zu bewirken, was wiederum eine umfassende Kenntnis von Enkodierungs- und Rezeptionsdynamiken voraussetzt. Eine situations-, handlungs- und vor allem interaktantInnen-sensitive Risikokommunikation als sprach- und kulturde-terminiertes soziales Handeln ist damit eine der tragenden Säulen der Krisenkommunikation.

Public Health Kommunikation kann nur dann in Alltag und Krise effizient funktionieren, wenn unter Berücksichtigung der Rahmensituation und der (fach)kulturellen Prägung und Sozialisation kommuniziert und sprachlich wie auch kulturell auf die Bedürfnisse der HandlungsteilnehmerInnen eingegangen wird. Dies erfordert valide Strategien der interkulturellen Krisen- und Risikokommunikation und impliziert ein permanentes Code-Switching im Sinne einer zielgruppenspezifischen Adaptierung (was z.B. Fachlichkeitsgrad, Diskursform und Art der Mediatisierung anbelangt). Zur kommu-

nikativen Adaptation kommt die Notwendigkeit einer sprachlich-kulturellen Anpassung. Deutlich wird dies u. a. anhand der mit einer fokussierten Intention verbundenen Aufklärungs- und Sozialkampagnen der Public Health Kommunikation, aber auch bei Produktinformationen oder Werbekampagnen für Pharmaka. Hinzu kommt der große Bereich der direkten Interaktion, bei der die Berücksichtigung sprach- und kulturdeterminierter Verhaltensnormen (Tabus, Höflichkeit) in der Ad-hoc-Kommunikation unabdingbar ist. Vor allem die für den Kulturtransfer relevanten sozio-kulturellen Implikationen in den verschiedenen Subsystemen sind sowohl aus medizin- wie auch aus translati-onssoziologischer Sicht eine Herausforderung. Der Begriff der 'Übersetzung' wird damit polysem und spannt den Bogen von der Popularisierung von Fachinhalten innerhalb einer Sprache und Kultur bis hin zur eigentlichen Translation im Sinne von Sprach- und Kulturtransfer.

Im geplanten Beitrag soll daher – fokussiert auf Lokalisierung vs. Internationalisierung und Kultur-transfer – anhand unterschiedlicher Medien- und Diskursformen aus dem Bereich Public Health die Relevanz von Sprach- bzw. Kulturkontaktphänomenen und Translation in Krisen- und Risikokommunikation im nationalen und internationalen interkulturellen Kontext illustriert werden.

## Kapitel 4

# Hochwasser



# Erweiterung von Vulnerabilitätsanalysen um soziale und psychologische Faktoren

SEBASTIAN SEEBAUER<sup>1</sup>,  
PHILIPP BABCICKY<sup>1</sup>, THOMAS THALER<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> LIFE – Institut für Klima, Energie und Gesellschaft,

Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz;

<sup>2</sup> Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien

sebastian.seebauer@joanneum.at, philipp@babicky.com, thomas.thaler@boku.ac.at

## Abstract

Hochwasserrisikomanagement wird heute stark von technischen Ansätzen und Grundannahmen dominiert, die sich vor allem auf die physische Verwundbarkeit sowie die Prozessmodellierung konzentrieren. Die bisherige Forschung zu sozialer Vulnerabilität hat aber gezeigt, dass nicht nur die Eigenschaften physischer Strukturen, sondern auch die Eigenschaften der in diesen Strukturen lebenden BewohnerInnen eine wichtige Rolle für das Ausmaß der Schäden spielen. Physische Vulnerabilitätsindikatoren erklären nur einen geringen Teil der erwarteten materiellen und immateriellen Auswirkungen eines Hochwassers. Wir erweitern bestehende Indikatoren um sozialpsychologische Faktoren wie Risikoeinstellungen, Normen, Selbst-wirksamkeitsüberzeugun-

gen, Sozialkapital und Bewältigungsstrategien, um ein besseres Bild individueller Vulnerabilität zu erhalten. Ein umfassender Ansatz im Hochwasserrisikomanagement sollte ein breites Spektrum an physischen, sozialen und psychologischen Indikatoren sowie materielle und immaterielle Auswirkungen berücksichtigen, um zu vermeiden, dass gefährdete Gruppen in Vulnerabilitätsanalysen unterrepräsentiert oder sogar übersehen werden. Unsere Ergebnisse warnen vor einem vereinfachenden Konzept der allgemeinen Verwundbarkeit, vor einheitlichen, undifferenzierten Maßnahmen zur Risikominderung, sowie vor der Verwendung zusammengesetzter Vulnerabilitätsindizes.

## Vulnerabilität von Personen statt Gebäuden

Hochwasser verursachen erhebliche wirtschaftliche und soziale Schäden. Ihre Auswirkungen auf natürliche und menschliche Systeme sind weltweit sichtbar und werden voraussichtlich in Zukunft zunehmen. Die Auswirkungen ergeben sich nicht nur aus der Häufigkeit (Frequenz) und der Größe (Magnitude) von Gefahrenereignissen sowie der zunehmenden Exposition von Gebäuden oder Infrastruktur, sondern auch aus der Verletzbarkeit der Bewohner (Kuhlicke et al. 2020). Diese Auswirkungen beschränken sich nicht nur auf materielle Schäden an physischen Vermögenswerten, die meist monetär messbar sind, sondern umfassen auch immaterielle Auswirkungen in Bezug auf gesundheitliche und mentale Aspekte, wie z.B. Bluthochdruck, emotionale Belastung, Beeinträchtigung der Lebenssituation, Anstieg von Krankenständen und Bedarf nach langfristiger psychologischer Unterstützung.

Das aktuelle Hochwasserrisikomanagement wird aber stark von ingenieurwissenschaftlichen Ansätzen dominiert, die sich bei den Auswirkungen von Hochwasserprozessen meist auf die physische Verwundbarkeit konzentrieren, wie etwa die Höhe der Schäden an Gebäuden oder Betriebsgeländen, Ausfälle kritischer Infrastrukturen oder Zerstörung von Kulturerbe (Fuchs et al. 2017). Susan Cutter und Kollegen (Cutter et al. 2003) haben jedoch in ihrer wegweisenden Arbeit zur sozialen Vulnerabilität gezeigt, dass nicht nur die Eigenschaften physischer Strukturen, sondern auch die Eigenschaften der in diesen Strukturen lebenden Personen eine wichtige Rolle für das Ausmaß der Schäden spielen.

Dennoch nehmen soziale und psychologische Faktoren eine nachrangige Rolle in gängigen Vulnerabilitätsanalysen ein. Risiken, Bedürfnisse und Kapazitäten sind nicht gleichmäßig auf alle Mitglieder einer Gemeinschaft verteilt, sondern spiegeln soziale Ungleichheiten wider (Tierney 2014). Untersuchungen zur Risikowahrnehmung und Eigenvorsorge zeigen aber eine Reihe von psychologischen Faktoren wie Angst, Selbstwirksamkeit oder soziales Kapital auf, die den Umgang der Betroffenen mit Risiken beeinflussen und folglich ihre Anfälligkeit für Überschwemmungen verringern oder erhöhen (van Valkengoed und Steg 2019; Bubeck et al. 2012).

Die aktuelle Debatte über soziale Vulnerabilität konzentriert sich häufig auf stereotype Gruppen wie Personen mit Migrationshintergrund, einkommensschwache oder ältere Menschen, da diese Personengruppen bei den meisten EntscheidungsträgerInnen präsent sind. Allerdings sind nicht alle Mitglieder einer bestimmten Bevölkerungsgruppe oder eines bestimmten geografischen Gebiets mit den gleichen Risiken und Herausforderungen von Hochwasserereignissen konfrontiert. Deshalb wird eine differenziertere Sichtweise zu diesem Thema benötigt, die berücksichtigt, wer tatsächlich in den gefährdeten Gebieten lebt.

## Nachteile einer Aggregation über geografische Cluster und Bevölkerungsgruppen

Traditionelle Ansätze in der Analyse der sozialen Vulnerabilität fassen vor allem geografische Regionen als Analyseeinheit zusammen, wo sämtliche Haushalte im selben Bundesland, Bezirk oder in derselben Gemeinde als gleiche Einheit dargestellt werden (Tonmoy et al. 2014). Haushalte in derselben Region können jedoch sehr unterschiedlich sein (Fekete 2012); oder wenn Haushalte nach ähnlichen Schwachstellen gruppiert sind, müssen sich diese Gruppen nicht unbedingt räumlich gruppieren (Doorn 2017). Je höher der Grad der räumlichen Aggregation, umso höher ist die Gefahr individuelle Unterschiede nicht zu erkennen und zu stark vereinfachten Ergebnissen zu gelangen.

Häufig ergibt sich eine räumliche Aggregation aus der Notwendigkeit, dass in Vulnerabilitätsanalysen vereinfachende soziodemografische Merkmale aus leicht verfügbaren Sekundärdaten auf Länder- oder Volkszählungsebene herangezogen werden müssen, da der zusätzliche Aufwand für die Durchführung einer eigenen Haushaltsbefragung nicht erbracht werden kann (Solín et al. 2018).

## Disaggregation der Vulnerabilitätsanalyse – ein sozialpsychologischer Zugang

Eine sozialpsychologische Perspektive kann dazu beitragen, die verschiedenen Faktoren, die der individuellen Verwundbarkeit zugrunde liegen, detaillierter darzustellen und die am stärksten gefährdeten Gruppen genauer zu erkennen. Sozialpsychologische Faktoren wie z.B. Risiko-einstellungen, Normen, Selbstwirksamkeits-überzeugungen, Sozialkapital und Bewältigungs-strategien stellen dabei wichtige Informationsquellen dar. Für diese Berechnung wurde eine Haushaltsbefragung unter 1.127 Haushalten in zwei KLAR+ Fallstudienregionen in der Steiermark und in Oberösterreich durchgeführt. Die beiden Regionen, das Ennstal in der Steiermark und die Region Freistadt in Oberösterreich, waren in den letzten Jahrzehnten extremen hydrometeorologischen Ereignissen ausgesetzt.

Separate hierarchische Regressionsmodelle zeigen den eigenständigen Beitrag jedes Vulnerabilitäts- und Resilienzindikators auf die materiellen und immateriellen Auswirkungen von Hochwasserereignissen auf Haushaltsebene. Dieser Ansatz ermöglicht es uns, den zusätzlichen Erklärungswert sozialpsychologischer Indikatoren über klassische physische/ökonomische Indikatoren hinaus zu bestimmen.

### Mehrwert psychologischer Indikatoren

Im Gegensatz zur vorherrschenden Entscheidungsgrundlage in Österreich erklären physische Vulnerabilitätsindikatoren nur einen geringen Teil der erwarteten materiellen und immateriellen Auswirkungen. Psychologische Indikatoren weisen einen zusätzlichen Erklärungswert für individuelle Hochwasser- auswirkungen auf, der über die physischen und soziologischen Indikatoren hinausgeht. Das Hinzufügen von psychologischen Indikatoren verdoppelt die erklärte Varianz der Auswirkungen, insbesondere hinsichtlich gesundheitlicher Auswirkungen und Stressbelastung. Unter den psychologischen Indikatoren erweisen sich allgemeine Absichten, Eigenvorsorgemaßnahmen umzusetzen, Angst vor Hochwasser und Selbstwirksamkeits-überzeugungen als am relevantesten. Psychologische Indikatoren können bestimmte physische Indikatoren ersetzen (z. B. ist die Gefahrenzone ein physischer Proxy-Indikator für die zugrundeliegende subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Hochwasserereignisses).

Verschiedene Auswirkungen von Hochwasser hängen von unterschiedlichen sozialen und psychologischen Merkmalen ab. Schäden am Gebäude und Gebäudeinhalt werden beispielsweise durch andere Faktoren erklärt als mentale Belastung. Wohlhabendere Haushalte erwarten in der Regel geringere psychische Beeinträchtigungen, und gleichzeitig können deren finanzielle Ressourcen die erwarteten physischen Schäden am Gebäude und dessen Gebäudeinhalt schneller beseitigen. Andererseits kann die zur Verfügungstellung von Unterkünften im Notfall auch psychische und gesundheitliche Auswirkungen abfedern und die Rückkehr zur Normalität unterstützen, würde aber gleichzeitig jedoch nichts dazu beitragen materielle Schäden am Gebäude zu vermeiden bzw. zu reduzieren. Dies bedeutet, dass RisikomanagerInnen in einem ersten Schritt jene konkreten Auswirkungen priorisieren sollten, die sie mindern möchten. Erst dann sollten Maßnahmen geplant und umgesetzt werden, die auf jene spezifischen Vulnerabilitätsindikatoren zugeschnitten sind, welche diese Auswirkungen beeinflussen.

## Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass ein umfassender Ansatz für das Hochwasserrisikomanagement ein breites Spektrum an physischen, sozialen und psychologischen Indikatoren sowie materielle und immaterielle Auswirkungen berücksichtigen sollte. Andernfalls können gefährdete Gruppen unterrepräsentiert oder sogar übersehen werden. Unsere Ergebnisse warnen vor einem vereinfachenden Konzept der allgemeinen Verwundbarkeit und vor einheitlichen, undifferenzierten Maßnahmen zur Risikominderung. Da psychologische Faktoren leichter verändert werden können als soziale Faktoren (wie Geschlecht oder Einkommen), liefern unsere Ergebnisse vielversprechende Hinweise für Maßnahmen zur Verringerung der Verwundbarkeit.

Disaggregierte Daten auf Haushaltsebene sind erforderlich, um die interindividuellen Unterschiede zwischen Haushalten, die in demselben hochwassergefährdeten Gebiet leben, vollständig abzubilden. Selbstberichte von betroffenen Haushalten können jedoch subjektiv verzerrt sein. Während psychologische Indikatoren von Natur aus subjektiv sind, können Angaben zu physischen Indikatoren wie die Risikozone oder der Gebäudezustand ungenau sein, wenn die Befragten über unzureichendes Hintergrundwissen verfügen. Um die gesamte Breite der physischen, sozialen und psychischen Indikatoren auf Haushaltsebene zu messen, müssen möglicherweise standardisierte Fragebögen durch zeit- und kostenintensive Expertenbewertungen vor Ort ergänzt werden.

Wir raten davon ab, zusammenfassende Kennwerte wie Vulnerabilitätsindizes aus der Bandbreite an Indikatoren abzuleiten. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass der Einfluss (bzw. das Gewicht im Vulnerabilitätsindex) desselben Indikators stark variiert, je nachdem auf welche konkrete Auswirkung eines Hochwassers sich dieser bezieht. Ein Aufaddieren von Indikatoren zu einem zusammengesetzten Index kann nur ein stark vereinfachendes Bild liefern. Das Zusammenfassen von Indikatoren zu einer einzigen Kennzahl verdeckt in den meisten Fällen die Details, die für eine effektive Berücksichtigung benachteiligter Gruppen wesentlich sind.

## Literaturverzeichnis

Detaillierte Analysen und Ergebnisse verfügbar unter: <https://justfair.joanneum.at/publications/> (in englischer Sprache)

Bubeck, P., Botzen, W.J.W., Aerts, J.C.J.H. (2012). A review of risk perceptions and other factors that influence flood mitigation behavior. *Risk Analysis*, 32(9), 1481-1495.

Cutter, S.L., Boruff, B.J., Shirley, W.L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261.

Doorn, N. (2017). Resilience indicators: Opportunities for including distributive justice concerns in disaster management. *Journal of Risk Research*, 20(6), 711-731.

Fekete, A. (2012). Spatial disaster vulnerability and risk assessments: Challenges in their quality and acceptance. *Natural hazards*, 61(3), 1161-1178.

Fuchs, S., Röthlisberger, V., Thaler, T., Zischg, A., Keiler, M. (2017). Natural hazard management from a co-evolutionary perspective: exposure and policy response in the European Alps. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(2), 382-392.

Kuhlicke, C., Seebauer, S., Hudson, P., Begg, C., Bubeck, P., Dittmer, C., Grothmann, T., Heidenreich, A., Kreibich, H., Lorenz, D. F., Masson, T., Reiter, J., Thaler, T., Thieken, A.H., Bamberg, S. (2020). The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications. *WIREs Water*, 7(3), e1418.

Solín, L., Madajová, M. S., Michaleje, L. (2018). Vulnerability assessment of households and its possible reflection in flood risk management: The case of the upper Myjava basin, Slovakia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 640-652.

Tierney, K.J. (2014). *The social roots of risk: producing disasters, promoting resilience*. Redwood City: Stanford University Press.

Tonmoy, F. N., El-Zein, A. (2018). Vulnerability to sea level rise: A novel local-scale indicator-based assessment methodology and application to eight beaches in Shoalhaven, Australia. *Ecological Indicators*, 85, 295-307.

van Valkengoed, A.M., Steg, L. (2019). Meta-analysis of factors motivating climate change adaptation behaviour. *Nature Climate Change*, 9(2), 158-163.

# Lernen von der Vergangenheit, um die Zukunft zu gestalten: Anpassungspfade als strategisches Instrument für das österreichische Hochwasserrisikomanagement

THOMAS THALER<sup>1</sup>, SUSANNE HANGER-KOPP<sup>2,3</sup>,  
ALINA LÜCKL<sup>4</sup>, THOMAS SCHINKO<sup>2</sup>,  
SEBASTIAN SEEBAUER<sup>4</sup>, CHRISTOPH CLAR<sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien

<sup>2</sup> Risk and Resilience, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg

<sup>3</sup> Climate Policy Group, ETH Zürich

<sup>4</sup> LIFE – Institut für Klima, Energie und Gesellschaft, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz

thomas.thaler@boku.ac.at; hanger@iiasa.ac.at; Alina.Lueckl@joanneum.at;  
schinko@iiasa.ac.at; Sebastian.Seebauer@joanneum.at; christoph.clar@boku.ac.at

## Abstract

Die jüngsten Extremereignisse zeigen deutlich, welche Herausforderungen auf uns als Gesellschaft zukommen. Um adäquate Antworten auf diese aktuellen sowie zukünftigen Schwierigkeiten im Hochwasserrisikomanagement zu finden, müssen sowohl die Gesellschaft als auch deren politische Verwaltung gut vorbereitet sein. Aktuell drehen sich die wichtigsten politischen und wissenschaftlichen Debatten diesbezüglich einerseits um die Frage, welche intelligenten technischen und nicht-technischen Lösungen die Resilienz der Gesellschaft gegenüber möglichen zukünftigen Ereignissen erhöhen, und andererseits um die Frage, wie die relevanten Akteure auf lokaler Ebene unterstützt werden können, um diesbezüglich zu einer gut informierten Entscheidung zu gelangen. Entscheidungen in Bezug auf das Management von Hochwasserrisiko und ihre

Auswirkungen werden bis dato typischerweise als singuläre Ereignisse bewertet. Lokal spezifische soziale und wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden häufig ausgeblendet sowie alternative Konzepte und Entscheidungen oftmals ignoriert. In diesem Artikel zeigen wir eine mögliche Herangehensweise auf, die es ermöglicht, langfristige Entwicklungen von Arenen, in denen Entscheidungen getroffen werden, zu analysieren, zu bewerten und in lokale Anpassungsstrategien zu integrieren. Es soll dabei eine Verbindung zwischen vergangenen Prozessen mit in der Zukunft zu fallenden Entscheidungen hergestellt werden. Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen drei Gruppen von Entscheidungskontexten: (1) konkurrierende Interessen aus unterschiedlichen Politikbereichen; (2) ad-hoc-Entscheidungen, die häufig einen Vorrang gegenüber strategischen

Planungen haben; und (3) vergangene Entscheidungen, die Übertragungs-, Folge- oder sogar Lock-in-Effekte für spätere Entscheidungen erzeugen können. Welche Entscheidungen wann getroffen werden, hängt dabei sehr stark von den jeweiligen Machtverhältnissen, Interessen und jeweiligen Diskursen zwischen den beteiligten Akteuren ab. Um diese zu verstehen, müssen mit Blick auf jede getroffene Entscheidung nicht nur die ausgewählten Optionen analysiert werden, sondern auch die Alternativen, die nicht berücksichtigt wurden. Die historischen Erkenntnisse bilden dabei einen fruchtbaren Ausgangspunkt für eine gemeinsame Gestaltung zukünftiger Risikomanagementpfade, die gemeinsam mit den wichtigsten Interessengruppen diskutiert und im Planungsprozess mitberücksichtigt werden können.

## Einleitung

Die jüngsten Hochwasserereignisse haben gezeigt, dass Naturgefahren immer noch eine gravierende Herausforderung für unsere Gesellschaft bedeuten. Insbesondere Extremereignisse, wie z.B. massive Regenfälle innerhalb von 2030 Minuten, führen immer wieder zu schwerwiegenden Schäden. Das Ausmaß dieser Risiken ist auch durch Entscheidungen in der Vergangenheit geprägt, etwa in der Erschließung von Siedlungsräumen oder der Errichtung von Schutzbauten. Daher stellt sich die Frage, wie wir adäquate Antworten auf diese aktuellen sowie zukünftigen Entwicklungen finden können, um zukünftige Generationen besser auf diese Herausforderungen vorzubereiten bzw. mögliche Schäden zu verringern. Adäquate und zukunftsorientierte Entscheidungen sind eine zentrale Aufgabe vor allem für die öffentliche Hand, um nicht bloß den Status Quo zu erhalten, sondern (möglichen) zukünftigen Problemen vorzubeugen (Mochizuki et al. 2018; Nordbeck et al. 2019).

Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement werden häufig binnen weniger Jahre als Reaktion auf eine Naturkatastrophe getroffen. Der Fokus liegt dabei darauf, die Wiederholung einer solchen Katastrophe zu vermeiden. Dass daraus möglicherweise auch Folgewirkungen oder Einschränkungen zukünftiger Handlungsspielräume erwachsen, wird in diesen singulären Entscheidungen auf lokaler Ebene kaum berücksichtigt. Entscheidungen werden im Spannungsfeld getroffen zwischen (1) konkurrierenden Interessen aus unterschiedlichen Politikbereichen; (2) ad-hoc-Entscheidungen, die häufig einer raschen Lösung nach dem aktuellen Stand der Technik den Vorrang gegenüber strategischen Planungen geben; und (3) früheren Entscheidungen, die Übertragungs-, Folge oder sogar massive Kosten für einen Systemwechsel mit sich bringen können. Letztere beeinträchtigen die Freiheit von späteren Entscheidungen unter Umständen massiv bzw. können sie nur mit einem sehr hohen Ressourceneinsatz wieder behoben werden. Welche Entscheidungen wann getroffen werden, hängt dabei sehr stark von den jeweiligen Machtverhältnissen, Interessen und Diskursen zwischen den beteiligten Akteuren ab. Wenn bestimmte Strategien Vorgehens und Handlungsweisen manifestieren, obwohl sie Teil eines suboptimalen Anpassungspfades sind, führt das in der Regel langfristig zu einem ineffizienten Einsatz von Mitteln und limitiert lokale Entwicklungsperspektiven (Vergne und Durand 2010). Es gibt zahlreiche Beispiele in Österreich, in denen sich das Schadenspotenzial durch Schutzmaßnahmen weiter erhöhte (Fuchs et al. 2017; Löschner et al. 2017) und wir einen sogenannten Kaskadeneffekt beobachten können: Aufgrund des erhöhten Schadenspotenzials werden weitere Schutzmaßnahmen umgesetzt, die wieder zu einer Erhöhung des Schadenspotenzials beitragen. In einem der-

art selbstverstärkenden Mechanismus bedarf es immer weiterer Schutzmaßnahmen, um das gewünschte Schutzniveau zu erreichen. Im Rahmen des ACRPP-Projektes »pathways« (https://pathways.joanneum.at/) erarbeitet ein interdisziplinäres Forschungsteam einen Ansatz, der EntscheidungsträgerInnen dabei unterstützt, historisch eingeschlagene Pfade sowie Möglichkeiten, diese zu verlassen, zu erkennen. Dadurch sollen in der Vergangenheit getroffene Entscheidungen keinen unverhältnismäßig großen Einfluss darauf haben, in Gegenwart und Zukunft adäquate Antworten auf die zukünftigen Herausforderungen – ausgelöst u.a. durch den Klimawandel – zu finden.

## Konzeptioneller Rahmen

Haasnoot et al. (2011; 2012) entwickelten in der niederländischen Forschungs- und Beratungseinrichtung Deltares den adaptation pathways-Ansatz, der geplante Schutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Zukunftsfähigkeit und Kapazitätsgrenzen analysiert. Wir erweitern diesen Ansatz, der die Grundlage für zukünftige Anpassungspfade legen soll, um eine Perspektive, die vergangene Entwicklungen integriert. In der historischen Rekonstruktion von politischen Entscheidungen auf der lokalen Ebene werden politische Präferenzen, Möglichkeiten und Wahrnehmungen, z.B. bezüglich der Faktoren Zeit, Risiko, Unsicherheit und Gerechtigkeit sichtbar. Das ermöglicht eine Analyse von Schlüsselfaktoren für vergangene Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement und zeigt auf, wieso bestimmte Anpassungspfade eingeschlagen, andere Optionen jedoch ausgeblendet wurden. Die rückblickende Perspektive auf vergangene Entscheidungsfindungsprozesse illustriert, welche unvorhergesehenen und nachteiligen Entwicklungen in weiterer Folge zu Pfadabhängigkeiten und eingeschränkten Handlungsspielräumen führten. Der kombinierte Analyserahmen vergangener, aktueller und zukünftiger Anpassungspfade und Entscheidungsprozesse ermöglicht ein vertieftes Verständnis dafür, wie sich die Abhängigkeiten entwickeln, welche Gründe für die Wahl oder Missachtung alternativer Anpassungsoptionen entscheidend waren und wie zukünftige Entscheidungen »besser« getroffen werden können. Abbildung 1 stellt exem-

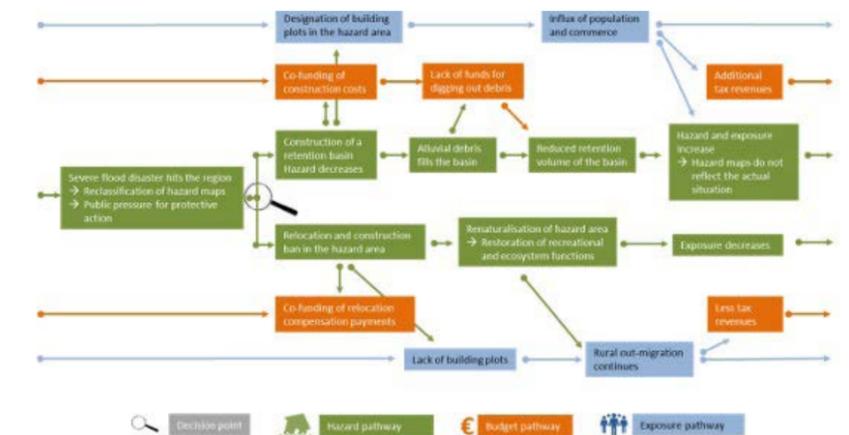


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der Folgewirkungen in den Anpassungspfaden Rückhaltebecken versus Absiedelung

plarisch die Wechselwirkungen verschiedener Anpassungspfade dar.

Dieser umfassende Ansatz kombiniert das Lernen aus der Vergangenheit mit dem Blick in die Zukunft (10–20 Jahre), der es ermöglicht, unbeabsichtigte oder unangepasste Konsequenzen abzuschätzen und sogenannte Strategien aufzuzeigen die ökonomisch, sozial und ökologisch sinnvoll sind. Die Verknüpfung der Vergangenheit mit der Zukunft ist essenziell, um dynamische Entwicklungen im Bereich des Klimawandels, des demographischen Wandels bzw. der Landnutzungsänderungen besser antizipieren und ihnen gegensteuern zu können.

### Mechanismen von Pfadabhängigkeit

Hinter dem rigiden Beibehalten von Anpassungspfaden stehen selbstverstärkende Mechanismen, die zur wiederholten Reproduktion bis dahin bewährter Problemlösestrategien führen (Parsons et al. 2019). Fixkosten, hohe Investitionen und langwierige Genehmigungsverfahren resultieren in einem starken Beharren auf einem einmal eingeschlagenen Pfad. Hinzu kommen die stabilisierenden Effekte von institutioneller Verankerung und Koordination, wenn Standardlösungen zwischen Akteuren mit einem langjährigen Vertrauensverhältnis fortgeschrieben werden.

### Anwendung der Anpassungspfade in Österreich

Im Projekt »pathways« wird das Konzept der Anpassungspfade in zwei ausgewählten Regionen in Österreich angewandt. Die beiden Klimaanpassungsregionen (KLAR!Pilotregionen) Ennstal in der Steiermark sowie Freistadt in Oberösterreich waren in den vergangenen Jahren immer wieder durch Hochwasserereignisse betroffen. Die Region Ennstal wurde durch das Flusshochwasser der Enns sowie durch verschiedene Wildbachereignisse in den Jahren 2010, 2013 sowie 2017 stark in Mitleidenschaft gezogen. Die Region Freistadt war 2002 vom Hochwasser der Aist teilweise stark betroffen (Habersack et al. 2004; Hübl und Beck 2018). Neben der Hochwasserproblematik sind beide Regionen mit soziodemographi-

schen Veränderungen konfrontiert, wie Abwanderung, Überalterung oder hohe Pendleraktivität aufgrund des begrenzten lokalen Arbeitsmarktes. Durch die Anzahl der Ereignisse und das vorhandene Schadenspotenzial müssen in beiden Regionen verstärkt Überlegungen bezüglich der lokalen Hochwasserrisikomanagementkonzepte angestellt werden. Beide Regionen stehen vor vielschichtigen Interessenskonflikten rund um Regionalentwicklung, Flächenwidmung und finanziellen Rahmenbedingungen des Gemeindebudgets.

### Erste Ergebnisse

Seit 1920 wurden in Österreich verstärkt Maßnahmen zur Vorbeugung von Hochwasserereignissen durchgeführt. Analysiert man die Bautätigkeit in der KLAR!Region Ennstal, dann wurden neue Bauwerke insbesondere in den 1920er Jahren sowie vor allem in den 1950er, 1970er und 1990er Jahren errichtet (Abbildung 2).

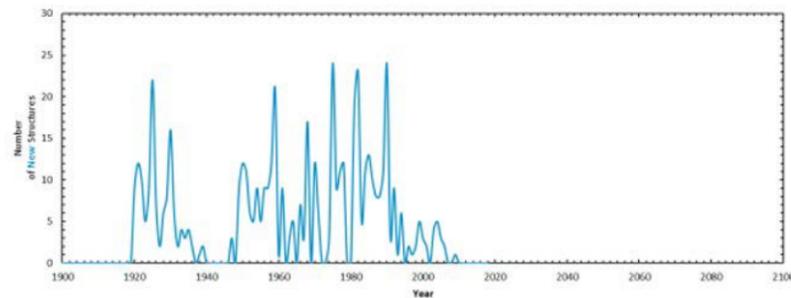


Abbildung 2: Anzahl von Bauwerken in der KLAR!Region Ennstal im Zeitraum 1920-2015

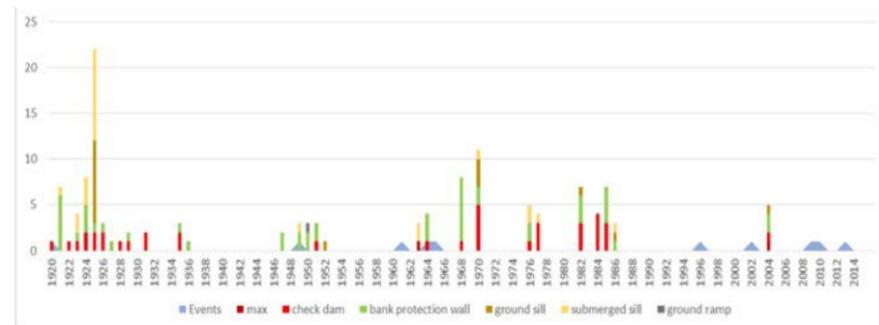


Abbildung 3: Anzahl von Maßnahmen und Ereignisse am Niederöblarnerbach zwischen den Jahren 1920 und 2015

Vergleicht man den Errichtungszeitpunkt von neuen Schutzbauwerken in der Region mit dem Auftreten von Hochwasserereignissen (Beispiel des Niederöblarnerbachs in Abbildung 3), ist zu erkennen, dass die meisten Bauwerke als direkte Reaktion auf Ereignisse entstanden sind. Der jeweilige Verbauungstyp stellt meist den Stand der aktuellsten Technik der jeweiligen Zeit dar. Es spielen vor allem Ereignisse mit einer starken Intensitätsklasse (L) eine tragende Rolle bei der Errichtung von Bauwerken. In erster Linie mildern Schutzbauten zwar den unmittelbaren politischen Handlungsdruck, Wartungs und Instandhaltungskosten können aber das Gemeindebudget langfristig belasten und in einem Kaskadeneffekt die Errichtung weiterer Bauwerke anstoßen.

## Zusammenfassung

Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement erfolgen immer noch sehr rasch nach einem Ereignis, u.a. auch aufgrund massiven Drucks der lokalen Bevölkerung. Dabei werden meist Maßnahmen umgesetzt, die allgemein bekannt sind und dem Stand der Technik entsprechen. Diese singulären Entscheidungen führen aber dazu, dass sich das Schadenspotenzial in den Gemeinden und Regionen meist weiterentwickelt und den zukünftigen Herausforderungen im Hochwasserrisikomanagement aufgrund des Klimawandels zuwiderläuft. Deshalb ist es wichtig, aktuelle Pfadabhängigkeiten frühzeitig zu erkennen und eine Abkopplung zu erzielen. Nur so kann ein antizipatives Hochwasserrisikomanagement umgesetzt und verstetigt werden.

## Literaturverzeichnis

Mochizuki, J., Schinko, T., HochrainerStigler, S. (2018): Mainstreaming of climate extreme risk into fiscal and budgetary planning: application of stochastic debt and disaster fund analysis in Austria. *Regional Environmental Change*, 18, S. 21612172. doi: 10.1007/s1011301813003

Nordbeck, R., Steurer, R., Löschnner, L. (2019): The future orientation of Austria's flood policies: from flood control to anticipatory flood risk management. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(11), S. 18641885. doi: 10.1080/09640568.2018.1515731.

Vergne, J.P., Durand, R. (2010): The missing link between the theory and empirics of path dependence: Conceptual clarification, testability issue, and methodological implications. *Journal of Management Studies*, 47, S. 736759. doi: 10.1111/j.14676486.2009.00913.x

Fuchs, S., Röthlisberger, V., Thaler, T., Zischg, A., Keiler, M. (2017): Natural hazard management from a coevolutionary perspective: Exposure and policy response in the European Alps. *Annals of the American Association of Geographers*, 107 (2), S. 382392. doi: 10.1080/24694452.2016.1235494.

Löschnner, L., Herrnegger, M., Apperl, B., Senoner, T., Seher, W., Nachtnebel, H.P. (2017): Flood risk, climate change and settlement development: a microscale assessment of Austrian municipalities. *Regional Environmental Change*, 17, S. 311322. doi: 10.1007/s1011301610090.

Haasnoot, M., Middelkoop, H., Offermans, A., van Beek, E., van Deursen, W.P.A. (2012): Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment. *Climatic Change*, 115 (34), S. 795819. doi: 10.1007/s1058401204442.

Haasnoot, M., Middelkoop, H., van Beek, E., van Deursen, W.P.A. (2011): A method to develop sustainable water management strategies for an uncertain future. *Sustainable Development*, 19(6), S. 369381. doi: 10.1002/sd.438.

Habersack, H., Bürgel, J., Petraschek, A. (2004): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 – Floodrisk, Synthese. Eigenverlag Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Hübl, J., Beck, M. (2018): Ereignisdokumentation 2017 Detailberichte Salzburg und Steiermark. IAN Report 192. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wildbach und Lawienverbauung, Wien.

# Überflutungsflächenidentifizierung an der Donau – Methodik und österreichische Beispiele zum Schadenspotenzial

SABRINA SCHEUER, MARKUS EDER,  
HELMUT HABERSACK

Organisation(en):

Institut für Wasserbau Hydraulik und Fließgewässerforschung, Universität für Bodenkultur, Wien

sabrina.scheuer@boku.ac.at, helmut.habersack@boku.ac.at

## Abstract

Überflutungsflächen bieten neben dem Hochwasserschutz auch ökologische und sozioökonomische Vorteile. Die Erhaltung und Verbesserung dieser Flächen ist bereits in der EU-Hochwasserrahmenrichtlinie verankert. Um diese Flächen aber zu schützen und zu verbessern, müssen sie zuerst identifiziert werden. Diese Arbeit stellt aber nicht nur eine Methodik zur Identifikation der Überflutungsflächen an der Donau vor, sondern beschäftigt sich auch mit einer detaillierteren Analyse von Faktoren, die das Schadenspotenzial bestimmen, wie die Anzahl an betroffenen Gebäuden und den Gesundheitszustand der Einwohner. Diese Informationen sind nicht nur relevant in Hinblick auf die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Überflutungsflächen, sondern auch in Hinblick auf das Hochwasserrisiko. An der Donau wurden insgesamt 51 aktive Überflutungsflächen identifiziert, wobei sechs davon in Österreich liegen. Diese weisen zwischen 79 und 2.837 Gebäude auf, die im Falle eines HQ100 Hochwassers betroffen wären. Das

Eferdinger Becken weist allerdings mit 19,58 Häusern pro km<sup>2</sup> die höchste Dichte auf. Sieht man sich die Gebäude der Überflutungsflächen im Detail an, dann muss festgestellt werden, dass bei diesem Hochwasserereignis im Marchfeld die Hälfte der betroffenen Gebäude mehr als 1 Meter unter Wasser stehen, teilweise sogar bis zu 5 Meter. Statistisch gesehen sind ca. 4,5% der dort wohnenden Personen in einem schlechten oder sehr schlechten Gesundheitszustand, was bei ihnen im Falle eines Hochwassers die Evakuierung deutlich erschwert, besonders die Anzahl an Personen, die Probleme beim Gehen haben oder überhaupt nicht mobil sind. Auf die sechs Überflutungsflächen in Österreich gerechnet muss man davon ausgehen, dass sich in etwa 155 Personen nur schlecht aus dem Gefahrenbereich selbst retten können und durchschnittlich 35 Personen gar nicht mobil sind und somit unter speziellen Bedingungen evakuiert werden müssten.

## Einleitung

Die EU-Hochwasserrahmenrichtlinie (2007/60/EG) hat unter anderem die Erhaltung und Verbesserung von Überflutungsflächen zum Ziel, um den Flüssen wieder mehr Raum zu geben. Trotz allem schreitet die Bodeninanspruchnahme speziell im Bereich der früheren Überflutungsflächen von Flüssen weiter voran, da hier besonders passendes Land für Landwirtschaft und Siedlungsentwicklung vorhanden ist. In Österreich schwankte der jährliche Verlust im Zeitraum 2001 bis 2019 zwischen 38 km<sup>2</sup> und 104 km<sup>2</sup> (Umweltbundesamt 2020). Im Donau Einzugsgebiet wurden bereits etwa 80% der früheren Überflutungsflächen im Vergleich zum 19ten Jahrhundert vom Fluss abgeschnitten (Schwarz 2010). Diese Flächen sind aber nicht nur für die Verzögerung sowie Reduktion der Hochwasserwelle von Bedeutung, sondern auch in Hinblick auf ökologische und sozioökonomische Aspekte und sollten daher erhalten werden (Habersack et al. 2013).

Ein erster Schritt dazu ist natürlich die Identifikation der aktuellen Überflutungsflächen, um diese in weiterer Folge zu beurteilen und konkrete Maßnahmen, wie die Verbesserung oder den Schutz der Fläche, zu ergreifen. Des Weiteren ist es unbedingt erforderlich die aktuell vorhandenen Vulnerabilitäten, wie zum Beispiel Einwohner und deren Gesundheit sowie Gebäude, abzuschätzen, da das Schadenspotenzial hier eine maßgebliche Rolle spielt. Diese Informationen können sich als überaus wertvoll erweisen in Hinblick auf zukünftige Maßnahmen zum Hochwasserschutz, aber auch um im Falle einer Evakuierung während eines Hochwasserereignisses schnell den Umfang abschätzen zu können sowie den zu erwartenden Aufwand.

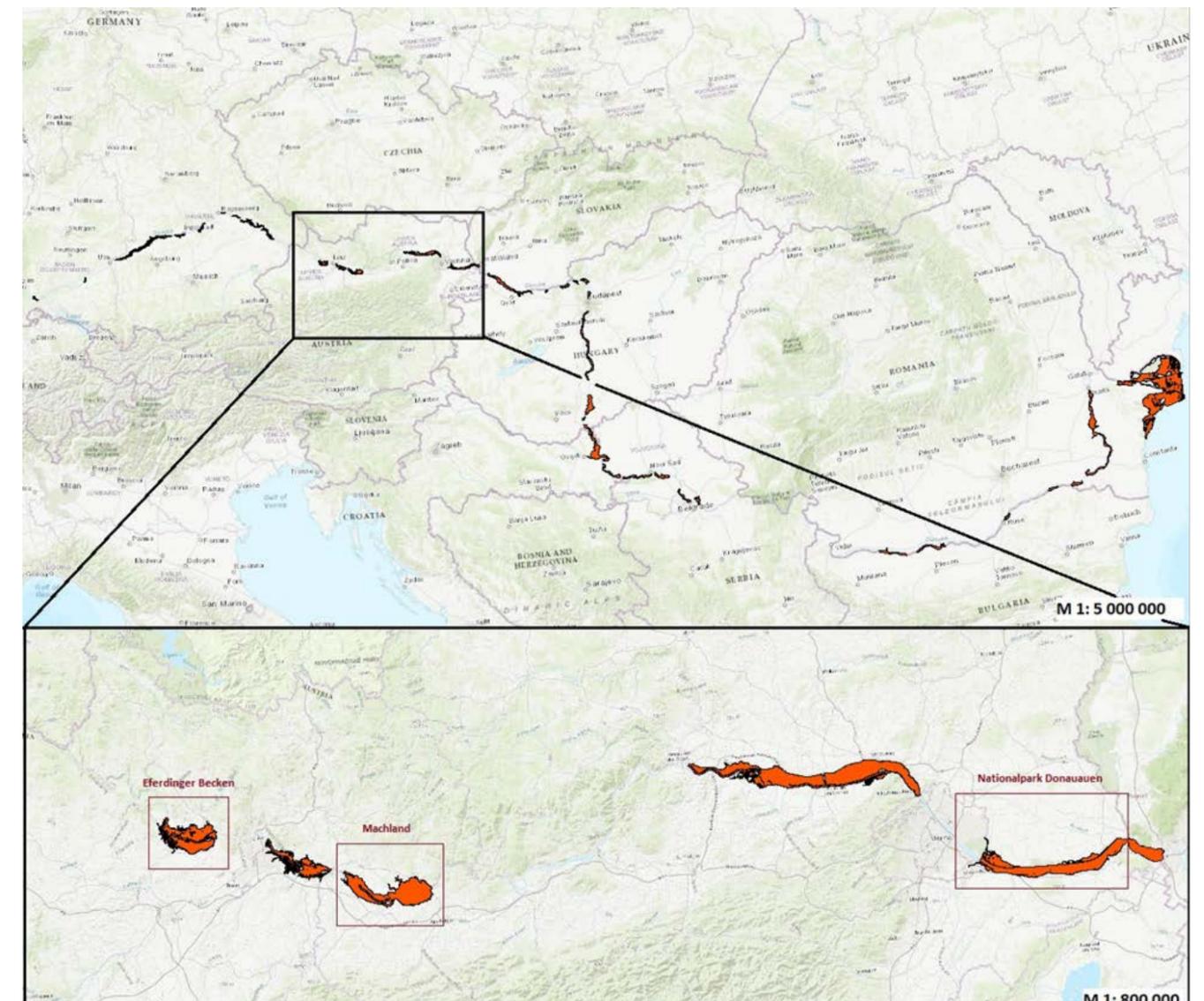


Abbildung 1: Identifizierte Überflutungsflächen an der Donau und Darstellung der ausgewählten Beispiele

## Methodik

Im Zuge des EU DTP Projektes Danube Floodplain wurde eine Methodik entwickelt, um aktuelle Überflutungsflächen entlang der gesamten Donau sowie ausgewählter Zubringer zu identifizieren (siehe Tabelle 1). Dazu werden die HQ100 Anschlaglinien als Input aus dem Projekt FLOODRISK (2012) verwendet. Um den Anfang und das Ende einer Überflutungsfläche zu identifizieren wurde ein Faktor 1:1 als Verhältnis zwischen Flussbreite und Überflutungsflächenbreite gewählt. Als Mindestgröße für die Überflutungsflächen an der Donau wurden 500ha festgelegt, um Flächen mit regionaler und überregionaler Bedeutung zu unterscheiden und den Rahmenbedingungen des DanubeGIS zu entsprechen. Die hydraulischen Charakteristiken (wie hydraulische Konnektivität) wurden ebenfalls berücksichtigt.

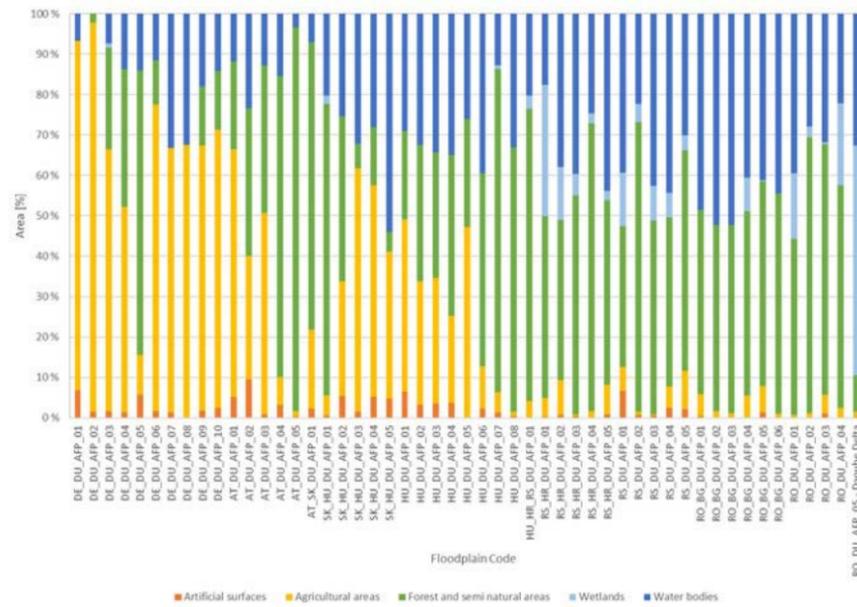


Abbildung 2: Verteilung der Landnutzungsklassen in Prozent für alle Überflutungsflächen der Donau von Oberlauf zu Unterlauf

Tabelle 1: Kriterien zur Identifizierung der Überflutungsflächen

Verhältnissfaktor (Breite <sub>Überflutungsfläche</sub> /Breite <sub>Fluss</sub> )	1:1
Minimale Größe	500 ha
Hydraulische Charakteristika	Nicht beeinflusst

Für die gesamten identifizierten Überflutungsflächen an der Donau wurde dann die Landnutzung ausgewertet. Dazu wurden die Corine Landcover Daten verwendet und in ArcGIS mit den Flächen verschnitten und ausgewertet. An drei der österreichischen Überflutungsflächen (siehe Abbildung 1) wurde dann in weiterer Folge eine Untersuchung des Schadenspotenzials, basierend auf frei zugänglichen Daten, durchgeführt. Herzu wurden einerseits Faktoren wie die Anzahl der Gebäude auf der jeweiligen Überflutungsfläche anhand von Orthophotos und Punktdaten der Gebäude gezählt und andererseits die Anzahl der dort lebenden Personen sowie ihr Gesundheitszustand geschätzt. Dazu wurde das ATHIS Health Survey 2014 (Statistik Austria 2015) als Datengrundlage herangezogen und auf die Überflutungsflächen umgelegt. Darin inkludiert sind nicht nur Ergebnisse zum subjektiven Gesundheitszustand für jede Altersklasse und das jeweilige Geschlecht, sondern auch wie viele Personen Probleme beim Gehen haben oder gar nicht gehen können, was besonders im Falle einer Evakuierung von Bedeutung ist. Mittels hydrodynamisch-numerischer Simulationen in Hydro-AS 2D wurden außerdem die Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten an den Überflutungsflächen berechnet und ermittelt welchen Abflussbedingungen die betroffenen Gebäude bei einem HQ100 ausgesetzt sind.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Identifizierung der aktuellen Überflutungsflächen entlang der Donau ergab eine Gesamtanzahl von 51 Überflutungsflächen, inklusive des Donau-Deltas in Rumänien. Davon befinden sich sechs in Österreich. Die Fläche der Überflutungsflächen steigt entlang des Flusslaufes leicht an. Der Anteil künstlicher Oberflächen variiert zwischen 0% und 6,85% bei einem Mittelwert von 2,04%. Die landwirtschaftlichen Flächen variieren zwischen 0,40% und 96,15% mit einem Mittelwert von 24,95%, während die Wald- und naturnahen Flächen zwischen 0% und 94,91% mit einem Mittelwert von 41,09% variieren. Feuchtgebiete sind nur in 21 von 51 aktiven Überflutungsflächen (einschließlich des Donaudeltas) vorhanden und befinden sich größtenteils im stromabwärts gelegenen Abschnitt der Donau. Die Auswertung der Landnutzung ergab außerdem, dass die landwirtschaftliche Nutzung entlang des Flusslaufs von Deutschland bis nach Rumänien immer weiter abnimmt und eine Zunahme der Waldflächen zu erkennen ist (Abbildung 2).

In Österreich wurden die betroffenen Gebäude in den sechs Überflutungsflächen ermittelt. Diese liegen zwischen 79 bei der Überflutungsfläche Wolfsthal an der Grenze zur Slowakei und 2837 am Tullnerfeld (inklusive landwirtschaftlicher Gebäude). Im Vergleich dazu kann festgehalten werden, dass diese Anzahl vom Oberlauf in Deutschland bis hin zum Donaudelta in Rumänien deutlich abnimmt. In Rumänien sind auf einem Großteil der Überflutungsflächen überhaupt keine Gebäude situiert. Auf km<sup>2</sup> gerechnet ergibt sich der höchste Wert mit 19,58 Häusern pro km<sup>2</sup> allerdings im Eferdinger Becken (Abbildung 3). Speziell in diesen beiden Überflutungsflächen sind dringend Maßnahmen zur Reduktion des Schadenspotenzials angebracht. Der durchschnittliche Wert an der Donau liegt bei 7,4 Häusern pro km<sup>2</sup>.

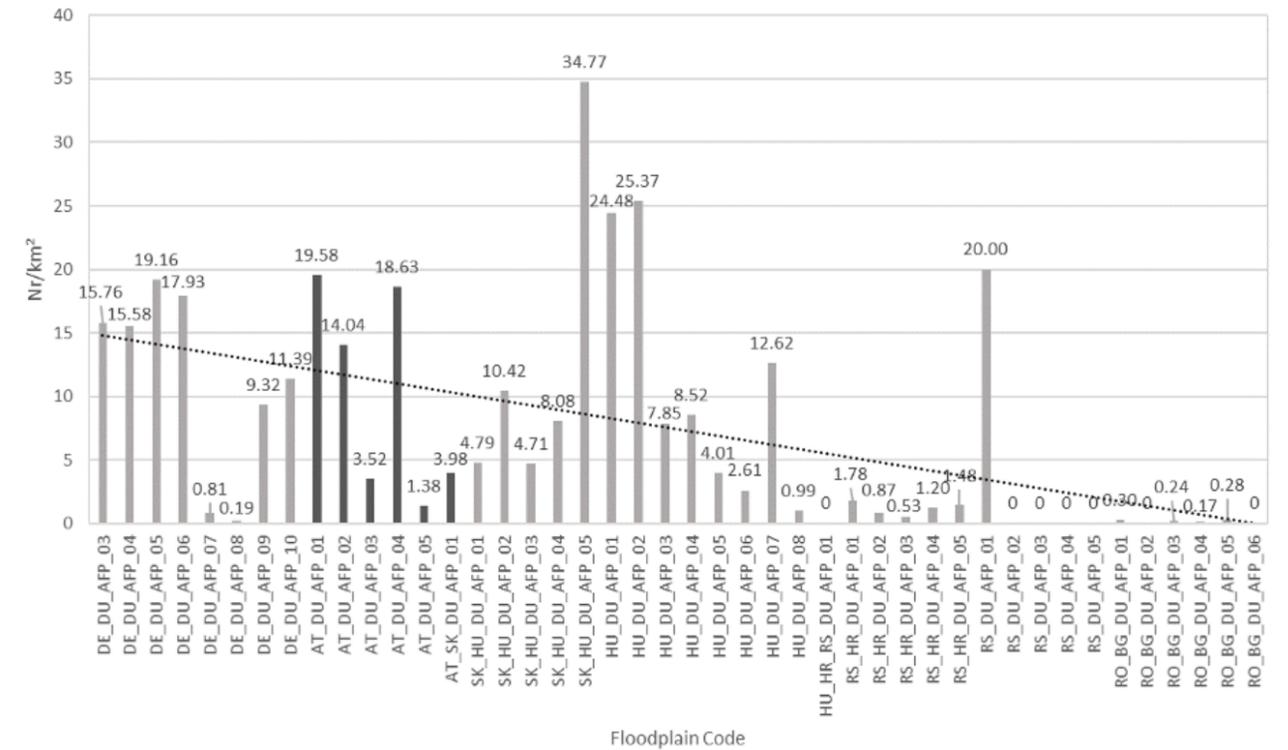


Abbildung 3: Verteilung der betroffenen Gebäude in Nr/km² für alle Überflutungsflächen der Donau von Oberlauf zu Unterlauf

Für eine Detailanalyse wurden die drei Überflutungsflächen Eferdinger Becken, Machland sowie Nationalpark Donauauen herangezogen (Abbildung 4). Bei der Untersuchung der Abflussbedingungen stellte sich heraus, dass im Machland die Hälfte der betroffenen Gebäude bei einem HQ100 über 1 Meter unter Wasser steht, im Eferdinger Becken sind es nur 25% im Nationalpark sogar nur 16%. Im Machland stehen Gebäude (meist allerdings landwirtschaftliche Gebäude) teilweise sogar bis zu 5 Meter tief unter Wasser, hier ist Handlungsbedarf gegeben.

Betrachtet man den Gesundheitszustand der Bevölkerung (statistisch ca. 2.400 Personen im Eferdinger Becken, ca. 580 Personen im Machland, ca. 280 Personen im Nationalpark Donauauen) in den Überflutungsflächen, dann kann davon ausgegangen werden, dass sich beinahe 80% der Bevölkerung in einem sehr guten oder guten Gesundheitszustand befinden.

Lediglich 4,5% befinden sich in einem schlechten oder sehr schlechten Zustand. In Hinblick auf eine Evakuierung ist speziell die Anzahl der Personen relevant, welche Probleme beim Gehen ohne Hilfe haben. Das sind beim Eferdinger Becken 114 Personen (zusätzlich ca. 26 Personen nicht mobil) beim Machland 28 (6 Personen nicht mobil) und beim Nationalpark Donauauen 13 Personen (3 Personen nicht mobil). Das macht bei drei der sechs Überflutungsflächen in Österreich bereits eine Anzahl von 155 Personen, die sich im Falle eines Hochwassers nicht oder nur sehr schlecht in Sicherheit bringen können und 35 Personen die auf jeden Fall unter speziellen Bedingungen abgeholt und transportiert werden müssen. In Hinblick auf das Gefahren- und Schadenspotenzial sind diese Zahlen sehr hoch und es sind neue Maßnahmen notwendig um die Anzahl der betroffenen Personen und Gebäude in den Überflutungsflächen zu reduzieren.

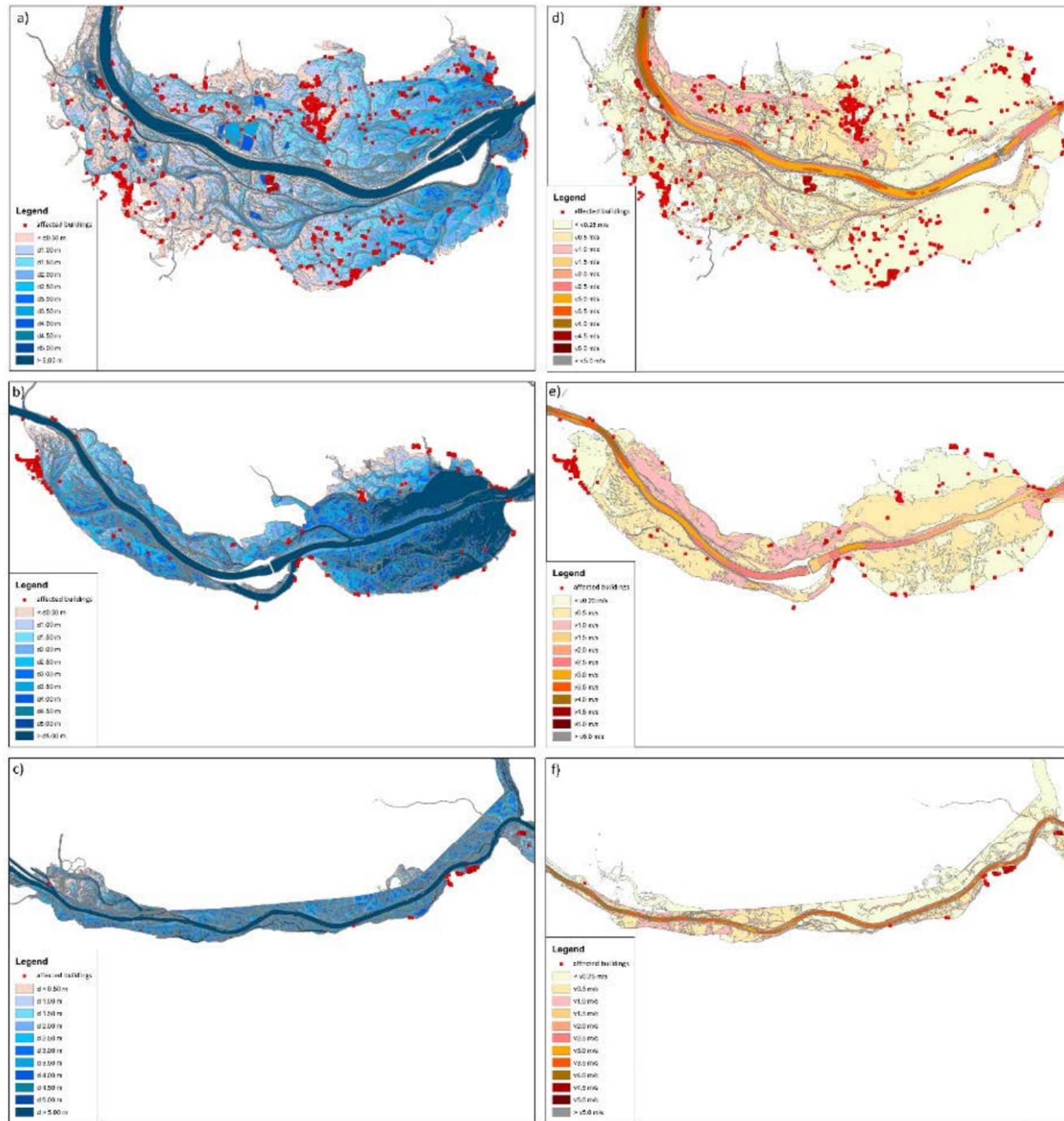


Abbildung 3: Karten der Wassertiefen (links) und Fließgeschwindigkeiten (rechts) während eines HQ100 Ereignisses a) + d) Eferdinger Becken, b) + e) Machland, c) + f) Nationalpark Donauauen

## Literaturverzeichnis

Danube FLOODRISK. 2012. Danube Floodrisk Project Summary Report. Bucharest.

Habersack H., Schober B. Hauer C., 2013. Floodplain evaluation matrix (FEM): An interdisciplinary method for evaluating river floodplains in the context of integrated flood risk management. Natural Hazards. 28p.

Statistik Austria. 2015. Österreichische Gesundheitsbefragung 2014 –Hauptergebnisse des Austrian Health Interview Survey (AT-HIS) und methodische Dokumentation. Vienna, Austria.

Schwarz, U., 2010. Assessment of the restoration potential along the Danube and main tributaries. For WWF International Danube-Carpathian Programme, Vienna, 58 p.

Umweltbundesamt, 2020. Entwicklung des jährlichen Bodenverbrauchs in Österreich. Umweltbundesamt, Wien, 2p.

# Emergency response planning along the river Thaya – dealing with pluvial and fluvial floods

**RAIMUND HEIDRICH, JÜRGEN WASER**

**Organisation(en):**

RIOCOM, VRVis

[raimund.heidrich@riocom.at](mailto:raimund.heidrich@riocom.at), [jwaser@vrvis.at](mailto:jwaser@vrvis.at)

## Abstract

A major objective of emergency planning is to increase the resilience, both of infrastructure and affected citizens. The emergency response plans, created for 24 communities in the Waldviertel are based on a hazard analysis, using numerical 2d-modelling works of pluvial and fluvial flood scenarios. The further working steps of the vulnerability analysis and the definition of emergency measures were carried out in close cooperation with local stakeholders. As a result, the mayors, who are responsible for civil protection, got documents, maps and videos of 3D visualizations for several hazard scenarios, as supporting tools for their tasks in land use planning or information of citizens.

## INTRODUCTION

Because of significant damages due to several pluvial and fluvial flood events in the past years in the River Thaya, its tributaries and in its catchment area, the local political leaders decided to get active. They founded two water boards, including 5 political districts and 24 municipalities with a total area of around 2600 km<sup>2</sup>. The idea was to investigate the whole area for fluvial and pluvial flood hazards, as basis for the creation of emergency response plans.

## METHODS

The works started with the creation of base data for the hazard analysis, which has been done through hydrodynamic 2d modelling of pluvial and fluvial floods. With the involvement of stakeholders, relevant scenarios were selected for which vulnerability analyses were carried out. The last step was to define organisational and technical preparation and emergency measures.

The hydrodynamic 2d modelling was performed with the software Visdom, which solves the shallow water equations over a rasterized terrain model. Visdom allows simulating large areas even using a detailed raster with 1x1m resolution, which bases on airborne LIDAR-data. The graphically appealing, clear presentation of the calculation network and the integration of essential building parameters enables both the hazard and vulnerability analyses to be carried out directly in the modelling software. An export of the result data and the analysis in a GIS system could thus be omitted. The modelling works include simulations of river floods in the River Thaya and its tributaries for three different flood scenarios (low, medium and high return period) and simulations of pluvial floods based on up to four different rainfall scenarios of different rainfall intensity and duration. Additionally, breach simulations of dams were also investigated. In the course of the hazard analysis, the relevant scenarios were evaluated in cooperation with local stakeholders. In the next step, a vulnerability analysis was performed for these selected scenarios. Taking into account the expertise of the local stakeholders, an object-oriented analysis of the impact on buildings was carried out. In the course of this, misinterpretations based on inaccuracies of the input data were eliminated.

The emergency response plans consist of three parts. Part A includes information about the legal situation, the responsibilities in different states of a flood event, the warning and alarm-system and communication rules for the municipalities and political districts. Those rules, guidelines and requirements were jointly defined with the relevant stakeholders (mayors, leaders of the political districts, civil protection officials, chiefs of local fire brigades and other emergency organizations).

Part B deals with measures. For each relevant scenario of pluvial or fluvial flooding preparatory measures and emergency measures, both organizational and technical were defined, considering parameters like preparation time, water depth in the flooded areas or the type of affected buildings. The effective-

ness of technical preparation and/or emergency measures was evaluated directly in Visdom. Thanks to the excellent graphic display and the high performance, defence measures like sandbag-dykes brought in by local stakeholders could be implemented directly in Visdom with just a few clicks during the workshops. This enabled highly interactive work.

Part C is the appendix, including hazard maps, emergency maps that support the operational command and maps of «hot spots» in the case of pluvial flooding, where emergency measures are most effective.

## RESULTS AND DISCUSSION

A main result of the extensive hazard analysis was the identification of areas that are potentially affected by pluvial flooding. This «hints for land use planning» are a very important information for mayors, who are not only responsible for emergency management in their municipality, but also are the building authority who determine the settlement development areas. The possible flood areas are often well known by locals. However, landowners like to ignore this danger. The authority now has map material and clear 3D visualizations in hand to take awareness-raising measures. Due to the size of the processing area, essential structures influencing the surface runoff such as sidewalk edges, garden walls or house entrances could not be taken into account. The flood areas shown in maps and videos are therefore subject to certain uncertainties. However, the professional graphic visualization does not suggest this. This was sometimes difficult to convey in the workshops, but it is important to mention it.



**Figure 1: Example of pluvial flooding after 50mm of rainfall in 15 minutes; the building colour shows the maximum water depth: yellow = 50-100cm; red >100cm**

# Räumliche Ausprägung von Hochwasserereignissen – Implikationen für das Hochwasserrisikomanagement

KLAUS SCHNEEBERGER <sup>1,2</sup>,  
BENJAMIN WINTER <sup>1,2</sup>, OLE RÖSSLER <sup>3</sup>

**Organisation(en):**

1 alpS GmbH, Innsbruck

2 Institut für Geographie, Universität Innsbruck

3 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Deutschland

[schneeberger@alps-gmbh.com](mailto:schneeberger@alps-gmbh.com)

## Abstract

Hochwasserereignisse zeigen in der Regel eine räumlich heterogene Ausprägung. Die Kenntnis dieser räumlichen Struktur sowie das Zusammenwirken unterschiedlicher Teileinzugsgebiete kann für das praktische Hochwasser(risiko)management von großem Interesse sein. Auf Basis von beobachteten Abflussspitzen an Flusspegeln kann die räumliche Struktur von häufigen Hochwasserereignissen mit der Methode der bedingten Wahrscheinlichkeit untersucht werden. Eine entsprechende Analyse wurde für das österreichische Bundesland Vorarlberg,

das gesamte Bundesgebiet der Schweiz und das Einzugsgebiet der Isar durchgeführt. Die Ergebnisse wurden übersichtlich und anwenderfreundlich für unterschiedliche Standorte aufbereitet und identifizieren in unterschiedlichen Regionen und Skalen Gebiete, die häufig gemeinsam von Hochwasser betroffen sind. Die Untersuchung trägt somit zu einem besseren Verständnis der vorherrschenden räumlichen Hochwassermuster bei und unterstützt eine zielgerechte Ressourcenplanung im Einsatzfall.

Hochwasserereignisse weisen in der Regel eine räumlich sehr heterogene Ausdehnung und Intensität auf. Ihre räumliche Struktur hängt unter anderem von Niederschlagsmustern, gebietsspezifischem Abflussverhalten oder der Überlagerung von Abflussspitzen ab. So führen konvektive Niederschläge häufig zu regional begrenzten HW-Ereignissen, wogegen großräumige Niederschlagsereignisse zu Hochwasser in einem gesamten Flussgebiet und über einen längeren Zeitraum führen. Die Kenntnis der räumlichen Struktur sowie das Zusammenwirken unterschiedlicher Teileinzugsgebiete kann für das praktische Hochwasser(risiko)management von großem Interesse sein.

Die Ausdehnung von Hochwasserereignissen kann einerseits durch die retrospektive Analyse und Bewertung vergangener Extremereignisse und andererseits durch die systematische

Untersuchung der räumlichen Abhängigkeit von Abflussspitzen erfolgen. Auf Basis von beobachteten Abflussspitzen an Flusspegeln kann die räumliche Struktur von häufigen Hochwasserereignissen mit der Methode der bedingten Wahrscheinlichkeit untersucht werden (Keef et al. 2009, Schneeberger und Steinberger 2018). Durch eine vertiefende Clusteranalyse können zudem Regionen ermittelt werden, die im Hochwasserfall ähnlich reagieren (Schneeberger et al. 2018). Die systematische Analyse von Abflussmustern lässt dabei statistische Aussagen über die Interaktion einzelner Teileinzugsgebiete im Beobachtungszeitraum zu und ermöglicht so Rückschlüsse hinsichtlich zukünftigen, lokalen und regionalen Gefährdungsmomenten.

Im Zuge angewandter Forschungsprojekte wurde die Methode der bedingten Wahrscheinlichkeit zur Bestimmung der

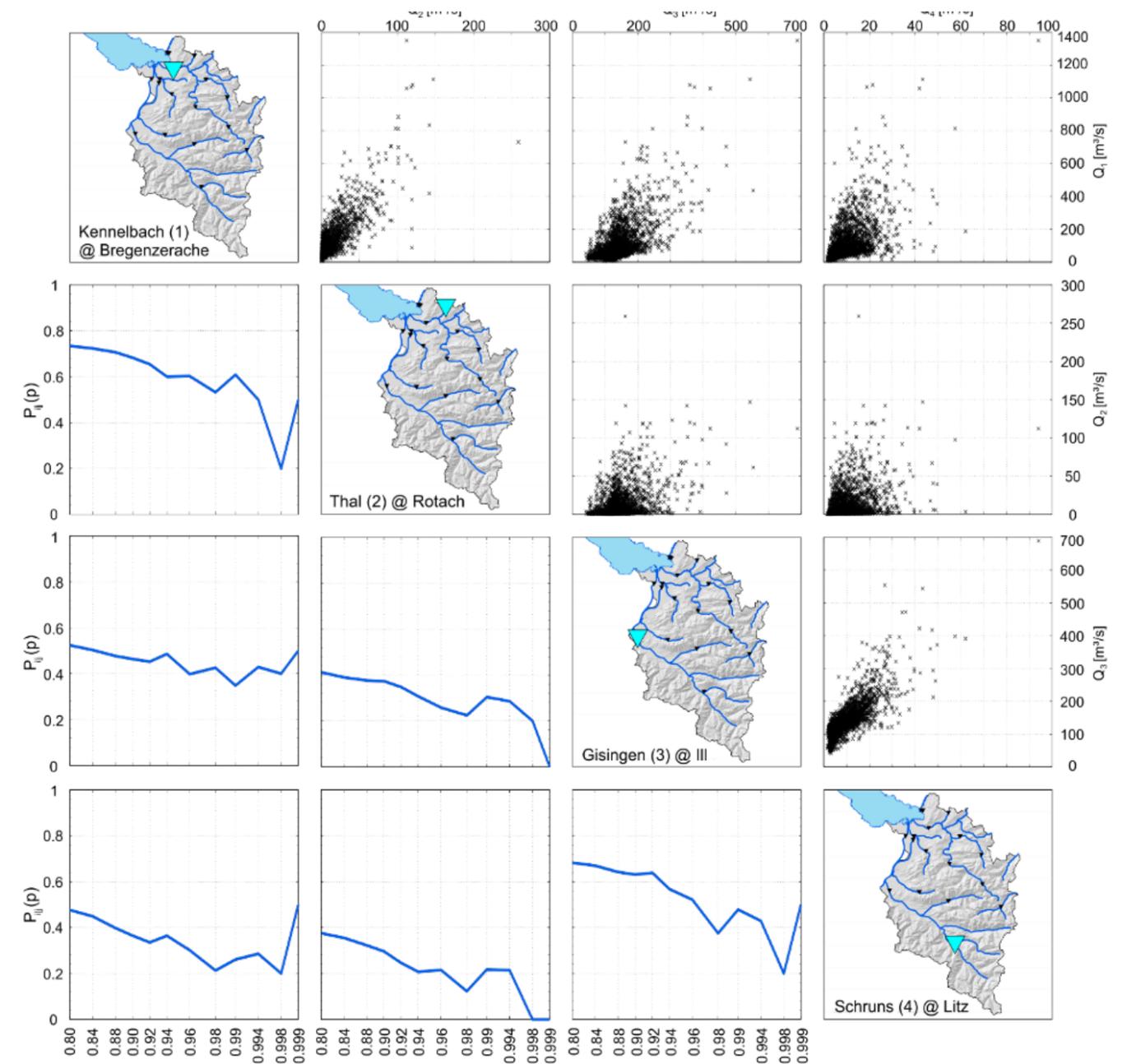


Abbildung 8 Räumliche Abhängigkeit und Korrelation im Untersuchungsgebiet Vorarlberg anhand der Abflusszeitreihen Kennelbach an der Bregenzerache, Thal an der Rotach, Gisingen an der Ill und Schruns an der Litz. Oberer Bereich: Maximale Abflüsse [m³/s] innerhalb eines 3-Tagesfensters im Sommerhalbjahr. Untere Bereich: Räumliches Abhängigkeitsmaß  $P_{ij}(p)$  für die ausgewählten Pegelmessstellen.

räumlichen Ausprägung von typischen Abflussereignissen auf Basis von 17 repräsentative Pegelmessstellen im österreichischen Bundesland Vorarlberg angewandt (Schneeberger und Steinberger 2018, Winter et al. 2019). Abbildung 1 zeigt die Korrelation und das räumliche Abhängigkeitsmaß anhand von vier ausgewählten Pegeln. Die Korrelation zwischen den Zeitreihen und somit die Abhängigkeit der Standorte ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei diesen Beispielen wurde die bedingte Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Auftretens von hohen bzw. extremen Abflüssen an unterschiedlichen Standorten untersucht.

Aufbauend auf den aussagekräftigen Ergebnissen der regionalen Ebene, wurde die Methode der bedingten Wahrscheinlichkeit auf das gesamte Bundesgebiet der Schweiz (nationale Ebene) angewandt. Auf dieser Skala konnte eine geringe Abhängigkeit von Hochwasserereignissen einzelner Flusssysteme (Aare, Rhone, Alpenrhein, Inn) nachgewiesen werden (Schneeberger et al. 2018). Auf der Mesoskala ließen sich durch eine Clusteranalyse jedoch fünf Regionen identifizieren, die im Hochwasserfall ähnliche Reaktionen aufweisen, d.h. bei denen eine gleichzeitige Überschwemmung wahrscheinlich ist. Diese Regionen zeigen untereinander wiederum eine sehr geringe Abhängigkeit, sodass ein gleichzeitiges Auftreten von Hochwasser

in den verschiedenen, identifizierten Regionen als unwahrscheinlich angenommen werden kann.

Nach erfolgreicher Anwendung im akademischen Bereich wurde der Ansatz im Einzugsgebiet der Isar umgesetzt. Im Zuge der Bearbeitung wurde die Methode erweitert, um praxisgerechte Ergebnisse zu erhalten. Die Ergebnisse wurden in Form von Abflussmustern übersichtlich und anwenderfreundlich für unterschiedliche Standorte dargestellt. Damit kann auf Basis unterschiedlicher Maßstabsebenen die Abhängigkeiten zwischen Flussabschnitten sowie die Relevanz verschiedener Teilbereiche gezeigt werden (Schneeberger et al. eingereicht). Die Untersuchung trägt somit zu einem besseren Verständnis der vorherrschenden räumlichen Hochwassermuster und eine zielgerechte Ressourcenplanung für den Einsatzfall bei.

Die Analyse der Ausprägung von Abflussspitzen in unterschiedlichen Regionen und Skalen zeigt die breite Einsatzmöglichkeit des Ansatzes und den Nutzen für die Praxis. Der vorgestellte Ansatz der Analyse der räumlichen Ausprägung von Abflussspitzen stellt somit einen wesentlichen Erkenntnisgewinn auch für das regionale und überregionale Hochwassermanagement dar.

## Literaturverzeichnis

Keef, C.; Svensson, C.; Tawn, J.A. (2009): Spatial dependence in extreme river flows and precipitation for Great Britain. *Journal of Hydrology* 378 (3–4), S. 240–252. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.09.026.

Schneeberger, K.; Bellinger, J.; Sann, M.; Stackelberg, M.; Lang, T. (eingereicht): Hochwassermuster im Einzugsgebiet der Isar. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*.

Schneeberger, K.; Steinberger, T. (2018): Generation of Spatially Heterogeneous Flood Events in an Alpine Region—Adaptation and Application of a Multivariate Modelling Procedure. *Hydrology* 5 (5/1), S. 5. DOI: 10.3390/hydrology5010005.

Schneeberger, K.; Rössler, O.K.; Weingartner, R. (2018): Spatial patterns of frequent floods in Switzerland. *Hydrological Sciences Journal* 63 (6), S. 895–908. DOI: 10.1080/02626667.2018.1450505.

Winter, B.; Schneeberger, K.; Dung, N.V.; Huttenlau, M.; Achleitner, S.; Stötter, J.; Merz, B.; Vorogushyn, S. (2019): A continuous modelling approach for design flood estimation on sub-daily time scale. *Hydrological Sciences Journal* 64 (5), S. 539–554. DOI: 10.1080/02626667.2019.1593419.

# Floodplain Urbanization as a factor in Flood Risk Assessment: the case of the Lower Don River

**VIKTOR LAGUTOV, ANASTASIA KVASHA**

**Organisation(en):**

Central European University (CEU),

Department of Environmental Sciences and Policy, Hungary

[Lagutov@ceu.edu](mailto:Lagutov@ceu.edu), [kvasha\\_anastasia@phd.ceu.edu](mailto:kvasha_anastasia@phd.ceu.edu)

## Abstract

Frequency of reported severe flood events and associated economic loss have been rapidly increasing in recent years. As a rule, these phenomena are associated with climate change. However, in some cases, the driving force in these disasters may not be climate change, but urbanization patterns, leading to the conversion of the regularly flooded territories (floodplains) into residential, industrial, and agricultural lands. As a result, the trend of floods' rapid increase might be partially explained by the expansion of urbanized areas into floodplains.

The aim of this research was to explore the scale and consequences of the Lower Don River (Russia) floodplain urbanization for the period from 1985 to 2013 and to assess the changes in the regional flood risk, using a combination of Remote Sensing (RS), Geographic Information Systems (GIS), and modeling techniques. Urbanization patterns, flood severity for different scenarios, and vulnerability of urbanized areas were studied and assessed.

## Introduction

Dealing with threats to environmental security is a matter of great importance in this region. Historically, flood events were common in the area. Even after the construction of the upstream Tsimlyansk Reservoir, which has completely changed the Don river hydrological regime, the inundation of the downstream territories remained quite frequent. Due to its strategic location and regional development plans, the Lower Don is experiencing rapid growth in urban population and a corresponding expansion of built-up areas concentrated along the Don River, the main water source providing multiple ecosystem goods and services.

## Lower Don Floodplain

In the history of the Lower Don development, two main periods can be defined – before the construction of the Tsimlyansk Dam and after. The creation of the reservoir resulted in changing the hydrological regime and smoothing the Don River runoff through the year. Among other claimed services, the reservoir plays a key role in flood control, especially in years characterized by high spring water. However, the dam can decrease and smooth the river discharge only to a certain extent. The Lower Don river floodplain was submerged completely a few times since the construction of the reservoir (in 1963, 1979, 1981, and 1994), with partial inundation in many other years.

The combination of various techniques and methods was used in this research: historical data analysis, RS, GIS, hydrological modeling. Satellite imagery was used in order to identify the patterns of urbanization and land cover changes within the Lower Don floodplain. Two periods were analyzed: 1985 and 2013 using Landsat 5 and Landsat 8 imagery accordingly. Five scenarios were developed and executed within the FLO-2D flood routing model in order to assess flood risk. Both historical (hydrographs of recorded floods) and projected data (high water dam discharge rates of different probabilities) were used to formulate scenarios:

- 1917 flood (before the construction of the Tsimlyansk reservoir);
- 1979 flood (after the construction of the Tsimlyansk reservoir);
- 20-year flood (5% probability);
- 100-year flood (1% probability);
- 1000-year flood (0,1% probability).

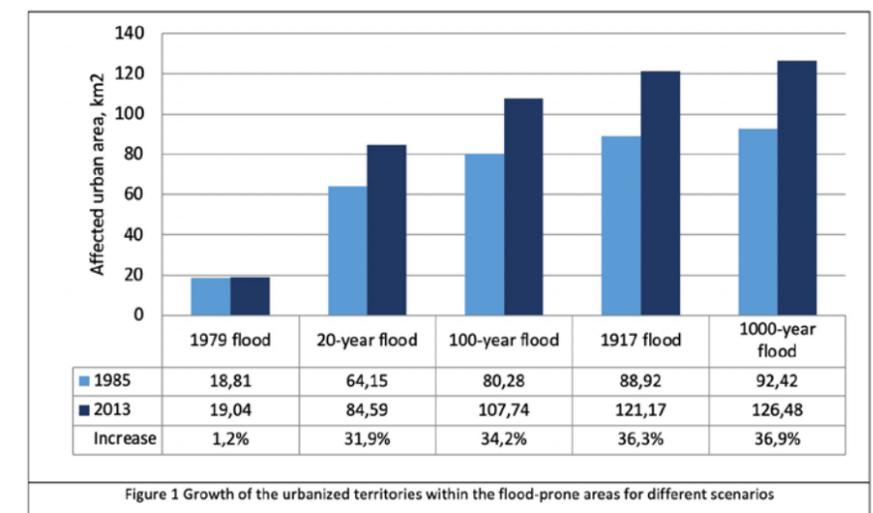
The simulations identified territories with the highest flood risk, temporal dynamics of floodplain inundation as well as other characteristics of a potential flood. Finally, changes in sub-

merged urban areas in total for different scenarios and floodplain territories with the highest risk were defined, based both on the results of the satellite imagery analysis and flood simulation. Remote sensing has shown that over the last 30 years urban territories within the study area (Lower Don River region) have increased in general, while Figure 1 demonstrates that for 1985-2013, flood-prone build-up areas expanded in each scenario. No significant change in the areas affected in the simulated 1979 flood for both 1985 and 2013 was identified, as this scenario considered to be the mild one and put no settlements at risk. For any other scenario affected area increased by more than 30%. This trend can be explained not only by settlements expansion but also by increased building density.

Two sections of the Lower Don River floodplain can be identified as particularly unsafe: to the East from the regional capital, Rostov-on-Don, and to the East from the city of Konstantinovsk. The narrowing floodplain downstream these areas led to water deceleration, accumulation, and overflow, while the flow velocity downstream is increasing significantly. Almost all large old settlements within the area of interest (Rostov-on-Don, Azov, Novocherkassk) lie within the safe upland, outside of the floodplain,

however, recent regional development plans on floodplain extension might result in a significant increase in cities' vulnerability to floods. Some villages located along the river were identified as some of the most vulnerable – they were significantly affected in almost all scenarios.

In this way it was shown that the increased floodplain urbanization leads to the increased flood impact, and, correspondingly, an increase in disaster reporting for the same river discharge. Coupled with other anthropogenic factors, such as regulated water discharges from the reservoirs upstream, changing land cover/use patterns, this factor can result in significant misinterpretation of disasters phenomena. The case study can also encourage regional policymakers and urban planners to integrate applications of Earth Observations in the monitoring of land cover changes and mapping uncontrolled urban expansion.



# Räumliche Analyse des Risikos und der sozioökonomischen Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser in Österreich: Ein integrativer Ansatz kritisch beleuchtet

STEFAN KIENBERGER

Organisation(en):

Paris-Lodron Universität Salzburg, IFFB Geoinformatik – Z\_GIS

stefan.kienberger@sbg.ac.at

## Abstract

Dieser Vortrag befasst sich mit der Notwendigkeit eines proaktiven Klimarisikomanagements durch die Entwicklung und Anwendung einer räumlichen Klimarisiko- und Vulnerabilitätsbewertung von Hochwasser unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Dimension in Österreich. Unsere Forschung baut auf einem konsolidierten Risiko- und Verwundbarkeitskonzept auf, welches sowohl auf die Verringerung des Katastrophenrisikos als auch auf die Anpassung an den Klimawandel abzielt und gleichzeitig den konsolidierten Risikoansatz des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) integriert. Darüber hinaus entwickelt unser Ansatz die derzeitigen Methoden weiter, indem sie einen räumlich-expliziten und indikatorgestützten Ansatz anwendet, der die gezielte und ortsspezifische Identifizierung von Interventionsmaßnahmen ermöglicht - unabhängig von der räumlichen Ausrichtung

von Verwaltungseinheiten. Die Risiko- und Verwundbarkeitsanalyse basiert auf einer umfassenden Liste von 14 Primärindikatoren und 35 sozioökonomischen Subindikatoren. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die hohe sozioökonomische Verwundbarkeit im Zusammenhang mit Hochwasser auf die nördlichen und östlichen Regionen Österreichs konzentriert. Bei der Integration eines Klimagefahren-Proxy können statistisch signifikante Risikohotspots (>90% Konfidenzintervall) in Zentral-Nord-Österreich und in Richtung Osten identifiziert werden. Weiters wurde eine Typologie von Regionen nach einem räumlich ermöglichten Clustering-Ansatz erstellt. Unsere Forschung ermöglicht schließlich eine erfolgreiche Operationalisierung des Risikokonzepts des Fünften Sachstandsberichts (AR5) des IPCC in Kombination mit verbesserten räumlichen Analysemethoden.

## Erweiterter Abstract

Das Risiko gegenüber einer Naturgefahr und den damit verbundenen Auswirkungen werden durch eine Reihe von natürlichen bzw. klimatologischen und sozioökonomischen Faktoren bestimmt. Diese Faktoren zu identifizieren, zu validieren und für entscheidungsrelevante Prozess zu integrieren, stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. Ziel soll es dabei sein, die Komplexität zu integrieren, aber auch gleichzeitig zu reduzieren, um Problembereiche – sowohl thematisch als auch räumlich – zu identifizieren. Dadurch soll EntscheidungsträgerInnen ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, um Maßnahmen der Risikoreduktion zielgerichtet auszurichten. Die zentrale Ausgangsfrage lautet dabei: Wo tue ich was (und wann)?

Im Rahmen des ACRP-Projekts 'RESPECT' wurde eine neuartige Risikoanalyse des Klimawandels für die Naturgefahr 'Hochwasser' entwickelt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Modellierung der sozioökonomischen Vulnerabilität und deren Integration in eine räumlich explizite Risikoanalyse gelegt. Als Ergebnis werden räumliche und thematische Brennpunkte der sozioökonomischen Vulnerabilität und des Klimarisikos für Österreich dargestellt, welche als Grundlage für die Identifizierung von Risikoreduktions- und Anpassungsmaßnahmen dienen.

Es liegen für Österreich Karten vor, welche die Verwundbarkeit (bzw. das Risiko) als homogene räumliche Regionen darstellen, welche unabhängig von administrativen Grenzen (wie z.B. Gemeinden oder Bezirke) sind. Diese Regionen werden quantitativ durch einen Indexwert als Maß für die Verwundbarkeit bewertet, wodurch sich lokale Hotspots ableiten lassen. Neben der rein quantitativen Bewertung ist es auch möglich, die räumlichen Einheiten qualitativ, im Sinne von »Problemfeldern« und beitragenden Faktoren, zu charakterisieren und darzustellen (Abbildung 1). Dies ist eine bedeutende Weiterentwicklung im

Vergleich zu traditionellen 'Raumeinheiten' (Rasterzellen- bzw. auf administrativen Einheiten basierend). Damit lässt sich die eingangs erwähnte Frage beantworten - wo sind welche Interventions-Maßnahmen notwendig. Es ergeben sich allerdings auch Herausforderungen: Dies betrifft vor allem die Auswahl der Indikatoren, welche meist einem experten-basiertem Ansatz folgen, wodurch es zu 'Unschärfen' einer quasi subjektiven Auswahl von Indikatoren kommt. Die Befüllung dieser Indikatoren mit validen Daten ist dabei ein weiterer Knackpunkt. Zusätzlich stellt die Feinskaligkeit von Hochwasserereignissen (national betrachtet) eine Herausforderung dar, da Verwundbarkeiten zwar auf einer Auflösung von 1x1km<sup>2</sup> abgebildet werden können, diese aber meist zu grob für die feiner-skalierten Gefährdungskarten sind.

Die Präsentationen stellt die Ergebnisse vor, zeigt Fortschritte und Potentiale für weitere Entwicklungen auf und reflektiert die Chancen und Herausforderungen einer Risiko- und Verwundbarkeitsanalyse für Österreich.

Die vorgestellte Arbeit wurde im folgenden Artikel veröffentlicht:

Leis, J.-L., Kienberger, S. (2020): Climate Risk and Vulnerability Assessment of Floods in Austria: Mapping Homogenous Regions, Hotspots and Typologies. Sustainability, 12, 6458. <https://doi.org/10.3390/su12166458>

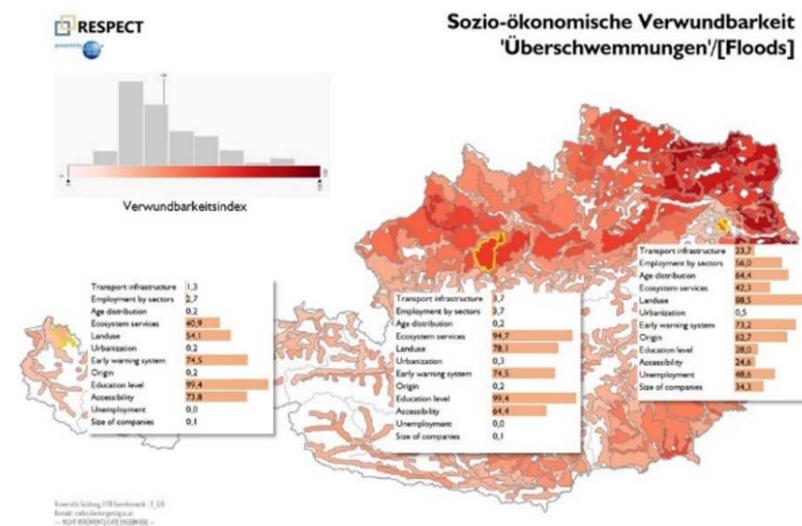


Abbildung 1: Karte der sozio-ökonomischen Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser basierend auf dem Ansatz von heterogenen Regionen ('Geons'). Exemplarisch sind für drei Regionen die beitragenden Indikatorenwerte dargestellt.

# System EFFORS – Aktuelle Entwicklungen im Bereich der operationellen Hochwasservorhersage für mittelgroße alpine Einzugsgebiete

J. BAND<sup>1</sup>, F. WÖLFELMAIER<sup>1</sup>, S. GEGENLEITHNER<sup>2</sup>,  
C. DORFMANN<sup>3</sup>, H. MOSER<sup>4</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

<sup>2</sup>Technische Universität Graz, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWB)

<sup>3</sup>flow engineering, Österreich

<sup>4</sup>HydroSphere, Österreich

julia.band@zamg.ac.at, friedrich.woelfelmaier@zamg.ac.at, sebastian.gegenleithner@tugraz.at, clemens.dorfmann@flussbuero.at, office@hydro-sphere.at

## Abstract

Mit dem vermehrten Auftreten von Extremwettersituationen werden immer höhere Ansprüche an Hochwasserwarnsysteme gestellt. Das in diesem Beitrag vorgestellte System EFFORS (Enhanced Flood Forecasting System for Critical Infrastructure Protection in Medium Size Alpine Catchments) bietet durch seine echtzeitfähige Hochwasserprognose Möglichkeiten auf Extremwetterereignisse rascher und effizienter zu reagieren. In diesem Beitrag werden die aktuellen Entwicklungen im Bereich der operationellen Hochwasservorhersage mit EFFORS vorgestellt.

## Einleitung

Im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen EFFORS Projektes wurde der erste Schritt in Richtung Echtzeitprognose von 2D Überflutungsflächen für Österreich unternommen. Das Projekt wurde von der FFG, dem BMVIT und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im Rahmen des ESA ARTES 20 Integrated Applications Promotion Programmes teilfinanziert. Der operationelle Betrieb von EFFORS, mit der ZAMG als Dienstleister, wurde im Dezember 2019 gestartet.

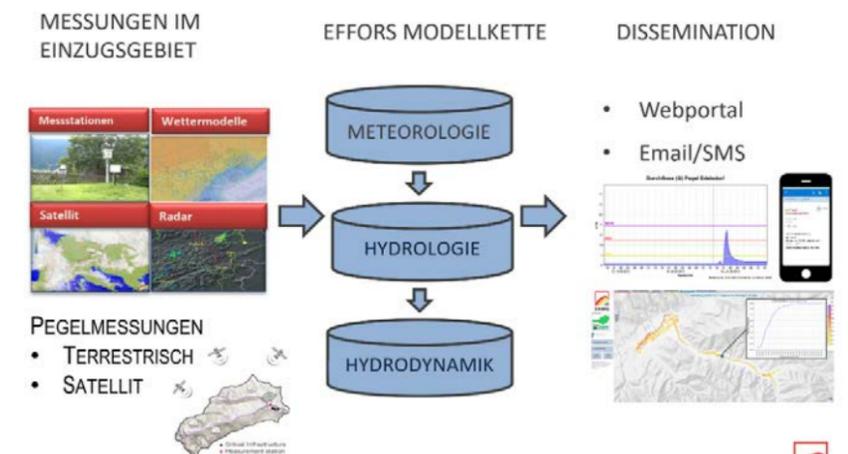
## Systembeschreibung

Das System bietet Echtzeit-Prognosen von 2D Wasserständen in Überflutungsgebieten, Flussläufen und Starkregen mit Aktualisierungsraten zwischen 5 und 60 Minuten. Die Modellkette, bestehend aus Meteorologie-Hydrologie-2D-Hydraulik, wurde am Rechenzentrum der ZAMG für drei Pilotgebiete implementiert. Die Computer- und Softwareinfrastruktur mit HPC (High Performance Cluster) der ZAMG erlaubt einen operationellen 24/7 Warn- und Informationsservice des Systems. Die in EFFORS gebotenen Produkte Starkniederschlag, Durchfluss im Gerinne und Wasserstände in Überflutungsflächen werden in einem online Webportal dargestellt. Des Weiteren werden Warnungen via SMS oder E-Mail versandt, wenn benutzerspezifische Grenzwerte von z.B. Pegelständen überschritten werden.

## Datenverarbeitung

Für die Echtzeit- Hochwasservorhersage werden aktuelle Messdaten sowie meteorologische, hydrologische und hydraulische Modellierungen eingesetzt. Die Kopplung der einzelnen Modellkomponenten erfolgt mithilfe eines dafür entwickelten Steuerprogrammes. Dieses wurde auf Basis des Workflowpaketes ecflow erstellt. Dabei handelt es sich um eine kontrollierte Umgebung, die einen ausfallsicheren Prognosebetrieb durch integrierte Neustartmöglichkeiten, Spiegelung, etc. bietet. Die einzelnen Module werden über serielle Kopplung von Programmkomponenten mithilfe einer integrierten Python API (Application Programming Interface) miteinander verknüpft. Das Steuerprogramm ist hoch dynamisch ausgelegt, was eine leichte Anpassung von z.B. Prognosehorizont, Modellupdates, Softwareupdates, Modellparameter, etc. über eine Steuerdatei erlaubt.

Eine Übersicht der gesamten Modellkette und den daraus erzeugten Prognosen, bietet die folgende Abbildung:



Derzeit wird das System um ein weiteres Einzugsgebiet erweitert. Für dieses wird ein neues hydrologisches Open Source Modell eingesetzt. Das rasterbasierte Wasserhaushaltsmodell wflow des Softwareanbieters Deltares führt die Niederschlag-Abfluss-Modellierung für das gesamte Einzugsgebiet durch und liefert die hydraulischen Randbedingungen für das hydrodynamische 2D-Modell. Um die Prognosequalität zu erhöhen, wird das Modell in Echtzeit mit Pegelmessungen assimiliert.

# Politische Naturkatastrophen – Wie Ideologien den Umgang mit Hochwassern prägten

NADJA THIESSEN

Organisation(en):

LOEWE-Zentrum emergenCITY – die resiliente digitale Stadt; Institut für Geschichte / TU Darmstadt

nadja.thiessen@tu-darmstadt.de

## Abstract

Die Bewältigung von Krisen und Katastrophen weist stets auch eine politische Dimension auf. Exemplarisch lässt sich dies für das 20. Jahrhundert in Deutschland und den dortigen Umgang mit Flusshochwassern nachweisen. In den ausgewählten Fallstädten Mannheim und Dresden konnte zwar ein konstanter Bewältigungskreislauf im städtischen Hochwasserschutz identifiziert werden, wenn dieser jedoch in seinen historischen Kontext gesetzt wird, offenbaren sich Unterschiede. Sie können vor allem auf die verschiedenen politischen Rahmenbedingungen wie Staatsform und vorherrschende Ideologie zurückgeführt werden. Im folgenden Beitrag werden die Einflüsse historischer autoritärer Regime, insbesondere des Nationalsozialismus und der DDR, den demokratischen Systemen gegenübergestellt.

## Einführung

Verschiedene politische Systeme verfolgen verschiedene Strategien zur Bewältigung von Krisen und Katastrophen. Aktuell können wir dies beispielsweise beim Umgang mit der weltweiten COVID19-Pandemie feststellen. Dabei handelt es sich jedoch um keine neuen Entwicklungen, bereits für historische Fälle lässt sich beobachten, dass die Krisenbewältigung eng an die politischen Verhältnisse geknüpft ist. Exemplarisch kann dies anhand des wiederkehrenden Ereignisses des Flusshochwassers im 20. Jahrhundert in Deutschland nachgewiesen werden. Die beiden untersuchten Städte Mannheim und Dresden waren und sind durch ihre exponierte Lage an Flüssen der Gefährdung durch Hochwasser ausgesetzt und entwickelten deshalb schon früh Strategien für den Umgang mit solchen Ereignissen.

## Zyklus im Umgang mit Hochwasser

Während des Untersuchungszeitraums, der sich von den 1920er bis in die 1980er Jahre erstreckt, wird ein Bewältigungszyklus erkennbar. Dieser lässt sich grob in drei Phasen skizzieren, die sich um das Ereignis bilden:

In der Vorbereitungsphase herrschte kein Hochwasser, die Akteurinnen und Akteure waren sich allerdings der potenziell bedrohlichen Lagen bewusst. Diese Phase lässt sich weiter in zwei aufeinanderfolgende Abschnitte aufteilen. Zu Beginn standen Gefahrenanalyse und Vulnerability Mapping, hierbei wurden Gebiete ermittelt, die von erhöhten Pegeln durch Überschwemmungen betroffen werden könnten. Die Akteurinnen und Akteure bezogen daneben Erfahrungswissen mit ein: Wie wurde die Lage von (anderen) Behörden eingeschätzt? Wie verhielt sich der Fluss in der Vergangenheit bei welchem Pegelstand? Die Untersuchung bezog sich jedoch nicht nur auf den Fluss allein, sondern bedachte ebenso die städtebauliche Entwicklung. Neue Gefährdungen konnten vorliegen, etwa durch die Verschiebung der Hochwasserlinien oder die Erteilung von Sonderbaugenehmigungen im Überschwemmungsgebiet. Außerdem stand während der Vorbereitung die Entwicklung von Schutzkonzepten im Fokus. Zum einen wurden sie formal organisiert, das heißt, es wurden Verantwortliche benannt, Aufgaben und Arbeitsschritte besprochen, Material angefordert, eingelagert und kontrolliert. Zum anderen wurden konkrete Hochwasserschutzbau-

ten geplant, errichtet und geprüft, darunter fallen beispielsweise Dämme, Flutrinnen und Flutmauern. Während die formale Organisation lediglich regelmäßig aktualisiert werden musste, handelte es sich bei den Schutzbauten um Projekte, die eine längere Vorlaufzeit benötigten. (siehe bspw. Organisations und Einsatzplan der Katastrophenkommission, Dresden [1953/1960] u. Erläuterungsbericht der Stadt Mannheim 26.07.1967)

Mit dem Ansteigen der Pegel wurde die Phase der akuten Hochwassergefahr eingeläutet. Sie zeichnete sich durch Umsetzungs- und Anpassungsmaßnahmen aus. Es wurde versucht, die vorgesehenen Strategien anzuwenden, also die Wasserwehr zu aktivieren, die Bevölkerung zu informieren und Schutzbauten zu erhalten. Allerdings haftet Hochwasserereignissen auch etwas Unvorhersehbares an. Dämme brachen oder es kam zu Überschwemmungen, für die keine Maßnahmen vorbereitet waren. In einigen Fällen wurde der Hochwasserschutz selbst durch den partiellen Ausfall des Infrastruktursystems, z.B. im Energienetz, beeinträchtigt. In dieser Phase waren daher auch die Akteurinnen und Akteure vor Ort gefragt, denn von ihren Entscheidungen hing die Aufrechterhaltung der Systeme ab. (siehe bspw. Abt. Maschinenamt, Dresden 07.03.1947)

Für die Zeit nach Abfluss des Hochwassers lässt sich eine Phase der Nachbereitung und Reflexion erkennen. Die Beteiligten reichten Berichte zum Hochwassergeschehen und den Abwehrmaßnahmen ein, im Anschluss erfolgte der Austausch über Probleme und Verbesserungspotenziale. Diese Ergebnisse konnten dann wiederum in Form von Erfahrungswissen und auch konkreten Maßnahmen Eingang in die nächsten Vorbereitungsphasen finden. (siehe bspw. Protokoll des Erfahrungsaustausches, Mannheim 30.03.1955)

Die drei dargestellten Phasen des Umgangs mit Hochwasser griffen ineinander. Zudem ist nicht generalisierend zu sagen, wie lange die Phasen jeweils dauerten, da dies auch von der Häufigkeit und Schwere der Hochwasserereignisse selbst abhing. Beispielhaft bedeutete die dichte Folge an Ereignissen in den 1940er Jahren in Dresden, dass sich die Vor- und Nachbereitungszeiten verkürzten. Etwas entspannter zeigte sich die dortige Hochwasserlage in der ersten Hälfte der 1960er Jahre, womit längere Zeiträume für Vorbereitung und etwaige Reflexionsprozesse zur Verfügung standen. Die Länge der Phasen des Bewältigungskreislaufs hatten stets auch Auswirkungen auf die Vul-

nerabilität und Resilienz der Städte. Hinzu kamen noch weitere Bedingungen, die den sonst im 20. Jahrhundert relativ konstanten Umgang mit Hochwasserereignissen beeinflussten. Diese werden deutlich, indem die einzelnen Phasen in ihrem historischen Kontext betrachtet werden. So lassen sich Rückschlüsse ziehen, welche Auswirkungen unter anderem politische Zusammenhänge auf den Umgang mit Hochwasserereignissen hatten.

## Hochwasserschutz in autoritären Regimen

Die Extreme des kurzen 20. Jahrhunderts wurden mit Blick auf die Vielzahl an politischen Systemen sowie unterschiedlichen Ideologien und vorherrschenden Praktiken auch im Hochwasserschutz besonders sichtbar. Dresden und Mannheim erlebten während des Untersuchungszeitraums Demokratie(n), Diktatur(en) und einige Jahre der Besetzung durch die alliierten Truppen.

Insbesondere in den autoritären Regimen spielte die vorherrschende Ideologie eine durchdringende Rolle. Deutlich wurde dies beispielsweise im ersten Jahr der nationalsozialistischen Herrschaft in der Stadt Mannheim. Ihre Verwaltung war bis dato über viele Jahre maßgeblich von republiktreuen und demokratisch eingestellten Akteuren geprägt. Im Frühjahr 1933 drängten die nun machthabenden NSDAP-Politiker diese Verwaltungsangehörigen sukzessiv von ihren Posten oder ließen sie inhaftieren. (Popp 2009) Unter ihnen befand sich auch der für den städtischen Hochwasserschutz zuständige, langjährige Oberbaudirektor und zugleich Leiter des Tiefbauamtes Adolf Elsässer.



Abbildung 1: Mitteilung des NSDAP-Pressorgans der Führer über die personellen Veränderungen in der Stadtverwaltung Mannheim. (Der Führer 17.03.1933)

An seiner Stelle wurde der politisch zuverlässige jedoch in Sachen Hochwasserschutz unerfahrene Gustav Fröhner eingesetzt. Er konnte zwar auf die über Jahrzehnte etablierte und von den politischen Umbrüchen weitest-

gehend unbehelligte Struktur der örtlichen Wasserwehrgruppen aufbauen, die im Ereignisfall zutreffenden situationsbedingten Entscheidungen hatte er jedoch allein zu verantworten. Die Umstände des Personalwechsels lassen weiterhin die Vermutung zu, dass das persönlich und informell angereicherte Erfahrungswissen seines Vorgängers Elsässer nicht übertragen werden konnte, sondern an dieser Stelle versickerte. Mit dem Ausscheiden Elsässers büßte die Stadt Mannheim somit zugleich Teile ihrer Resilienz gegenüber Hochwasserereignissen ein.

Wenige Monate später ließ sich, wenn auch wesentlich verdeckter, ein weiteres Beispiel für den politischen Einfluss auf den städtischen Hochwasserschutz beobachten: So konnte ein bewährtes, aber nun ausgelaufenes Abkommen über die bedarfsweise Lieferung von Sandsäcken im Hochwasserfall zwischen der Stadt und der Mannheimer Textilfirma Koppel & Temmler GmbH nicht verlängert werden. Grund hierfür waren weder mangelnde Qualität oder Unzuverlässigkeit des Lieferanten, sondern viel mehr die vorherrschende antisemitische Einstellung der Entscheidungsträger: Es kam deshalb zu keiner Verlängerung, da die Geschäftsführung „nicht arischer Abstammung sei.“ (Tiefbauamt, Mannheim 15.09.1933. Hervorhebung im Original) Insbesondere Oberbürgermeister Carl Renninger (NSDAP) trat als überzeugter Nationalsozialist auf und ließ Boykottmaßnahmen bereits vor ihrem reichsweiten Inkrafttreten umsetzen. (Fritsche 2013) Dies hatte weiterhin zur Folge, dass auch kein anderes ansässiges Textilunternehmen für das Abkommen infrage kam. Die zuvor eingeschlagene Vorbereitungsstrategie der Bedarfslieferung im Ereignisfall war somit kurzfristig und vor allem alternativlos gescheitert. Zwar argumentierte das Tiefbauamt nun damit, die noch in städtischer Hand verfügbaren (Rest)Bestände würden „im Falle eines Hochwassers für den ersten Bedarf genügen“ (Abt. Wasser u. Gleisbau, Mannheim 27.09.1933), da es sich dabei jedoch lediglich um 4.000 Sandsäcke handelte, kann bezweifelt werden, dass der Schutz dadurch hätte gewährleistet werden können. Erst in den kommenden Jahren konnten die städtischen Lager weiter aufgefüllt werden, sodass bis 1936 mindestens 30.000 Sandsäcke einsatzbereit waren. (Mannheimer Tagblatt 18.12.1936)

Wie anhand der Beispiele deutlich wurde, hat Ideologie – in diesem Fall die nationalsozialistisch geprägte Personalpolitik sowie die antisemitischen Einstellungen – Einfluss

auf den Umgang mit Naturereignissen und beeinträchtigte in diesem Fall den Hochwasserschutz der Stadt Mannheim. Dass diese Beziehung zwischen Politik und Naturkatastrophe eine wechselseitige war, zeigte sich hingegen deutlicher in der zweiten deutschen Diktatur. Funktionäre der DDR verstanden es, Hochwasserereignisse ideologisch aufzuladen und somit für ihre eigene Propaganda zu instrumentalisieren. Als Plattform bot sich dafür insbesondere die regimetreue Tageszeitung Neues Deutschland an. Als sich im Sommer 1954 ein erstes schwereres Hochwasser in der jungen DDR ereignete, konnte Ministerpräsident Otto Grotewohl (SED) in einem ganzseitigen Artikel Stellung beziehen. Er lobte darin zum einen die „jahrelange[n] Fürsorge und Voraussicht“ (Neues Deutschland 18.07.1954) der eigenen Regierung und zum anderen den Einsatz der Bevölkerung. Daraus leitete er wiederum einen Beweis „für die Stärke und Geschlossenheit der Arbeiter und Bauernmacht der Deutschen Demokratischen Republik“ (ebd.) ab. Dieser These schlossen sich auch die Dresdner Stadtverordneten an, indem sie in ihrer Sitzung feststellten, dass die Bewältigung der Hochwasserlage zeige, „daß die Interessen der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik und die Interessen der Bevölkerung übereinstimmen.“ (Protokoll der Stadtverordnetenversammlung, Dresden 22.07.1954) Unterstrichen wurde die Argumentation durch zahlreiche Abbildungen in den Medien, die Angehörige von Massenorganisationen oder Arbeiterinnen und Arbeiter im Einsatz zeigten. Dabei standen jedoch nicht die Individuen im Fokus, sondern viel mehr ihre gemeinschaftlich ausgeführte Tätigkeit.



**Abbildung 2: Das Neue Deutschland kommentierte: „Um die kornschweren Felder vor Überschwemmungen zu schützen, errichteten Dresdner Arbeiter in Tag und Nacht Arbeit Schutzdämme“ (Neues Deutschland 14.07.1954)**

Es wurde zwar in der offiziellen Berichterstattung oft hervorgehoben, dass sich vornehmlich Freiwillige an den Hochwassereinsätzen beteiligt hätten, die vorherrschende Wirt-

schaftsform bot allerdings auch besondere Möglichkeiten, um Einsatzkräfte zu rekrutieren. Das Konzept der Volkseigenen Betriebe (VEB) ermöglichte nämlich zudem eine zentralgesteuerte schnelle Bereitstellung von Personal und Materialien. Zugleich sorgte die Zentralverwaltungswirtschaft mit ihren starren Planvorgaben für eine neue Priorisierung, die Aufrechterhaltung oder rasche Wiederaufnahme der Produktion stellte das wichtigste Ziel dieser Einsätze dar. (siehe Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft 1988)

Trotz dieser Umstände und der propagandistischen Umdeutung der Ereignisse kam es in den untersuchten Fällen zu Reflexions- und Lernprozessen. Zwar fanden diese nicht unter Partizipation der Öffentlichkeit statt, sondern wurden viel mehr intern verhandelt, allerdings wurde durchaus Raum geschaffen, um Kritik und Verbesserungsvorschläge ein-zubringen. (siehe Bericht des Leitungskollektivs, Dresden 26.07.1954)

## Demokratischer Einfluss auf den Hochwasserschutz

Der Blick auf die beiden deutschen Demokratien und ihren Umgang mit Hochwasserereignissen zeigt jedoch, welches Potenzial in der parlamentarischen Auseinandersetzung und der Berichterstattung einer freien Presselandschaft liegen kann. Bereits in den Plenarsälen der Weimarer Republik wurde die Ausrichtung des Katastrophenschutzes kontrovers diskutiert, wie zahlreiche Debatten zur Rolle und Tätigkeitsbereichen der Technischen Nothilfe (TN) zeigen (bspw. Die Räder, 1928). Ähnlich erging es ihrer Rechtsnachfolgerin, dem Technische Hilfswerk (THW), das während der bundesrepublikanischen Jahre im Zuge von Zivil und Katastrophenschutzgesetzgebungsprozessen immer wieder Gegenstand des demokratischen Diskurses, an dem sich dann auch verschiedene Medien beteiligten, wurde. (bspw. Der Spiegel 1977)

Die Diskussionen beschränkten sich jedoch nicht ausschließlich auf den nationalen Rahmen. Zu Beginn der 1980er Jahre entspann sich beispielsweise eine breite Debatte darüber, inwiefern der deutschfranzösische Rheinausbau die Hochwassersituation Mannheims beeinflussen würde und welche Maßnahmen deshalb zu ergreifen seien. Die Tagespresse BadenWürttembergs fand in ihrer Einschätzung der Lage deutliche Worte und ging in Opposition zum Großprojekt. So bezeichneten die Schlagzeilen nicht nur das „Hochwasser

als permanente Gefahr“ (RheinNeckarZeitung 17.02.1981), sondern einige sahen gar bereits die „Katastrophe programmiert“ (Stuttgarter Nachrichten 25.10.1980). Diese Einschätzung wurde zudem von Statements lokaler Abgeordneter bestärkt, die wiederum in den Landes- und Stadtparlamenten eine Anpassung des Hochwasserschutzes an das nun zu erwartende Abflussgeschehen einforderten. Das Zusammenspiel der (oppositionellen) Politikerinnen und Politiker und der regionalen Presseorgane rückte die Thematik nicht bloß immer wieder in den Fokus, sondern begleitete die Entwicklungen auch kritisch.

Dabei waren nicht nur die (anzupassenden) Vorbereitungsstrategien Teil der Berichterstattung, sondern auch die konkreten Ausführungen im Einsatzfall. Exemplarisch zeigte sich diese Rolle an der Presse zum Mannheimer Hochwasser 1987. Nachdem es zu einem Dammbuch gekommen war, bot der Mannheimer Morgen einigen Anwohnenden die Möglichkeit, ihrem Unmut über die Stadtverwaltung kundzutun. So wurde ihr nicht nur eine mangelnde Kontrolle und Unterhaltung der Dämme im Vorfeld vorgeworfen, sondern auch die zögerliche und unzureichende Reaktion während des Dammbuchs. Deutlich wurde, dass die zu wortgekommenen Betroffenen sich selbst ihrem Schicksal überlassen sahen und damit aufgrund ihrer beschränkten Möglichkeiten überfordert waren. (Mannheimer Morgen 23.06.1987) Bereits zwei Tage nach dem Erscheinen des Artikels reagierte das Mannheimer Rathaus mit einer Stellungnahme auf die Kritikpunkte. Darin wurde auf den Zustand der Dammanlage und ihre Schwachpunkte eingegangen, andere Vorwürfe, insbesondere den zögerlichen Einsatz, wurden hingegen zurückgewiesen. Als Belege und um die Einsatzorganisation nachvollziehen zu können, wurden zudem die Protokolle der Wasserwehr für die betroffenen Tage veröffentlicht. (Informationsvorlage des Oberbürgermeisters, Mannheim 25.06.1987) Demokratische Systeme ermöglichten eine breitere und öffentlichere Diskussion über Ziele und Strategien des Katastrophenschutzes. Insbesondere den Medien kommt hierbei eine bedeutende Rolle zu, da sie Missstände aufdecken sowie Entwicklungen und Anpassungsprozesse kritisch begleiteten.

## Fazit

Wie gezeigt werden konnte, war der Hochwasserschutz im 20. Jahrhundert auch maßgeblich von politischen Rahmenbedingungen geprägt. Die Beispiele verdeutlichen, dass bereits klei-

ne ideologisch motivierte Maßnahmen die Resilienz einer ganzen Stadt (kurzfristig) verringern konnten. Besonders sichtbar wurde dies insbesondere bei autoritären Regimen und in politischen Umbruchzeiten. Hinzu kam, dass Katastrophen in diesen Fällen selbst zum Gegenstand der Propaganda wurden und zur Stabilisierung des Systems beitragen sollten. In Demokratien zeigte sich hingegen, dass parlamentarische Diskurse und eine kritische Presse nicht nur eine Kontrollfunktion einnahmen, sondern auch konstruktiv zur Reflexion und Weiterentwicklung der Maßnahmen beitragen konnten.

## Literatur und Quellenverzeichnis

Fritsche, C. (2013): Ausgeplündert, zurückerstattet und entschädigt. Arisierung und Wiedergutmachung in Mannheim (= Sonderveröffentlichung des Stadtarchiv Mannheim, Band 39), UbstadtWeiher.

Grotewohl, O. (1954): Vereinte Hände helfen, in: Neues Deutschland, Nr. 166 vom 18.07.1954.

Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft (Hg.) [1988]: Hochwasserschutz in Betrieben und Genossenschaften, [o.O].

o.A. (1928): Der Reichstag über die T.N. Was die Parteien zur T.N. sagen, in: Die Räder, Nr. 23.

o.A. (1933): Großreinemachen in Mannheim, in: Der Führer, Nr. 76 vom 17.03.1933.

o.A. (1936): Mannheims Wasserwehr. Viele Deiche schützen unsere Stadt, in: Mannheimer Tagblatt, Nr. 297 vom 18.12.1936

o.A. (1954): Solidarität wächst von Stunde zu Stunde. Werk-tätige leisten Soforthilfe. Neubestellung der verwüsteten Felder. Geld und Sachspenden der Bevölkerung für Hochwassergeschädigte, in: Neues Deutschland, Nr. 162 vom 14.07.1954.

o.A. (1977): Blick geradeaus, in: Der Spiegel, Nr. 28.

o.A. (1981): Hochwasser als permanente Gefahr, in: RheinNeckarZeitung vom 17.02.1981.

o.A. (1987): Riedwiesen unter Wasser: Dammbuch erregt die Gemüter, in: Mannheimer Morgen, Nr. 140 vom 23.06.1987.

Popp, C. (2009): Die Weimarer Republik, in: Nieß, U.; Caroli, M.: Geschichte der Stadt Mannheim. 19142017, Heidelberg, S. 50209.

Sander, H. (1980): Durch Staustufen droht Hochwasser: Katastrophe programmiert. Am Oberrhein müssen bald Überlaufräume geschaffen werden, in: Stuttgarter Nachrichten, Nr. 249 vom 25.10.1980.

## Archivalien

MARCHIVUM

Bestand HR 2/2001, Akte Nr. 411

- Informationsvorlage des Oberbürgermeisters, Mannheim, betr. Hochwasserschutz – Wasserwehr in der Zeit vom 18.06.1987 bis 22.06.1987 bzgl. Stellungnahme zum Pressebericht des Mannheimer Morgens vom 23.06.1987, Nr. 407/87, 25.06.1987.

Bestand HR 42/1975, Akte Nr. 619

- Erläuterungsbericht der Stadt Mannheim, Dez. VII, betr. Überflutungsgebiet des Rheins Gemarkung Mannheim, 26.07.1967.

Bestand VI 39/1970, Akte Nr. 752

- Protokoll, betr. Hochwasser Januar 1955, bzgl. Erfahrungsaustausch und Vorbereitung zur Abwehr bei künftigen Katastrophenfällen, 30.03.1955

Bestand VI 54/1969, Akte Nr. 672

- Tiefbauamt, Mannheim an Oberbürgermeister, Mannheim, betr. Hochwasserschutz der Stadt Mannheim, 15.09.1933.
- Abt. Wasser und Gleisbau, Mannheim an Tiefbauamt, Mannheim, betr. Hochwasserschutz der Stadt Mannheim, 27.09.1933.

## Stadtarchiv Dresden

Bestand 4.1.7, Akte Nr. 12

- Abt. Maschinenamt, Dresden an Dez. Technik und kommunale Betriebe, Dresden, betr. Verkehrs- und Sicherungsmassnahmen zur Hochwassergefahr, bzgl. Ihr Schreiben vom 6. März 1947, 07.03.1947

Bestand 4.2.1, Akte Nr. 23

- Protokoll der 8. öffentlichen Sitzung der Stadtverordnetenversammlung Dresden, 22.07.1954.

Bestand 4.2.2, Akte Nr. 94

- Bericht des Leitungskollektivs, Dresden, betr. Das Hochwasser in Dresden und die Arbeit der Katastrophenkommission sowie Einleitung der Maßnahmen zur Beseitigung der Hochwasserschäden, 26.07.1954

Bestand 5.3.4, Akte Nr. 271

- Organisations und Einsatzplan der Katastrophenkommission des Stadtbezirks West, Dresden, [19531960].

## Kapitel 5

# Extrem- wetterereignisse



# Wetter melden, Warnen helfen, Gefahr vermeiden: Crowdsourcing menschlicher Wetter- und Impact-Beobachtungen in Österreich und Europa

THOMAS KRENNERT, RAINER KALTENBERGER,  
ANDREAS SCHAFFHAUSER

Organisation(en):

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

thomas.krennert@zamg.ac.at, rainer.kaltenberger@zamg.ac.at

## Abstract

Die ZAMG erfüllt ihre gesetzliche Aufgabe die Öffentlichkeit vor Extremwetter zu warnen zunehmend auch mit ergänzenden Informationen über dessen Auswirkungen am Boden. Neben den klassischen Werkzeugen zu Vorhersage- und Warnungen wie Wettermodelldaten und geeichte Messsysteme bekommen auch mit Hilfe von Crowdsourcing generierte, alternative Echtzeit-Datenquellen eine immer größere Bedeutung. Seit mehr als 10 Jahren kooperiert die ZAMG zu diesem Zweck mit Wetterenthusiasten, die häufig in Spotter-Vereinen wie beispielsweise Skywarn Austria organisiert sind. Ein in Europa einzigartiges Ausbildungskonzept, das Trusted Spotter Network Austria, ermöglicht verlässliche Meldungen über wetterbedingte Auswirkungen auf die

moderne Gesellschaft. Die ZAMG engagiert sich ebenfalls auf nationaler und auf europäischer Ebene für die Standardisierung der Wetter- und Impact-Meldeparameter, der Spotter-Ausbildung sowie der technischen Interoperabilität unterschiedlicher Meldeplattformen. Der Aufbau des wettermelden.at / TSN Systems ermöglicht die Integration der Wettermelde-Funktion in bereits existierende Webseiten oder Apps von Kooperationspartnern über APIs. Dazu betreibt die ZAMG eine zentrale Melde-Datenbank für den nationalen und internationalen Echtzeit-Datenaustausch der eingelangten Wetter- und Impact-Meldungen.

## Ausgangslage und Motivation

Unsere moderne Gesellschaft mit den urbanen Ballungszentren, Verkehrssystemen sowie modernen Lebensabläufen verdichtet sich zeitlich und räumlich immer stärker. Damit steigen Verletzbarkeit und Exponiertheit gegenüber extremen Wetterereignissen weiter an: intensiver Schneefall, der im Flachland selten auftritt, aber umso intensivere Auswirkungen hat; schwere Gewitter mit großen Hagelkörnern, orkanartigen Böen und sintflutartigem Regen, oder sogar einem Tornado; großräumige Stürme, die im Winterhalbjahr für abgedeckte Dächer oder großflächige Waldschäden sorgen; Starkregen und Wolkenbrüche, die innerhalb von Minuten zu Springfluten oder anhaltenden Überschwemmungen führen. Immer wieder sind in Österreich Verletzte und Tote zu beklagen, die Sachschäden betragen mehrfach im Jahr mehrere Millionen Euro, die Auswirkungen auf den öffentlichen Haushalt sind immer deutlicher zu spüren (Abbildung 1).

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG hat als nationaler Wetterdienst Österreichs die gesetzliche Aufgabe, zeitgerecht vor Unwettern zu warnen und die Einsatzkräfte bei der Bewältigung von Katastrophen zu unterstützen. Die entsprechenden Warnungen sind rund um die Uhr aktuell auf der öffentlichen ZAMG Warn-Homepage <https://warnungen.zamg.at/> verfügbar.

Was bedeutet ein Unwetter aber konkret für die Landwirtschaft, den Tourismus, Hausbesitzer oder allgemein für Menschen, die sich im Freien aufhalten?



Abbildung 1: Wetterbedingte Extremereignisse, die von Wetterstationen nicht erfasst werden können

Derzeit arbeitet die ZAMG intensiv an der Umsetzung der so genannten Auswirkungs- oder »Impact«-orientierten Prognosen und Warnungen für die Öffentlichkeit (WMO, 2015). Dabei wird nicht nur vor meteorologischen Parametern wie beispielsweise Sturm ab einer bestimmten Stärke gewarnt, sondern direkt vor möglichen Auswirkungen derartiger Windgeschwindigkeiten am Boden. Diese Auswirkungen unterscheiden sich in Österreich abhängig von Jahreszeit und Region teils deutlich.

Als Grundlage für Wetterwarnungen an der ZAMG dienen für den Langfristbereich zwischen fünf und einem Tag im Voraus numerische Wettermodelle, im Bereich von Kurzfristvorhersage und Warnungen für die nächsten Stunden werden Daten von Wettersatelliten, Wetterradar und Bodenwetterstationen verwendet. Diese automatischen Stationen

sind durchschnittlich im Abstand von 20 km positioniert und erfassen kleinräumige aber intensive Unwetter wie zum Beispiel Gewitter nur selten direkt. Ebenso werden wetterbedingte Auswirkungen am Boden wie Hagelkorngrößen, Windschäden, Überschwemmungen, Glatteis, Muren, Lawinen, Waldbrände und andere grundsätzlich nicht erfasst.

## Alternative Datenquellen informieren über Auswirkungen von Extremwetter

Um diese Informationen zu erhalten, sind zusätzliche Quellen nötig, zumeist in Form von Daten aus Crowdsourcing, wie private Wetterstationen, Informationen aus sozialen Medien oder auch über wetterbedingte Feuerwehreinsetze. Menschliche Beobachtungen von Freiwilligen und Enthusiasten haben für die ZAMG dabei einen besonderen Stellen-

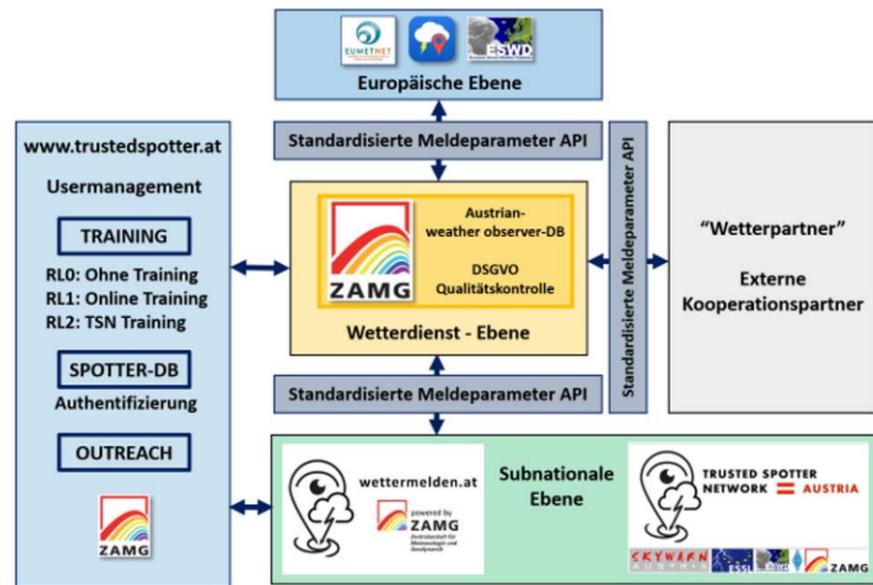


Abbildung 2: Schema des wettermelden.at / TSN Systems

wert. Liegen vertrauenswürdige Meldungen vor, können Vorhersage- und Warnmeteorologen ad hoc darauf reagieren und diese Informationen in den zeitkritischen Warnprozess integrieren.

Die Meldungen werden mit einer Web-App ohne Download und Installation direkt über den Browser eines Mobilgerätes übersendet (www.wettermelden.at), mit der verwendeten Technologie scheinen diese bereits nach Sekunden beim Warndienst der ZAMG als auch öffentlich im Internet auf.

Fast alle Wetterphänomene sowie alle mit dem Wetter zusammenhängenden Schäden stehen in der App zur Verfügung. Bei einem Gewitter kommen mehrere Gefahren gleichzeitig vor, beispielsweise Sturm, Starkregen, Blitzschlag oder Hagel. Die App ermöglicht das Erfassen dieser Auswirkungen auch kurz hintereinander und gewährleistet damit die vollständigere Information über die eingetretene »Ground Truth«.

Zentralen Stellenwert hat die Anwendung standardisierter Application Programming Interfaces API. Am Wettermelden interessierte Betreiber können so

alle Funktionen in bereits existierenden Webseiten und Apps integrieren, damit entfällt die Promotion einer zusätzlichen, neuen App für die jeweiligen Nutzergruppen (Abbildung 2).

### Anwendungen menschlicher Wetter- und Impact- Meldungen

Alle Meldungen werden in Echtzeit für die Meteorolog\*innen im operationellen Dienst der ZAMG qualitätseingestuft aufbereitet und stehen so als »Feedback-Loop« zur Verfügung, um Wetterprognosen und Warnungen zeitgleich mit den entstandenen Impacts zu überprüfen (Kaltenberger, et al., 2020). Somit können im Idealfall eine Warnstufe rasch angepasst werden und mögliche nachfolgende katastrophale Auswirkungen werden vermieden.

Im weiteren Verlauf dienen die Meldungen als Grundlage zur Weiterentwicklung der Impact-orientierten Vorhersagen und Warnungen sowie wissenschaftlichen, klimatologischen Auswertungen von Wetterschäden.

Die ZAMG bemüht sich auch auf europäischer Ebene um die Standardisierung dieser Wetter- und Impact-Meldungen (Abbildung 2, oben). Ziel ist die Verwendung möglichst identer Meldeparameter und Qualitätskriterien von allen Kooperationspartnern, damit Meldungen aus den jeweiligen europäischen Ländern insbesondere bei Extremwetterereignissen über die Staatsgrenzen hinweg vergleichbar sind (Kaltenberger et al., 2020).

### Qualitätsmanagement und Beobachtertraining

Neben der breiten Öffentlichkeit steht wettermelden.at vor allem wetterbegeisterten Personen und Enthusiast\*innen offen. Für diese besonders interessierte Gruppe bietet die ZAMG ein speziell auf das Wettermelden abgestimmtes Ausbildungsprogramm in zwei Stufen: Die Grundausbildung informiert über die Eigenschaften einzelner Meldeparameter und deren Entstehung, die Lizenzierung für diese Trainingsstufe ist online über das Outreach-Portal www.trustedspotter.eu möglich. In Anlehnung an das ESSL/ESWD Qualitätsmanagementsystem senden Wettermelder\*in-



Abbildung 3: Workshops und individuelles Training für Trusted Spotter

nen mit absolvierter Grundausbildung in einer höheren Qualitätseinstufung (Reliability Level 1, RL1) als jene ohne Ausbildung (RL0; Abbildung 2, links).

Die Lizenzierung zur nächstfolgenden Ausbildungsstufe zum Trusted Spotter (RL2) erfolgt durch persönliche Trainingseinheiten an einer ZAMG Kundenservice-Stelle sowie durch die Teilnahme an einem der regelmäßig abgehaltenen ZAMG Workshops (Abbildung 3). Damit wird die höchste Qualitätseinstufung der gemeldeten Beobachtungen erreicht (Krennert, et al., 2018). Dieses Ausbildungskonzept wurde durch die Europäische Meteorologische Gesellschaft als Best Practice ausgezeichnet und hat sich als enge Kooperation mit Skywarn Austria und dem Österreichischen Versuchs-Sender Verband ÖVSV seit mehr als 10 Jahren bewährt und soll in Zukunft auch erweitert werden.

### Literaturverzeichnis

- Kaltenberger, R., Schaffhauser, A., & Staudinger, M. (2020): «What the weather will do»—results of a survey on impact-oriented and impact-based warnings in European NMHSs. *Advances in Science and Research*, 17, 29-38, <https://doi.org/10.5194/asr-17-29-2020>
- Krennert, T., Kaltenberger, R., Pistotnik, G., Holzer, A. M., Zeiler, F., and Stampfl, M. (2018): Trusted Spotter Network Austria – a new standard to utilize crowdsourced weather and impact observations. *Adv. Sci. Res.*, 15, 77-80, <https://doi.org/10.5194/asr-15-77-2018>.
- WMO, (2015): WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services, WMO-No. 1150, ISBN 978 - 92 - 63 - 1115 0 - 0

# The WegenerNet 3D weather and climate research facility: A unique open-air laboratory for high-resolution studies of extreme events

JÜRGEN FUCHSBERGER<sup>1</sup>, GOTTFRIED KIRCHENGAST<sup>1,2</sup>, HEIMO TRUHETZ<sup>1</sup>  
CHRISTOPH BICHLER<sup>1,2</sup>, ROBERT GALOVIC<sup>1</sup>

Organisation(en):

<sup>1</sup>Wegener Center for Climate and Global Change (WEGC) University of Graz

<sup>2</sup>Institute for Geophysics, Astrophysics, and Meteorology/Institute of Physics, University of Graz

heimo.truhetz@uni-graz.at

## Abstract

The WegenerNet Feldbach Region (Fig.1) is a unique weather and climate observation facility comprising 155 meteorological stations measuring temperature, humidity, precipitation, and other parameters, in a tightly spaced grid within a core area of 22 km x 16 km centered near the city of Feldbach (46.93°N, 15.90°E). With its stations every about two km<sup>2</sup> (area of about 300 km<sup>2</sup> in total), and each station with 5-min time sampling, the network provides regular measurements since January 2007.

## Mode of Operation

Currently, the station network is being expanded by three major new components, converting it from a 2D ground station network into a 3D open-air laboratory for weather and climate research at very high resolution.

The expansion consists of the following new observing components (also shown in Fig.1):

1. A polarimetric X-band Doppler weather radar for studying precipitation parameters in the troposphere above the ground network, such as rain rate, hydrometeor classification, Doppler velocity, and approximate drop size and number. It can provide 3D volume data (at about 1 km x 1 km horizontal and 500 m vertical resolution, and 5-min time sampling) for moderate to strong precipitation. Together with the dense ground network this allows detailed studies of heavy precipitation events at high accuracy.

2. An azimuth-steerable microwave/IR radiometer for vertical profiling of temperature, humidity, and cloud liquid water in the troposphere (with 200 m to 1 km vertical resolution, and 5-min time sampling), also capable of measuring integrated water vapor (IWV) along line-of-sight paths towards Global Navigation Satellite System (GNSS) satellites.

3. A water vapor mapping high-resolution GNSS station network, named GNSS StarNet, comprising six ground stations, spatially forming two star-shaped subnets (one with ~10 km interstation distance, and one embedded with ~5 km distance), for providing slant IWV, vertical IWV, and precipitable water, among other parameters, at 5-min time sampling.

The new components, together with the existing ground network, will provide a unique setup for studying extreme meteorological events such as heavy precipitation, hailstorms, droughts, heat waves, and late spring frost.

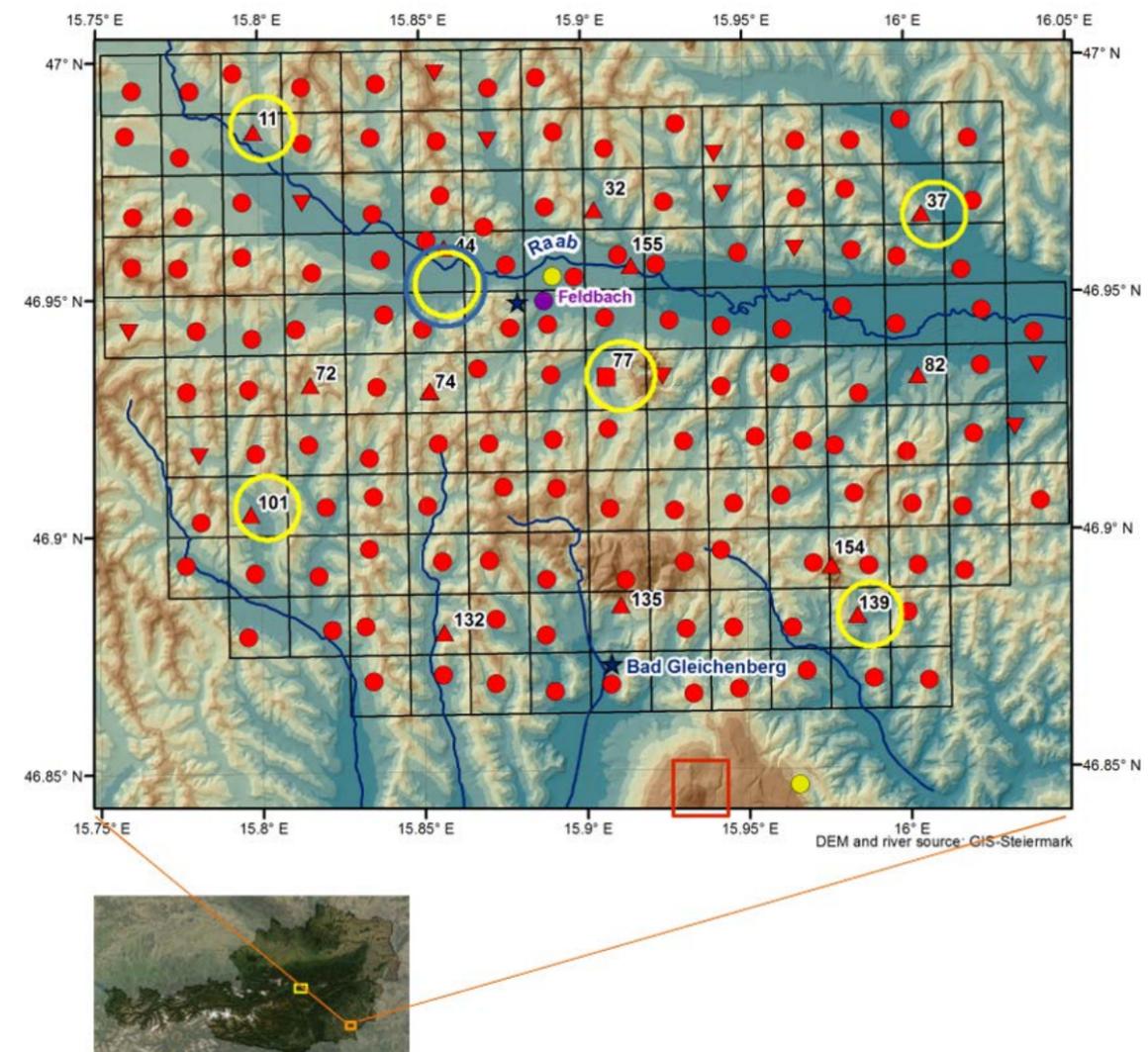


Fig. 1: Map of the WegenerNet climate station network and its location in southeastern Austria. Climate stations are marked by red symbols. Locations of the new components are marked by 1) red square: X-band weather radar; 2) blue circle: tropospheric profiling radiometer; 3) yellow circles: water vapor mapping GNSS ground stations

# Extremwetterereignisse und individuelle Risikokommunikation: Mediale Strategien und ihre empirische Überprüfung

SONJA KRETZSCHMAR<sup>1</sup>, ANNE BARTSCH<sup>2</sup>,  
ANNIKA SEHL<sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Universität der Bundeswehr München;

<sup>2</sup>Universität Leipzig

sonja.kretzschmar@unibw.de, anne.bartsch@uni-leipzig.at, annika.sehl@unibw.de

## Abstract

Extremwetterereignisse wie Starkregen, Stürme und Hagel haben in den vergangenen Jahren weltweit zugenommen. Dabei werden die Auswirkungen dieser Extremwetterereignissen oft unterschätzt, gerade auch im Hinblick auf Infrastrukturen. Obwohl es viele kosteneffiziente Schutzmaßnahmen gibt, mit denen beispielsweise Privatpersonen sich und ihre Eigenheime schützen können, werden diese nur selten genutzt. Gründe liegen unter anderem darin, dass

Informationen über Schutzmaßnahmen oft unzureichend sind; hinzukommt, dass die relevante Zielgruppe häufig nicht erreicht wird. Vor diesem Hintergrund liefert die hier vorgeschlagene Studie relevante und anwendungsorientierte Erkenntnisse darüber, wie über effiziente Schutzmaßnahmen informiert und im Idealfall proaktives Handeln initiiert werden kann. Sie ist somit in der individuellen Risikokommunikation verortet.

Die zentrale Forschungsfrage lautet: Wie kann bei Bürger\*innen durch die Rezeption von audiovisuellen Informationen im Internet sowohl die Informationssuche, als auch die Bereitschaft, selber Schutzmaßnahmen zu ergreifen, angeregt werden? Im Mittelpunkt des Erkenntnisinteresses steht dabei die Rolle von Emotionen und Animationen innerhalb von Videos.

Die theoretische Grundlage der Studie orientiert sich an Hastalls Modell der Gesundheitskommunikation (Hastall, 2010), und hier speziell an der besonderen Rolle der Emotionen (Shen, 2011, 2019). Emotionen haben starken Einfluss darauf, Menschen für eine Gefahr zu sensibilisieren und im Idealfall Anreize für präventives Handeln zu geben (Bartsch, Kalch & Oliver, 2014). Dieses Modell aus der Gesundheitskommunikation lässt sich auf die Risiko- und Wissenschaftskommunikation übertragen; auch hier werden Narrative erstellt, bei deren Rezeption Emotionen von entscheidender Bedeutung sind (Bilandzic, Kinnebrock & Klingler, 2020).

Aufbauend auf die Literatur wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H1:** Es werden in gesteigertem Umfang empathische Gefühle erreicht, d. h. die Nutzer empfinden Mitleid für die betroffenen Menschen.
- H2:** Die Übernahme der Perspektive gelingt, sodass die Situation von Menschen in Extremwetterereignissen besser verstanden wird.
- H3:** Die kognitive Verarbeitung wird gesteigert; die Nutzer verstehen die Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf ihre Eigenheime besser.

**H4:** Die Nutzung der Videos führt zu längeren Lesezeiten auf der Website der Bundesbehörde, zusätzliche Informationen werden rezipiert.

**H5:** Eine größere Bereitschaft zur Implementierung von Schutzmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Schlechtwetterereignissen wird erreicht.

Methodisch arbeiteten wurde mit einem experimentellen Design gearbeitet. Ausgehend von Hastalls Modell der Gesundheitskommunikation wurden Videos erstellt, bei denen emotionale Elemente und Animationen integriert waren. Die Produktion dieser Videos zu Extremwetterereignissen, die Informationen über die Entstehung und Schutzmaßnahmen zur Prävention von Hauseigentümern beinhalten, waren Teil eines Projekts, das gemeinsam mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) durchgeführt wurde (Kretzschmar & Bartsch).

Aus einer Vielzahl von Videos zu den Ursachen und Auswirkungen von Extremwetterereignissen, die für das BBK erstellt wurden, wurden zwei Videos zu Sturm und Hagel ausgewählt. In einem 2 x 2 Design wurden jeweils einzelnen Faktoren ausgewählt, die systematisch variiert wurden. Das »normale« Video beinhaltete sowohl emotionale Sequenzen (O-Töne von Betroffenen) und Animationen (zum besseren Verständnis), bei zwei Videos wurden jeweils die emotionalen Sequenzen und die Animationen ersetzt, im letzten Video wurden beide Elemente durch neutrale Texte und Bebilderung ersetzt.

Für das Experiment wurde ein Online-Panel von 842 Hauseigentümern in Deutschland genutzt. Durch einen Zufallsgenerator wurde jeweils eins der Videos einer Person zugeteilt. Es wurde auf

einer gespiegelten Version der Website des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) ausgespielt. Nach der Rezeption des Videos wurden die Teilnehmer\*innen befragt das weitere Nutzungsverhalten der Teilnehmer\*innen getrackt.

Die Ergebnisse zeigen: Emotionale Elemente verstärken die empathischen Gefühle für die Betroffenen (H1), die Übernahme der Perspektive der Betroffenen (H2), die kognitive Verarbeitung (H3), die weitere Informationssuche auf der Website (H4) und die Bereitschaft, Schutzmaßnahmen für die eigene Immobilie zu ergreifen (H5). Animationen haben zwar keine direkten Auswirkungen auf die Rezeption, wurden aber als hochwertig bewertet; die Gruppen, die Videos mit diesen Elementen nutzten, blieben länger in der Rezeptionssituation. Die Ergebnisse wiesen allgemein keine Unterschiede in Bezug auf die Art des Extremwetterereignisses auf, also Hagel und Sturm. Einzuschränken ist, dass emotionale Elemente und Animationen nur einzelne Elemente sind, die Auswirkungen auf die Rezeption von Informationen zu Extremwetterereignissen haben. Anknüpfend an die BBK-Studie arbeiten wir daher derzeit an einer Erweiterung dieser Forschung. Sie hat zum Ziel zu untersuchen, wie Rezeption nicht nur über Videos auf Internet-Websites, sondern auch durch die Nutzung von Social Media gesteigert werden kann. Dazu soll in einem nächsten Schritt zunächst die Kommunikatorseite erforscht werden. In Leitfadeninterviews mit Akteur\*innen der Risikokommunikation wird exploriert, welche Möglichkeiten und Risiken sie in der Informationsvermittlung über die Social Media-Plattformen wie Facebook, Twitter oder Instagram sehen und welche Strategien sie für diese neuen Distributionsplattformen haben. Ergebnisse für diese ergänzende Studie werden bis zur Tagung vorliegen.

# Determinants for Drought Management Strategies among Cameroonian Households

THEOBALD MUE NJI<sup>1</sup>, AZIBO ROLAND BALGAH<sup>2</sup>, GERTRUD BUCHENRIEDER<sup>3</sup>, EMMANUEL YENSHU VUBO<sup>1</sup>

Organisation(en):

<sup>1</sup>Faculty of Social and Management Sciences, University of Buea, Cameroon,

<sup>2</sup>College of Technology, The University of Bamenda, Cameroon,

<sup>3</sup>Universität der Bundeswehr München, Institute of Sociology and Economics

theobaldnji@gmail.com, balgahroland@gmail.com,  
gertrud.buchenrieder@unibw.de, socpolub@hotmail.com

## Abstract

The recent escalation of natural disasters globally has stimulated a burgeoning of theoretical and empirical scholarship on the subject. While the disaster management discourses in high income countries largely focus on resilience and adaptation, developing countries are still grappling with vulnerability and coping issues. This trend has been frequently attributed to the failure of formal (state and market) disaster management institutions in many developing countries. Formality provides justification for including informality in the disaster narrative in developing countries. This contribution explores determinants for adopting formal or informal risk management strategies with regard to droughts in Cameroon, using a random sample of 780 drought-affected Cameroonian households. Data is based on a structured questionnaire developed following

the World Bank's Social Risk Management Framework. Quantitative data are supplemented by 64 in-depth interviews and 17 focused group discussions. A larger proportion of the sample depended on informal than formal strategies to cope drought effects (78 percent and 22 percent respectively). Binary logistic regression analysis revealed that the age of the household head and perceived severity positively and significantly influenced these decisions ( $p = 0.001$ ). Due to distrust of state management as a result of previous corruption experience, victims only appropriated state support when survival was a priority or informality was insufficient for coping. We conclude with the need to progressively include informality into the coping package, at least for the studied drought-affected Cameroonian households.

## Introduction

The global escalation of extreme events such as droughts is causing tremendous negative human, socio-economic, environmental and psychosocial effects. Boamah and colleagues (2015) for instance estimate that at least 2.8 billion people were affected by natural hazards between 1980 and 2009; with around 2.4 million rendered homeless. Currently, over half a billion people globally are estimated to be affected by natural disasters per annum, a figure that is predicted to jump to about two billion annually by 2050 (Few, 2013). Natural disasters continue to exert heavier impacts especially in developing countries, given the wide-spread failure of formal (state and market) institutions for disaster management, which increases vulnerability (Helgeson et al., 2013; Eludoyin et al., 2017). Therefore, while the disaster management discourse in the high income countries drifts more towards resilience and adaptation with an indisputable and more engaging role of formal institutions (Scheffran et al., 2012), scholars in developing countries are still largely grappling with issues of vulnerability and coping (Hisali et al., 2011; Fondo et al., 2018). Formality failure justifies inclusion of informality in the disaster narrative in developing countries; allowing scholars to explore the extent to which their inclusion can influence mitigating, coping and adaptive capacities of people highly exposed to extreme events, such as droughts. This hypothesis has been supported by the contention that informality (e.g. solidarity and reciprocal exchanges) are sufficiently abundant in many developing countries (Holzmann & Jorgensen, 2000). If this is the case, which endogenous factors additionally influence the coping decisions of natural hazard victims in developing countries? We contribute to this knowledge gap, by understanding the determinants for household decision to adopt formal or informal risk management strategies to droughts in Cameroon, given the rapid upsurge of droughts recorded in Cameroon in the last three decades (Shiferaw et al., 2014).

## Conceptual Framework

This paper draws on the World Bank's Social Risk Management (SRM) Framework (Holzmann & Jorgensen, 2000). Based on this framework, informal disaster management strategies (e.g. solidarity, capable of accommodating idiosyncratic shocks (e.g. death of a household member) will disintegrate in the face of covariate shocks (e.g. drought), leading to full blown disasters. By implication, disasters can only be avoided by appropriating formal strategies (e.g. state-driven disaster relief and insurance). We explore this interesting contention in Cameroon, where informal management strategies are abundant; and formal (state and market) ones are highly deficient.

## Methodological Issues

We employ a household-based cross-sectional survey design to collect data from a random sample of 780 drought-affected households from 17 communities in the Sudano-Sahelian upland agro-ecological zone (North and Far North Regions) of Cameroon. All selected communities have witnessed at least one drought in the last five years prior to the data collection, which took place between August and December 2017. We used a structured questionnaire inspired by the Social Risk Management Framework (Holzmann & Jorgensen, 2000); in combination with (64) In-depth Interviews (IDIs) and (17) Focused Group Discussions (FGD) to collect primary data. A binary logistic regression was performed to identify household determinants for preferring either formal or informal drought management strategies to reduce livelihood risks:

Adopted disaster (drought) management strategy:

$$D^* \begin{cases} 1 = \text{formal strategy} \\ 0 = \text{informal strategy} \end{cases} = f(\alpha + \beta X_i, \varepsilon) \quad (1)$$

Whereby  $X_i$  = economic and non-economic predictors and  $\varepsilon$  = error term.

$D^*$  (Disaster management strategy adopted) is the dependent variable, taking on 1 when the household preferably adopts a formal strategy (e.g., state-driven disaster relief) and 0 for adopting an informal strategy (e.g. community-based solidarity).

Fourteen explanatory variables were used. These variables include: age of respondent, household size, number of disasters faced, number of years living in the community, income before disaster, income after disaster, level of education, gender, religious affiliation, main occupation, membership in groups and networks, marital status, disaster effect (direct or indirect) and household ownership. The number of observations per predictor in the model clearly exceeds the recommended minimum of 10 (Vittinghoff & McCulloch 2007).

## Key Results and Discussion

Almost 80 percent of all respondents reportedly relied on endogenous strategies such as drawing on food stocks and selling of livestock; as well community based, moral economic practices such unconditional help from individuals, friends and community organizations (Fig.1). In total, nine of such informal strategies were reported (Fig.1) compared to only three formal ones (Fig.2); supporting the hypothesis of dominant informal strategies in developing countries, opined by Holzmann & Jorgensen (2000).

Some key results of the regression analyses are presented in Table 1. The regression outputs for the goodness-of-fit are within the standard range ( $X^2 = 33.501$ ,  $p = 0.004$ ;  $-2 \text{ Log likelihood} = 100.727$ ); indicating the model's ability to predict the determinants for adopting the choice form of disaster management strategy. The Nagelkerke R-square is 0.270 and the Cox & Snell R-square is 0,052 (Vittinghoff & McCulloch 2007).

We observe that age of the household head, household size, owning a house, monthly income, social networking and perceived drought severity significantly influenced household choices for drought management strategies. However, with the exception of perceived severity, the regression coefficients for all the variables were negative, suggesting their inverse relationship with the household decision to adopt formal (state and market) drought management strategies. The FGDs revealed high levels of distrust in past state drought management schemes. This might explain why 78% of the sample relied primarily on informal response strategies, with only 22% of the respondents adopting the very limited formal management options. Focused group discussions (FGDs) and in-depth interviews (IDIs) revealed that high corruption and misappropriation which has characterized state donations meant for disaster victims in the past in Northern Cameroon (especially during the 2012 Maga floods) accounts for the high distrust in relying on Government disaster management initiatives.

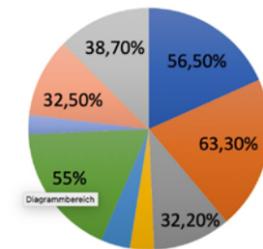
The negative coefficient for social network was also explained from a religious perspective, through key informant interviews. In fact, the northern regions are predominantly inhabited by Moslems (Molua 2012). FGDs and IDIs revealed that it is considered a 'noble gesture' to donate to the poor in need (solidarity), without expecting anything in return (reciprocity).

**Table 3: Determinants for adopting informal drought management strategies by households in northern Cameroon**

Variable	Coefficient	Std. Error	p-value
Age	0.002	0.001	0.001**
Gender	-0.030	0.020	0.136
Occupation	-0.029	0.015	0.063
Education	-0.029	0.015	0.063
Household size	-0.010	0.003	0.002**
House ownership	-0.060	0.023	0.010**
Monthly income	-0.001	0.001	0.004**
Social network	-0.114	0.006	0.036**
Perceived severity	0.288	0.035	0.001**
Access to loan	0.029	0.043	0.491
<b>Constant</b>	0.750	0.102	0.001

Notes: \*\*means significant at 5%

Contrary to theory therefore, informality expressed for instance through community-based solidarity and consolidated through long term relation is continuously appropriated for drought management in Cameroon. However, when available, and at high levels of severity, households would 'grasp' any additional resources emanating from the state or any formal institutions to cope with drought effects. Longstanding state, humanitarian and other international non-governmental organizations' (NGOs) interventions in earlier drought and floods disasters in the Sudano-Sahelian part of the country has been recently reported (Nji et al., 2019). This was confirmed FGDs and IDIs, with respondents consistently noting that some local households still rely on government and other stakeholders to cope with drought hazards, and even undertake future (reductive) measures, such as tree planting in their communities. Many household members also received low-fuelwood consumption cooking stoves distributed by the relevant state authorities in charge of disaster management in Cameroon.

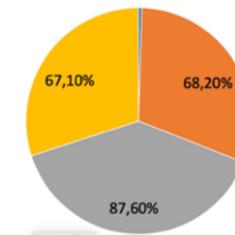


- Relied on stored food
- Sale of livestock
- Sale of household assets
- Sale of household labour
- Help from individuals
- Help from friends
- Help from religious organisation
- Help from associations
- Borrow from neighbours

**Figure 12: Informal drought coping strategies adopted by households**

## Conclusion

Natural hazards are important but unfortunate realities disrupting livelihoods across the globe. Their effects are higher in developing countries, where state and market institutions for disaster management are generally only timidly present. It is a reality that informal instruments are identified as abundant but insufficient to support disaster management in many developing countries (Holzmann & Jorgensen, 2000). Therefore, it seems promising to examine which factors influence victims' decisions to adopt specific informal risk management strategies to cope with natural disasters. Our study suggests that six variables (i.e., household size, monthly income, house ownership social network, age and perceived disaster severity) significantly affect households' decision to adopt informal risk management strategies in the face of droughts. However, age and perceived disaster severity affect the adoption of informal, community-based strategies positively. FGDs and IDIs further revealed that corrupt practices marred victims' interest in state supportive efforts; supporting the contention of e.g. Boamah et al. (2015) that previous experience can influence disaster coping decisions. However, at high levels of (perceived) severity, victims additionally appropriate any



- Borrowed from Banks
- Assistance from NGOs
- Assistance from government
- Assistance from Humanitarian Organisations
- Payments from insurance companies

**Figure 13: Formal drought coping strategies adopted by households**

formal (state-based and other) coping strategies made available to them in the form of immediate disaster relief and future (reductive) measures such as tree planting. Contrary to the World Bank's SRM framework therefore, informality seems to play an important role in managing drought risks, at least as demonstrated by our Cameroonian study; with victims only turning to formal options when (1) survival becomes top priority; and (2) when informality is insufficient. It therefore seems plausible to advocate for a better consideration of informal strategies in managing drought events. In this light, combining both formal and informal strategies can enhance drought management, rather than relying only on formal strategies. Combining both is likely to provide optimum benefits to victims.

## Literature List

Boamah, S.A., Frederick, A.A., Vincent, Z.K., Iduwo, A., Luginah, I. & McBean, G. (2015): Does Previous Experience of Floods Stimulate the Adoption and Coping Strategies? Evidence from Cross Sectional Surveys in Nigeria and Tanzania. *Environments* 2(4), pp. 565-585.

Eludoyin, A.O. & Eludoyin, O.M. & Eslamian, S. (2017): Drought Mitigation Practices, In: Eslamian S and Eslamian F.A. (Eds.), *Handbook of Drought and Water Scarcity*, Boca Raton: CRC Press, 798 pp.

Few, R. (2013): *Flood hazards and health: Responding to present and future Risks*. London: Routledge, 232 pp.

Fondo, S., Balgah, R. A. & Nji, T.M (2018): Making decisions after floods: a consistency check of drivers across multiple flood types. *MOJ Ecology and Environmental Sciences*, 3 (6), pp. 393-401.

Hisali, E., Birungi, P. & Buyinza, F. (2011): Adaptation to climate change in Uganda: Evidence from micro level data. *Global Environmental Change*, 21 (4), pp. 1245-1261.

Scheffran, J., Marmer, E. & Sow, P. (2012): Migration as a Contribution to Resilience and Innovation in Climate adaptation: Social Networks and Development in Northwest Africa. *Applied Geography*, 33, pp. 119-127.

Shiferaw, B., Kindie, T., Menale, K., Tsedeke, A., Prasanna, B.M. & Abebe, M. (2014): Managing Vulnerability to Drought and Enhancing Livelihood Resilience in Sub-Saharan Africa: Technological, Institutional and Policy Options. *Weather and Climate Extremes*, 3, pp. 67-79.

Helgeson J.F, Dietz, S, & HochrainerStigler, S. (2013): Vulnerability to Weather Disasters: The Choice of Coping Strategies in Rural Uganda. *Ecology and Society*, 18(2):2.

Holzmann, R. & Jorgensen, S. (2000): *Social Risk Management: A new conceptual framework for social Protection and beyond*. Social Protection Discussion Papers No.0006, Washington DC: The World Bank. Molua, E. (2012): Gendered Response and Risk-Coping Capacity to Climate Variability for Sustained Food Security in Northern Cameroon. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 3, pp. 277-307.

Nji, T. M. & Balgah, R.A. (2019): Determinants of Coping Strategies to Floods and Drought in Multiple Geo-Ecological Zones, in Tiefenbacher, J.P. (Ed.) *Natural Hazards - Risk, Exposure, Response, and Resilience*. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.84571.

Vittinghoff, E. & McCulloch, C. E. (2007): Relaxing the rule of ten events per variable in logistic and Cox regression. *American Journal of Epidemiology* 165, pp. 710-718.

# A REPRODUCIBLE SNOW LOAD MAP OF AUSTRIA DISASTER RESEARCH DAYS 2020, INNSBRUCK, AUSTRIA

HARALD SCHELLANDER<sup>1</sup>,  
TOBIAS HELL<sup>2</sup>, MICHAEL WINKLER<sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Innsbruck, Austria

<sup>2</sup>Department of Mathematics, University of Innsbruck, Austria

## Abstract

The European standard provides rules for the determination of snow load for structural design of buildings. Since 2006 national specifications for Austria define the current snow load map, allowing calculation of characteristic ground snow load  $s_k$ , defined as the 50-year return level. However, a simple quadratic regression between altitude and  $s_k$ , snow data series ending in the 1980s, extreme value extrapolation based on the Gumbel distribution and unknown methods

of spatial extrapolation might be enough reasons to rethink the current snow load standard for Austria. Advances in extreme value theory and modeling snow water equivalents (SWE) exclusively from daily snow heights provide the basis to spatially reconstruct snow loads on a very fine scale in Austria. A 50-year snow load map of Austria including an uncertainty assessment is presented.

Along with snow height  $H$ , snow water equivalent SWE, the amount of water contained in the snowpack is one of the most important snow properties. It is used by hydrologists for water supply forecasting or in construction business for estimation of snow load on roofs, i.e. the characteristic snow load  $s_k = SWE \cdot g$ , with  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . The estimation of  $s_k$  is regulated by the Austrian standard (Austrian Standards Institute, 2018), which is derived from the European standard (European Committee for Standardization, 2015). However, since 1983 the Austrian snow load standard has not undergone any significant change. Its origin is unclear and even if it has been modified a few times until 2018, it lacks new data, relies on outdated extreme value statistics and uses an extrapolation technique, which is most likely based on subjective notional interpolation. In addition, a power law based calculation rule of unknown origin is used for the estimation of  $s_k$  at arbitrary points in Austria with altitudes below 1500 meters (above that rather odd sea level height the norm is not valid at all). The project introduced here aims to update the Austrian snow load standard to make building and constructing cheaper and prevent unaesthetic dimensioning as well as - of course - collapses.

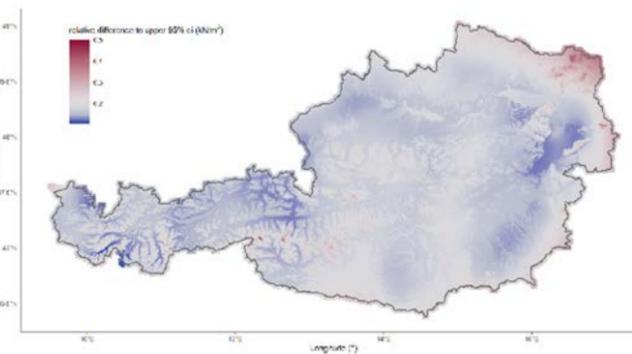
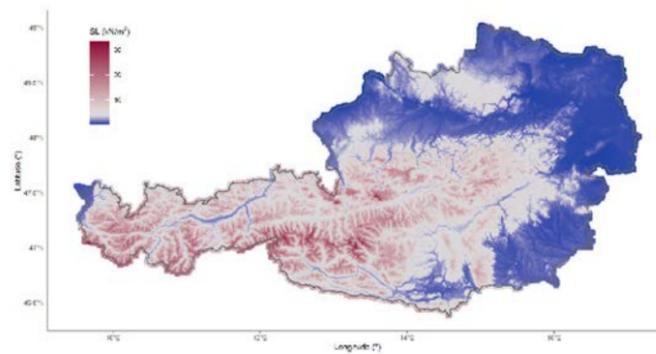
## Methodology

Unfortunately, no long-term SWE observations which are needed for reliable extreme value statistics are available in Austria on a regular basis. To circumvent this fundamental problem, in the first step the newly developed  $\Delta$ SNOW.MODEL (Winkler et al., 2020) was used to model SWE exclusively from daily changes of  $H$  at more than 1000 sites in Austria, resulting in long-term SWE series comprising at least 30 years between 1960 and 2019. It is assumed that seasonal SWE maxima follow a GEV distribution, whose three parameters are modeled in space

by describing their spatial variations by meaningful variables like longitude, latitude, altitude, and e.g. mean snow depth. This is done within the R programming environment (R Development Core Team, 2008) implementing a generalized additive model for location, scale and shape using the R-package `mgcv` (Wood, 2017).

## Results

As described in Sect. 2, daily SWE values are calculated from daily  $H$  observations between 1960 and 2019 using the  $\Delta$ SNOW.MODEL at roughly 1000 observation sites inside and closely around Austria. Assuming that seasonal maximum SWE values follow a GEV distribution, its location, scale and shape parameters ( $\mu$ ,  $\sigma$  and  $\xi$ , respectively) are then smoothly modeled in space using generalized additive models to account for spatial effects. Figure 1 gives a preliminary result of a snow load map of Austria with a return period of 50 years. The obtained values are very reasonable with highest snow loads in snow rich regions and at high elevations. Note that Tyrolean glacier basins and the Hohen Tauern exhibit similar elevations but different snow loads, which can be traced back to different shape parameters of the underlying GEV distribution (not shown). Figure 2 provides an impression of the uncertainty of the extreme value assessment. Red colors describe larger uncertainties, expressed as relative difference of the 50-year snow load return level to its upper 95% confidence interval. These uncertainties are most likely due to low station density and lack of observations outside of Austria. The majority of the relative uncertainty also at high elevations lies below 15% as can be seen by white and blue colors in Fig. 2.



**Figure 1:** First pre-liminary results for the 50-year snow load in Austria based on local SWE estimations with the  $\Delta$ SNOW.MODEL and subsequent spatial modeling of the GEV parameters using the mgcv R-package (see text for details).

**Figure 2:** Relative difference of the 50-year snow load to its upper 95% confidence interval. Larger errors (red colors) can be found where station density is low, and at some but not all of the highest elevations. The majority of the un-certainties are smaller than 15% (white and blue colors).

## Conclusion

A methodology is introduced to produce a map of snow loads with a recurrence period of 50 years. It is based on station wise modeling of SWE from day-to-day changes of H observations using the newly developed  $\Delta$ SNOW.MODEL. Such pseudo-observations are then spatially interpolated by modeling spatial correlations between the parameters of the GEV distribution which is assumed to underlie seasonal SWE maxima and meaningful covariates like longitude, latitude, elevation, or mean snow depth. Given the covariates, snow load extremes, for instance the 50-year return value of the characteristic snow load on the ground sk, can be modeled on a very fine grid. First promising results show very reasonable 50-year snow loads with small uncertainties for Austria. Further tasks will cover a comparison with the current Austrian snow load standard, a consideration of long-term strain of snow load compared to yearly maxima of daily loads and preparing work for the adoption of the new snow load map to the Austrian standard. The dataset of modeled daily snow load values could also be used in more sophisticated spatial modeling approaches to answer different questions. For instance, if spatial dependence of extremes is of interest - as it would be in risk estimations - max-stable models could be used to assess joint exceedance probabilities of snow loads or SWE at two or more points in space.

## References

- Austrian Standards Institute (2018). ONORM B 1991-1-3:2018-12-01.
- European Committee for Standardization (2015). EN 1991-1-3:2003/A1:2015.
- R Development Core Team (2008). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Wood, S.N. (2017) Generalized Additive Models: An Introduction with R (2nd edition). Chapman and Hall/CRC.
- Winkler, M., Schellander, H., and Gruber, S. (2020). Snow water equivalents exclusively from snow heights and their temporal changes: The  $\Delta$ SNOW.MODEL. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2020:1-41.

# The $\Delta$ SNOW.MODEL: A novel model for snow load and water equivalent

MICHAEL WINKLER,  
HARALD SCHELLANDER

Organisation(en):

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

michael.winkler@zamg.ac.at, harald.schellander@zamg.ac.at

## Abstract

Snow depth records are often of good quality, but records of snow mass are sparse, although it might be the most important snowpack feature for, e.g., natural hazards.

The  $\Delta$ SNOW.MODEL is presented as a new method to simulate snow mass, i.e. the respective load or the water equivalent. It is a semi-empirical multi-layer model and freely available as R-package.

Snow compaction is modeled following the rules of Newtonian viscosity. The model considers measurement errors, treats overburden loads due to new snow as additional unsteady compaction, and melted mass is stepwise distributed top-down in the snowpack.

Seven parameters are subject to calibration. Snow observations from 15 stations are used to find an optimal parameter setting and perform validation.

Results are promising: The root mean square error for snow water equivalent is 30.8 kg m<sup>-2</sup>, and even lower for the important seasonal maxima. This is a major advance compared to snow models relying on empirical regressions, and even sophisticated thermodynamic snow models do not necessarily perform better.

## Introduction

Knowing the actual mass of snow on roofs (snow load, SL) and the mass of water stored in snowpacks (snow water equivalent, SWE) matters much for risk assessment (for Austria, e.g., see Glade et al. 2020).

Snow load (SL) is an often forgotten variable, potentially leading to vast damages on infrastructure. It is hardly measured and not systematically monitored at all. Still, extreme cases do happen: in Austria recently in 2006 (Salzburg state, Upper Austria), 2009 (Carinthia), 2012 (Northern Alps), 2014 (East Tyrol, Carinthia), 2018 (Upper Inn valley), 2019 (Northern Alps; Radlherr et al. 2019). Building standards are reached or even exceeded. Wrongly dimensioned, mostly old or temporal structures collapse, exposed part of buildings get damaged (e.g., solar panels), and people take risks shoveling their roofs.

SWE is an important quantity for assessing discharge from snowy catchments. Often the runoff from melted snow makes up a significant portion of extreme river levels and floods. Again, detailed knowledge of contemporary snow water equivalent at the catchment scale is frequently lacking, because this quantity is not easy to measure.

In contrast to SL and SWE, snow depth (HS) is frequently measured. Many observers have made daily, high-quality measurements since years and decades (e.g., Haberkorn 2019), and a huge number of automated weather stations lets the number of laser- or sonic-derived snow depth measurements increase very fast.

The  $\Delta$ SNOW.MODEL is presented as a novel approach to bridge depth and mass of snow. It has been well-tested at the point scale and is currently under review (Winkler et al. 2020).

## Method of modeling

The  $\Delta$ SNOW.MODEL takes a regular HS record, by default one observation daily, and looks for the first non-zero value. This increase in snow depth is interpreted as the first new snow event and a respective «new snow density» ( $\rho_0$ ) is assigned to it (see Fig. 1, at  $t = 2$ ).  $\rho_0$  has a fixed value in the model and is part of calibration. The  $\Delta$ SNOW.MODEL calculates the snowpack's mass as  $SWE = \rho_0 \cdot HS$ .

Following a decision tree approach, the next day's HS measurement either leads to (a) another new snow event with respective mass gain (Fig. 2, at  $t = 7$ ), (b) no mass change (Fig. 2, at

e.g.  $t = 3$ ) if the HS change is interpreted as pure settling of the snowpack, or to (c) mass loss if there is a big decrease in HS (Fig. 2, at e.g.  $t = 11$ ).

Metamorphic snow compaction is modelled using a basic viscosity approach and a «maximum snow density» ( $\rho_{max}$ ) is introduced in order to decide whether there is mass loss due to melting or not.  $\rho_{max}$  is another calibration parameter of the model.

All model features described until now have already been implemented in many other snow models (e.g. Sturm and Holmgren 1998), the innovative parts of the  $\Delta$ SNOW.MODEL are: (a) a deviation threshold is introduced to deal with insignificant HS changes (Fig. 1, at e.g.  $t = 3$ ), (b) unsteady compaction of underlying layers due to overburden snow loads is considered (Fig. 1, at  $t = 7$ ), and (c) snow layers densify from top to bottom during melting phases (Fig. 1, at  $t = 10$ ).

Finally, seven parameters are used in the  $\Delta$ SNOW.MODEL and have to be calibrated.

## Method of calibrating

Model calibration needs snow data including regular (weekly or biweekly) SWE measurements and daily HS measurements from many years and stations, well distributed over various climate regions and altitudes. This is not easy to gather, but 14 years from 6 stations (= 84 winters) from Tyrol (Austria) could be taken from Gruber (2014), and another total of 56 winters from 9 stations were downloaded for Switzerland (Marty 2017).

Model calibration was performed with the statistical software R (R Core Team 2019), package optimx (Nash 2014). The function to be minimized was the root mean square error (RMSE) of SWEs from the  $\Delta$ SNOW.MODEL and observed SWEs.

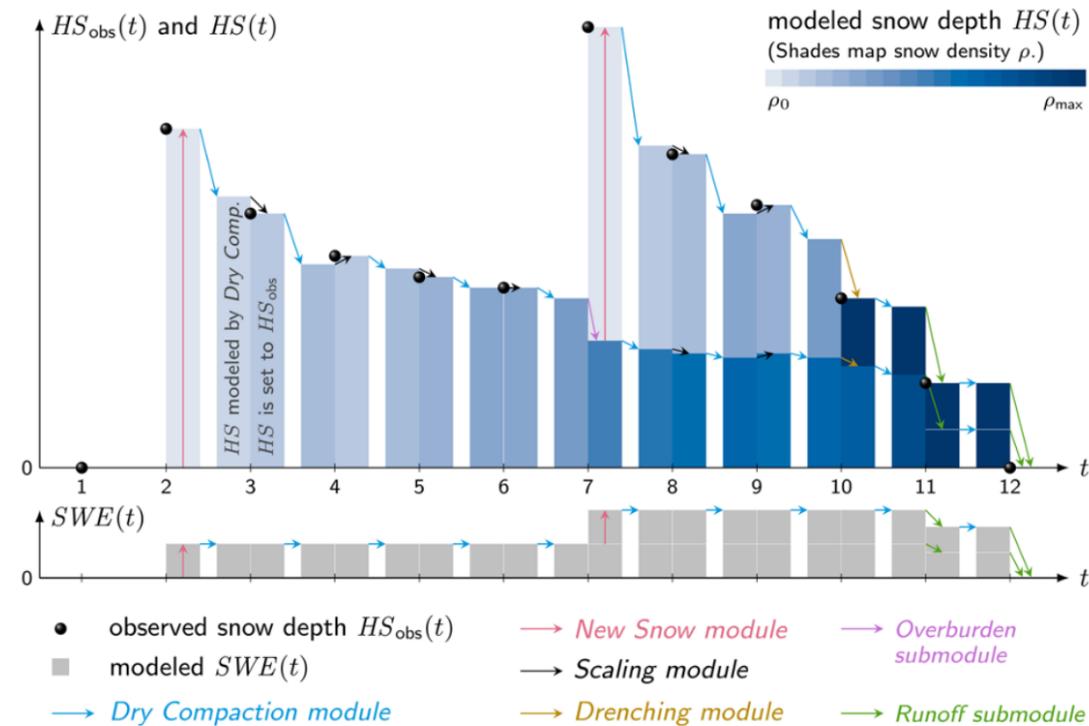


Figure 1: Schematic figure of the  $\Delta$ SNOW.MODEL's principles. Taken from Winkler et al. (2020).

## Results

Figure 2 illustrates the functioning of the  $\Delta$ SNOW.MODEL. It shows the usage of different modules (New Snow, Scaling, Drenching, and Runoff) as a consequence of the decision tree process, as well as the evolution of snow layer densities (blue shades).

The minimal RMSE between all SWE observations used for calibration and the respective modeled values is 30.1 kg m<sup>-2</sup>. It is reached for  $\rho_0 = 81$  kg m<sup>-3</sup> and  $\rho_{max} = 401$  kg m<sup>-3</sup>.

Validation using an independent set of SWE observations reveals a RMSE of 30.8 kg m<sup>-2</sup> and a bias of 3.0 kg m<sup>-2</sup>. In this respect the  $\Delta$ SNOW.MODEL performs comparably well as sophisticated thermodynamic snow models, that typically need much more meteorological input, and it outperforms SWE models,

that rely on statistical relations. Looking at the maximum seasonal SWE, which is an important target value of many hydrological and climatological studies and applications, the  $\Delta$ SNOW.MODEL shows equally good results (RMSE: 36.3 kg m<sup>-2</sup>). This confirms its applicability not only for means, but also for distinct values, and it underlines the  $\Delta$ SNOW.MODEL's advantages compared to statistical models, whose errors are at least doubled in this respect (for details see Winkler et al. 2020).

Sensitivity tests show that the two density parameters 0 and max are the most important adjusting screws of the model. It is recommended to either use above mentioned setting or do a thorough recalibration if applying the  $\Delta$ SNOW.MODEL to other snow depth data.

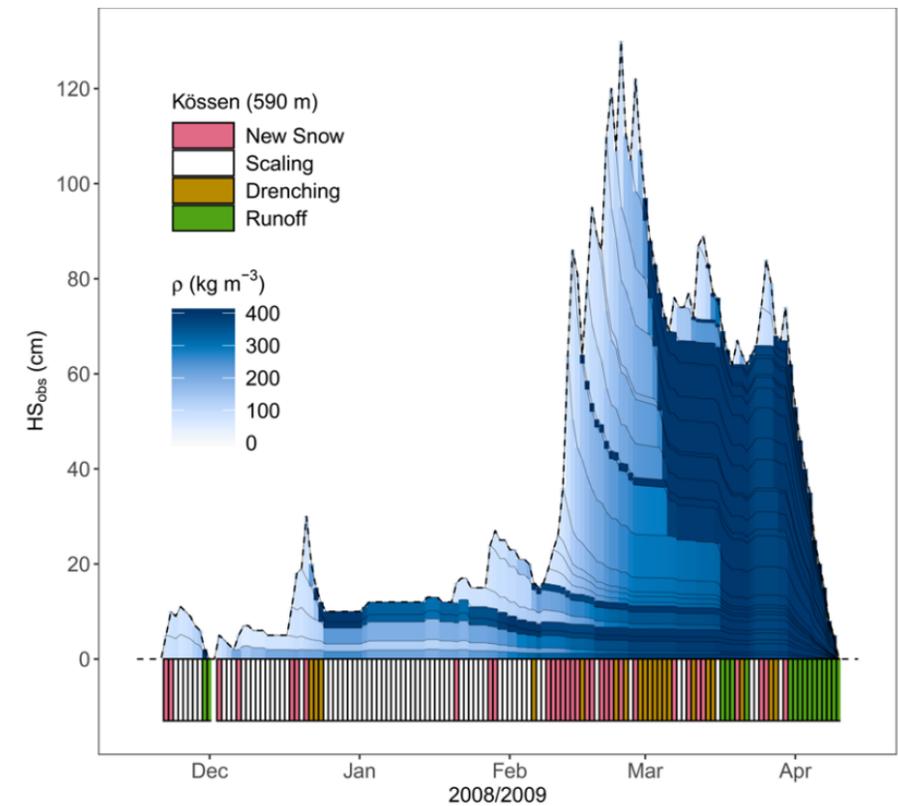


Figure 2: Winter of 2008/09 in Kössen (Northern Alps, Austria) portrays density evolution as simulated by the  $\Delta$ SNOW.MODEL. Taken from Winkler et al. (2020).

## Conclusion and Outlook

The  $\Delta$ SNOW.MODEL is a semi-empirical, multi-layer snow model that only needs a regular HS record as input. It is programmed as an easy-to-use and freely available R-package (<https://cran.r-project.org/package=nixmass>) and simulates snow water equivalent and bulk density very efficiently. The only input needed is a regular snow depth record.

The ability to model snow water equivalent is comparable to sophisticated thermodynamic snow models, however, those need much more measurement input and computational power. This makes the  $\Delta$ SNOW.MODEL a powerful alternative to derived snow mass, yet only at the point scale, but possibly also at the catchment scale in near future, when combined with other models or driven with remote sensing data. Therefore, the  $\Delta$ SNOW.MODEL is able to contribute to a better understanding and forecasting of snow mass that might contribute to natural hazards like floods and extreme snow loads.

## Literaturverzeichnis

- Glade, T., Mergili, M., Sattler, K. (Eds.), (2020): ExtremA 2019. Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich. Vienna University Press, 776 S.
- Gruber, S. (2014): Modelling snow water equivalent based on daily snow depths, Master's thesis, University of Innsbruck.
- Haberkorn, A. (2019): European Snow Booklet – an Inventory of Snow Measurements in Europe, <https://doi.org/10.16904/envidat.59>.
- Marty, C. (2017): GCOS SWE data from 11 stations in Switzerland, <https://doi.org/10.16904/15>.
- Nash, J. C. (2014): On Best Practice Optimization Methods in R, Journal of Statistical Software, 60, 1–14, <http://www.jstatsoft.org/v60/i02/>.
- Radlherr, A., Winkler, M., Bauer, M. (2019): Schneereiche Zeiten und was unsere Hauseinfahrten mit Meteorologie zu tun haben. Blog-Alpinforum, <https://www.alpinmesse.info/de/Schneereiche-Zeiten---ein-Jaenner-wie-selten/>. Visited on 2020-09-24.
- R Core Team (2019): R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.
- Sturm, M. and Holmgren, J. (1998): Differences in compaction behavior of three climate classes of snow, Annals of Glaciology, 26, 125–130.
- Winkler, M., Schellander, H., Gruber S. (2020): Snow Water Equivalents exclusively from Snow Heights and their temporal Changes: The  $\Delta$ SNOW.MODEL. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., <https://doi.org/10.5194/hess-2020-152>, in review.

# Climate change's influence on an extreme precipitation event in June 2009 in Southeastern Styria

ADITYA N. MISHRA <sup>1 2</sup>,  
DOUGLAS MARAUN <sup>1 2</sup>, HEIMO TRUHETZ<sup>1</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Wegener Centre for Climate and Global Change, University of Graz, Graz, Austria

<sup>2</sup> FWF-DK Climate Change, University of Graz, Graz, Austria

## Abstract

Naturgefahren und ihre Auswirkungen spielen eine immer wichtigere Rolle in einer Gesellschaft mit steigendem Wohlstand und verwundbarer, kritischer Infrastruktur. Mit dem Ziel, die Resilienz der Gesellschaft und Wirtschaft zu erhöhen, ergibt sich die Notwendigkeit, etwaige Gefahren zu identifizieren und ein entsprechendes Risikomanagement zu etablieren. Grundlage für eine robuste Gefahren- und Risikoabschätzung sind immer Beobachtungen und Daten zu Ereignissen und deren Auswirkungen. Trotz

zahlreicher bestehender Datenarchive sind in Österreich einheitliche und integrierte Auswertungen nur beschränkt durchführbar. Unterschiedliche Erhebungsstandards sowie Erhebungsziele verhindern oftmals eine einfache Vergleichbarkeit und deren Zusammenführung. Darüber hinaus bestehen auch auf europäischer und internationaler Ebene legislative Vorgaben und Abkommen, die eine systematische Erfassung und Beurteilung forcieren und notwendig machen.

During 22–24 June 2009, Austria witnessed a rampant rainfall spell that spread across populated areas of the country. High-intensity rainfall caused 3000+ landslides in Feldbach, and property damages worth € 10,000,000 in Styria itself. Numerous synoptic-scale studies indicated the presence of a cut-off low over the Adriatic and excessive moisture convergence behind the extreme event. In a warmer climate change scenario, such an extreme precipitation event may become more intense due to higher water holding capacity of air with increased temperatures, but this reasoning may not be so straightforward considering the complex physics of precipitation.

Precipitation, as a natural atmospheric phenomenon, is depending on the dynamic and thermodynamic characteristics of the atmosphere. While it is safe to say that the thermodynamic characteristics of the atmosphere are relatively easier to simulate with confidence using available global climate models, the same cannot be said about the dynamics. This can be blamed on the chaotic non-linear behaviour of the atmosphere and problem in resolving sub-grid scale processes that reduce the model accuracy for longer spatial scales.

In this study, the regional climate model CCLM regional model is operated in a convection-permitting configuration (grid spacing ~3 km) and used to study this extreme precipitation event. The setup uses data from the Integrated Forecast System (IFS) of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) to calculate initial and boundary conditions for the simulations of the 'present' case for evaluation purposes. Further we use CMIP5 global climate models (GCMs) employing the greenhouse gas scenario RCP8.5. An ensemble of climate change signals is calculated from the GCMs for the future and the past. These climate change signals are applied to the original boundary and initial conditions to resemble climate-change.

The idea behind this experimental setup is to establish a 'storyline' for the event as it would have occurred in the past, present and the future. The storyline approach provides an alternative to the traditional probabilistic approach for assessing risk enhancement and can serve to study responses of different mechanisms to climate change. The storyline approach also helps in decision-making as event-oriented risk management is easy for stakeholders to perceive and respond to.

# Naturgefahren als Folge des rasanten Gletscherschwunds: Monitoring und Prozessstudien

KAY HELFRICHT, ANDREA FISCHER,  
MARTIN STOCKER-WALDHUBER, BERND SEISER

Organisation(en):

Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften

kay.helfricht@oeaw.ac.at

## Abstract

Der rasante Gletscherschwund im Alpenraum führt zu einer Häufung von Naturprozessen, deren Auftreten das uns bekannte Gesicht der Berge verändern. Vermehrte Steinschläge und Felsstürze in Bereichen jüngst freigelegter Felsflächen an den Gletschern bergen nicht nur eine Gefahr für BergsteigerInnen, sie haben auch einen entscheidenden Einfluss auf die weitere Entwicklung des Eiskörpers selbst. Auf dem Gletscher befindlicher Schutt kann zu einer längerfristigen Konservierung von Eiskörpern führen. Durch das Abschmelzen der Gletscherzungen werden Gletscher-

seen freigelegt, deren Einstufung je nach Größe, Art der Rückstauung und Exposition gegenüber äußeren Einflüssen für eine Risikoeinstufung hilfreich ist. Als Beispiel des potentiellen Einflusses der zusätzlichen Wasserspende wird durch Ausbruch des Sulzenausees während eines Starkniederschlages angeführt.

Ein Monitoring der Entwicklung der Fels- und Seeflächen im paraglazialen Bereich legt die Grundlage, um zukünftige Entwicklungen besser abschätzen zu können.

## Gletscherrückgang

Über die vergangenen 14 Jahre haben die Gletscher in Österreich durchschnittlich ein Viertel ihrer noch vorhandenen Eismasse verloren (Helfricht et al. 2019). In niedrig gelegenen Gletscherregionen wie der Silvretta sind bis zu 50% des Eisvolumens seit Beginn des 21. Jahrhunderts geschmolzen (Fischer et al. 2020). Dieser rasante Verlust geht nicht nur mit einem stetigen Rückzug der Gletscherzungen einher. An vielen Gletschern sind Zerfallserscheinungen in allen Höhenstufen anzutreffen, welche den Eisverlust zusätzlich beschleunigen. Wo das Eis verschwindet werden neue geomorphologisch aktive Flächen frei.

## Steinschlag und Felsstürze

Eine offensichtliche Folge des Eisdickenverlustes der Gletscher ist die Freilegung von instabilen Felsoberflächen, aus denen deutlich erhöhte Erosionsraten in Form von Steinschlag und Felsstürze festzustellen sind (Deline et al. 2015, Hartmeyer et al. 2020). Als Folge sind vermehrt Ansammlung von Schutt auf den darunter befindlichen Eisoberflächen zu beobachten. Diese Schuttbedeckung kann bis hin zur langfristigen Konservierung noch bestehender Eiskörpern führen (Abb. 1). Zum anderen ist dieser Schutt leicht bei Starkniederschlägen mobilisierbar. Nicht zuletzt geht in erschlossenen Gletschergebieten wie auch im freien, hochalpinen Gelände eine Gefahr für bestehende Infrastruktur und Personen durch das erhöhte Felssturzrisiko aus.

## Entwicklung von Gletscherseen

Weitaus schwieriger abzuschätzen ist die Entstehung von Wasseransammlung unter noch vorhandenen Eisflächen sowie deren Freilegung bei Gletscherrückzug. Sehr wahrscheinlich sind solche Übertiefungen in Karen und an Stellen zu finden, wo sich mehrere Gletscherteile zu einer Zunge vereinen. Stets treten neue Gletscherseen zum Vorschein (Buckel et al. 2018), welche unterschiedlich aufgestaut und gegenüber äußeren Störfaktoren exponiert sein können.

Als ein Beispiel ist hier der Sulzenausee zu nennen (Abb. 2). Am 10. August 2017 kam es aufgrund eines Starkniederschlages zum Überlaufen des Gletschersees mit folgender Dammerosion. Die so zusätzlich zum Hochwasser freigesetzten Wassermassen führten zur Verlegung der Wasser- und Energieversorgung der Sulzenauhütte und weiteren Zerstörungen entlang des Krößbaches im Stubaital. Trotz bereits vorherrschender Hochwassersituation kann solch ein Ausbruch zu einem signifikanten Teil des Abflusses beitragen und zu einer Verschär-

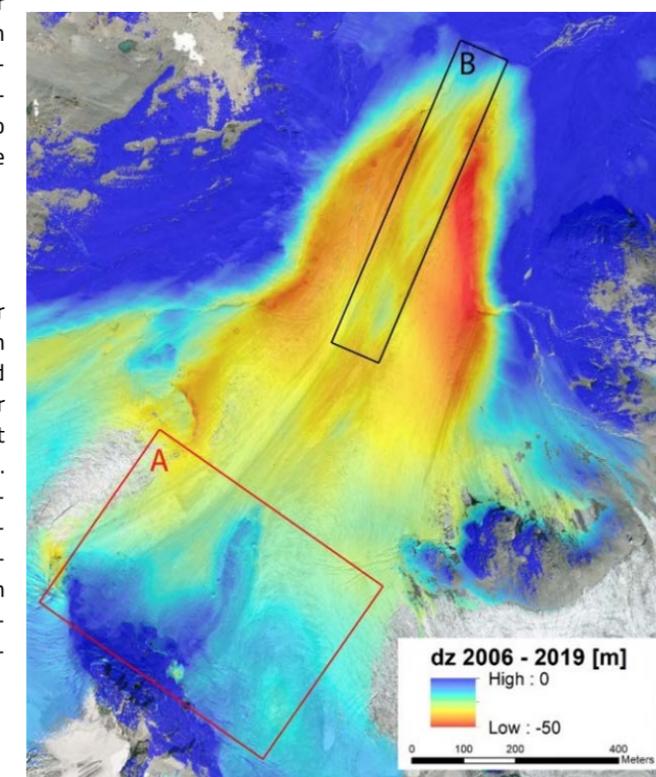


Abbildung 2: Höhenänderung (dz) an der Zunge des Jamtalferners von 2006 – 2019. Gekennzeichnet sind die Bereiche der Ablagerungen von Steinschlag wie Felsstürzen (A) und die verminderte Eismelze in Bereichen mit hoher Schuttbedeckung (B). (berechnet aus Höhenmodellen auf Grundlage der ALS-Landesbefliegungen, Amt der Tiroler Landesregierung 2006 und Hiddenlce-Befliegung 2019, Florian Hass, KU Eichstätt)

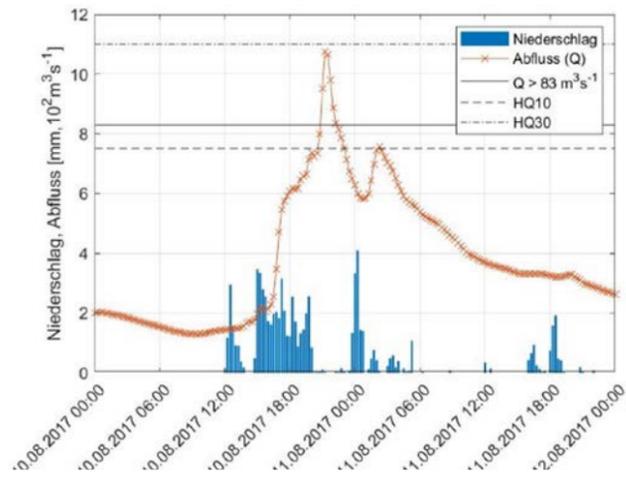
fung der Lage führen. Unter folgenden Annahmen zu den freigegebenen Wassermassen wurde der Beitrag zu gesamten Wasserspende während dieses Events am Pegel Krößbach abgeschätzt (Abb. 3).

- Seefläche: 72500m<sup>2</sup>
- Änderung Wasserstand: -1m



**Abbildung 2: Der Sulzenausee im Stubaital vor (oben) und nach (unten) dem Ausbruch am 10. August 2017. (Bildquelle: <https://www.sulzenauhuette.at/der-sulzenausee-im-wandel/>)**

Es zeigt sich, dass in diesem Fall der Ausbruch des Sees für eine Verschärfung der Hochwassersituation von HQ10 auf HQ30 ausreichend gewesen wäre. Es bleibt dennoch festzuhalten, dass nicht genau bekannt ist, wann es zum Versagen des Dammes kam und über welche Zeit das Seewasser freigesetzt wurde.



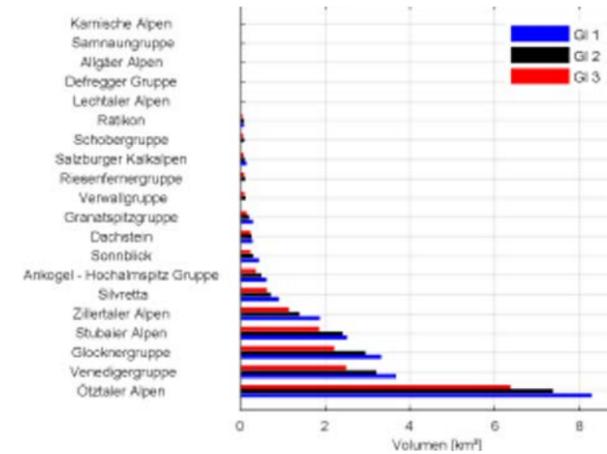
**Abbildung 3: Der Verlauf des Hochwassers der Ruetz am Pegel Krößbach in der Nacht vom 10. auf den 11. August 2017 (rote Linie). Niederschlag sowie Abfluss sind 15-minütige Werte. Kennzeichnet sind die Hochwasserabflüsse mit einer Jährlichkeit von 10 und 30 Jahren. Die in den 6 Zeitschritten (1,5 Stunden) über der Linie von 83 m³/s enthaltene Wasserfracht entspricht in etwa der aus dem Sulzenausee freigesetzten Wassermenge. (Daten das Hydrographischen Dienstes, Amt der Tiroler Landesregierung)**

### Monitoring und Prozessstudien

In Bezug auf die genannte Problemstellung können gezielte Monitorings und darauf aufbauende Prozessstudien einen Beitrag zur Abschätzung der Aktivität und des Risikos einzelner Gebiete leisten. Die Schuttbedeckung auf den Gletschern ist dabei nur ein Zeiger für Steinschlagaktivität jüngst vom Eis freigelegter Felswände.

**Tabelle 1: Abschätzung der Entwicklung von eisfreien Flächen innerhalb der 1850er Gletscherabgrenzungen sowie der kumulierten Seefläche (Emissionsszenario RCP 4.5; aus Endbericht ÖAW/ESS Projekt FuturLakes).**

Jahr	Eisfreie Fläche (km²)	Seefläche (km²)
2015	613	2.94
2050	761	3.98
2100	869	4.68



**Abbildung 4: Verteilung der Eisvolumina auf die jeweiligen Gebirgsgruppen zu den Zeitpunkten der drei Österreichischen Gletscherinventare G1 (1969), G2 (1997) und G3 (2006); (nach Helfricht et al. 2019).**

Eine Modellierung des Gletscheruntergrundes im Zusammenhang mit Gletscherszenarien im Rahmen des ÖAW/ESS Projektes FutureLakes zeigt einen weiteren Anstieg der Anzahl an Gletscherseen in den Österreichischen Alpen (Tab. 1). Im Vergleich mit der Verteilung des Eisvolumens auf die einzelnen Gebirgsgruppen (Abb. 4) zeigt sich, wo eine lokal große Anzahl von Gletscherseen noch entstehen kann. Die Registrierung von neu entstehenden Gletscherseen durch beispielsweise Fotoflüge (Abb. 5) und das Prozessverständnis über deren Stabilität mit einer zugehörigen Risikobewertung kann als Grundlage zur Abschätzung derzeitiger wie zukünftiger lokaler Gefahrenpotentiale dienen.



**Abbildung 5: Jüngst freigelegter Gletschersee am Grünaufener (Wilder Freiger, Stubai Alpen, Österreich). Aufnahme Fotoflug am 20.09.2018 (Andrea Fischer).**

### Literaturverzeichnis

Buckel, J., Otto, J.C., Prasicek, G., & Keuschnig, M. (2018). Glacial lakes in Austria - Distribution and formation since the Little Ice Age. *Global and Planetary Change*, 164, 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.03.003>

Deline, P., Gruber, S., Delaloye, R., Fischer, L., Geertsema, M., Giardino, M., Hasler, A., Kirkbride, M., Krautblatter, M., Magnin, F., McColl, S., Ravel, L. & Schoeneich, P. (2015). Ice loss and slope stability in high-mountain regions. In *Snow and Ice-related Hazards, Risks and Disasters*, 521-561. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394849-6.00015-9>

Hartmeyer, I., Delleske, R., Keuschnig, M., Krautblatter, M., Lang, A., Schrott, L., and Otto, J.-C.: Current glacial recession causes significant rockfall increase (2020): The immediate paraglacial response of deglaciating cirque walls, *Earth Surf. Dynam. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/esurf-2020-8>, in review, 2020.

Helfricht, K., Huss, M., Fischer, A., & Otto, J. -C. (2019). Calibrated Ice Thickness Estimate for All Glaciers in Austria. *Frontiers In Earth Science*, 7, 1-15. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00068>

Fischer, A., Seiser, B. & Stocker-Waldhuber, M. (2020). Capturing deglaciation in the Austrian Silvretta: Methods and Results. Submitted to *Frontiers in Earth Sciences*

# AIRBORNE HIGH RESOLUTION REMOTE SENSING FOR NEAR REAL TIME FOREST FIRE DETECTION AND SURVEILLANCE

ALEXANDER ALMER, THOMAS SCHNABEL,  
HANNES RAGGAM, ROLAND PERKO,  
ARMIN KÖFLER, MATHIAS SCHARDT

Organisation(en):

JOANNEUM RESEARCH Forschungsges.m.b.H

alexander.almer@joanneum.at

## Abstract

Nowadays, dramatic increases in forest fires can be observed worldwide, even in countries in northern and central Europe, where large forest fires have hardly occurred in the past (e.g. Sweden 2014 and 2018). In order to improve the protection of human lives and resources it is mandatory to support large scale forest firefighting strategies and management solutions with innovative technical developments. The EU has initiated international cooperations and initiatives to provide interoperable systems and information in order to support prevention and firefighting efforts to protect human lives and resources and to reduce the negative environmental impact of these fires to

a minimum. For this reason, the Joint Research Centre works closely with European countries and other relevant EC services to monitor forest fires through the European Forest Fire Information System.

This article describes an airborne multi-sensor approach to enable an efficient management of airborne operation forces as well as ground forces in frame of natural disaster situations like forest fire or flooding events. The aim is to support tasks and time-critical decision processes in disaster situations by near real-time processing chains as well as end user oriented management solutions.

## System overview and information flow

An important complement to the existing EU-wide initiatives is the development of an optimized technical solution for various phases of a forest fire management concept leading into an immediate support of fire brigades and other involved organizations. In this context, a major national initiative is the KIRAS project «3F-MS» (see URL 1), which focused on an optimized assistance in time critical tasks during a forest fire situation. The key issues to support time critical tasks comprise firstly the realization of a demand driven data acquisition procedure, secondly a near real-time (NRT) processing and analyses environment as well as an end user oriented data and resource management application (see figure 1). To guarantee an efficient deployment and management of firefighting teams, prerequisites are to deliver a common operational picture (COP) and to enable a powerful scenario-related management solution very quickly.

The 3F-MS approach ensures that resources, such as mobile firefighting and rescue teams, vehicles/equipment on the ground as well as planes and helicopters, can be deployed efficiently based on solid and reliable data.

The primary data source is the airborne segment. It is a multi-sensor imaging platform including RGB and thermal infrared (TIR) sensors for the acquisition of images as well as high-precision GPS/IMU sensors to enable a near real-time ortho-rectification of image data.

The real-time communication is established by using a line-of-sight (LoS) connection to transfer gathered data from the plane to the ground station. The LoS system was designed for a bandwidth of 8Mbit/s at the required operational range of 50 km. Actual benefits like high carrier frequency agility and single carrier operation with flexible up and downlink bandwidth configuration are further extended with features of adaptive range and bandwidth extension. This allows higher downlink data rates of up to 20Mbit/s at short distances as well as dynamic data rate adaptation without interruptions for distances of up to 100km. In Almer et al. 2015 further information on the usage of the image data covered from the ARGUS airborne segment is given.

The ground segment contains the thematic processing and analysis modules as well as data management and operation support applications. The modules enable an efficient data processing as well as the definition of different processing chains aligned to user requirements. The data processing and analy-



Figure 1: General concept of data acquisition, NRT communication and processing, data and resource management and information distribution to support time critical decision processes in forest fire situations

sis module offers automated processing chains for a direct geo-referencing approach for RGB and TIR images. Enhanced mapping and mosaicking functionalities provide results for the management modules, which provide a user focused visualization of geo-referenced results as well as support the interactive work of the operator. Furthermore, as part of the operation support applications, modules are provided to communicate and interaction with mobile teams and deployed resources to support planning as well as command & control actions. They support an operator during the whole forest firefighting operation by providing resource, and decision support features.

The described modules are part of the airborne-based solution ARGUS (Airborne Real Time Ground Unit Support), which was developed in frame of the research project «AIRWATCH» (see URL2). ARGUS-Fire, developed within «3F-MS», is the successor version, focusing on the opera-

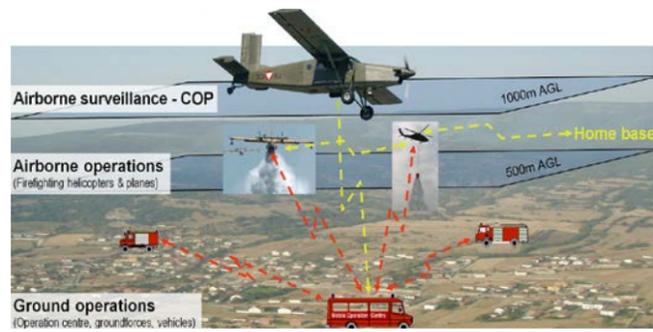


Figure 2: Overview of a multi-layer forest fire management strategy.



Figure 3: Setup of a fire exercise. RGB (left) and TIR (right) airborne images and the fireplace (middle).

tion in forest-fire situations where forces on different levels have to be coordinated and used optimally (see figure 2).

Within the named projects, the multi-sensor platform was designed to be used in a plane of the type «Pilatus Porter PC6» of the Austrian Armed Forces, where the benefits in disaster relief were demonstrated in principle.

The developed data analysis modules focused on using semantic spectral data analysis to detect and classify different types of fire, localizing temperature hotspots as well as analyze them over a longer time period. Figure 3 and figure 4 show a test setup which was used to

train the classification algorithm using an artificially laid fire. Thereby, thermal data of multiple overflights was analyzed. In particular, a local region of 30x30 pixels, i.e. 7.5x7.5m, holding the fire is shown over time in figure 3 with a peak temperature of 255°C.

### Ongoing further developments – ARGUS-Flex

However, in trials and operational missions, we identified limitations and weaknesses in terms of system flexibility, sensor stability, resolution, fast large-area coverage and rapid system readiness. These shortcomings are essential objectives of the currently ongoing research

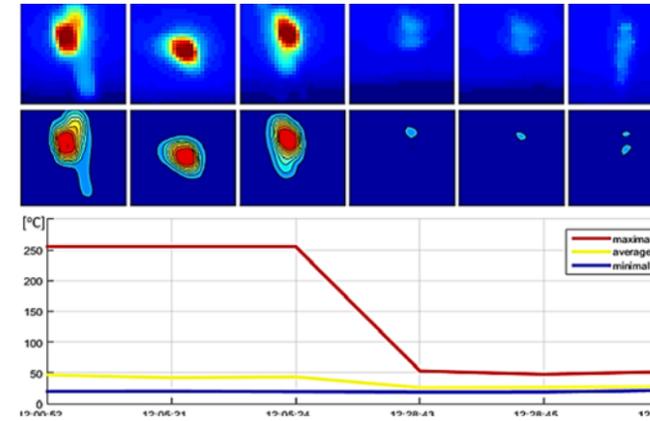


Figure 4: Local temperature (top), temperature zone classification (middle) and statistics over time (bottom).

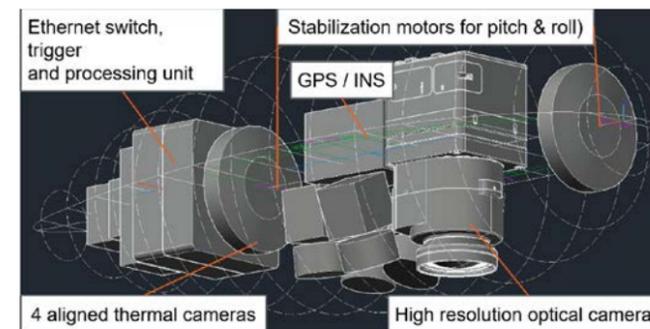


Figure 5: ARGUS-Flex multi-sensor system box concept

project «ARGUS-Flex» (see URL3), which focuses on the transfer of ARGUS into a compact sensor box as well as the development of new sensor fusion methods for optical and thermal sensor data considering the new higher resolution cameras system. This is essential in order to meet the requirement of users to have the system available on various aerial platforms, such as helicopters, ultra-light planes and UAS. Additionally, the sensor box is upgraded by providing one very high resolution optical camera with 150 MP as well as a fixed optimized 4-thermal-camera system. (see figure 5). This aims at extending its field of application by simultaneously making the system more reliable. The new pod design reduces the weight and dimensions of the roll & pitch stabilized multi-sensor system to below 8 kg and an ellipsoid body with about 70cm to 25cm. From the algorithmic point view, ARGUS-Flex focuses on innovative techniques to raise thermal resolution facilitating high resolution optical images as well as enhanced relative accuracy. The new thermal camera concept also provides a better focus to forest-fire related thermal situations, which leads to achieving better results from analysis and information extraction processes. Furthermore, innovative methods for data processing and data analysis, such as automated, simultaneous calibration, multi-sensor data fusion, data optimization or data analysis, and information extraction based on machine learning methods, are being developed.

The ARGUS-Flex system is intended to meet the requirements of rapid, location-independent and continuous 24/7 deployment, as required especially in large-scale natural disasters like forest fires or floodings. Next to sensor data with an enhanced resolution, it still provides fast and near-real-time data and information availability. The new, compact hardware design and integration level ensures to be more compatible to different carrier platforms as well as higher stability and reliability. In addition, it aims at proving an optimal service for the users by an improved data quality as well as new processing methods for the derivation and provision of targeted, scenario-specific information. Beyond the national framework, the project initiated an international cooperation with partners from China, Germany, Denmark, Israel and Spain to open up perspectives for using the system on an international level as well as providing an internationally relevant service for disaster relief actions.

### Acknowledgments

The presented research activities are embedded into projects worked out within the Austrian Security Research Programme KIRAS and funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG). All mentioned projects were carried out in close cooperation with the Austrian Federal Ministry of Defence as well as the Federal Ministry of the Interior.

### Literaturverzeichnis

Almer A., Schnabel T., Perko R., Raggam J., Köfler A., Schmidt M., Schlemmer H., Türkyilmaz E., Feischl R.: »MULTILEVEL »FOREST FIREFIGHTING - MANAGEMENT SYSTEM« FOR AN OPTIMIZED OPERATIONAL GUIDANCE OF GROUND AND AIR FORCES IN FOREST FIRE EVENTS«; 10th EARSeL Forest Fire Special Interest Group Workshop Limassol, Cyprus, November 2-5, 2015

KIRAS research project 3F-MS (accessed Oct. 2020):  
URL1: <https://kiras.at/en/financed-proposals/detail/d/3f-ms-1/>

KIRAS research project AIRWATCH (accessed Oct. 2020):  
URL2: <https://kiras.at/en/financed-proposals/detail/d/airwatch-1/>

KIRAS research project ARGUS-FLEX (accessed Oct. 2020):  
URL3: <https://kiras.at/en/financed-proposals/detail/d/argus-flex-1/>

# Slope Stability with Nonlinear Strength Failure Criterion

XIAORU DAI, BARBARA SCHNEIDER-MUNTAU,  
WOLFGANG FELLIN

Organisation(en):

Institute of Geotechnical Engineering, University of Innsbruck, Austria

Xiaoru.Dai@uibk.ac.at, Barbara.Schneider-Muntau@uibk.ac.at, Wolfgang.Fellin@uibk.ac.at

## Abstract

Based on appropriate failure criteria for geotechnical materials, slope stability analyses are performed, which are of great significance to disaster research. The present work shows a comparison of linear and nonlinear failure criteria including the effect of tension cut-off. It demonstrates the necessity of considering the effects of tension cut-off and nonlinear shear strength, especially for soils with high cohesion. As a result, the use of nonlinear failure criterion in slope analyses is recommended for both limit equilibrium and finite element methods.

## Introduction

As one of the classical geotechnical problems, slope stability attracts a lot of attention because of its high possibility of occurrence and difficult predictability. It is significant for disaster research due to possible hazards following a slope failure. There are several methods to perform slope stability analyses: analytical methods (such as limit equilibrium methods and limit analysis methods, including upper and lower bound analysis) and finite element methods (such as strength reduction methods). In geotechnical engineering, it's important to select an appropriate failure criterion to describe the strength of the soil. The linear Mohr-Coulomb failure criterion is a simple description of the relationship between normal stress and the maximum shear stress, and is widely used in geotechnical computations. However, it is proven by experiments that the shear strength of geotechnical materials can only be roughly approximated with a linear expression. Mohr-Coulomb can therefore be unconservative in certain cases especially when tensile stresses play an important role. Then a nonlinear strength failure envelope is to be preferred to the linear Mohr-Coulomb envelope.

## Methods

Although the limit equilibrium method has been widely used in analyses of slope stability, e.g. Atkinson (2007), the idea of putting a nonlinear strength failure criterion into limit equilibrium method is rarely discussed, and a nonlinear failure criterion can't be employed in most software products. The limit equilibrium method with the simplified bishop method is one of the most often used limit equilibrium methods, which mostly employs the Mohr-Coulomb failure criterion. In this contribution, the simplified bishop method is used including a nonlinear strength failure criterion.

The three cases below are analyzed, as shown in Fig. 1:

- Linear shear strength:

$$\tau_f = c_0 + \sigma_n \tan \varphi \quad (1)$$

- Linear envelope considering tension cut-off:

$$\tau_f = c_0 + \sigma_n \tan \varphi$$

and  $\tau_f = 0$  if  $\sigma_n \leq 0$

- Nonlinear shear strength:

$$\tau_f = \begin{cases} c + a(\sigma_n + d)^b, & \sigma_n \leq \sigma_e \\ \sigma_n \tan \varphi_c, & \sigma_n > \sigma_e \end{cases} \quad (2)$$

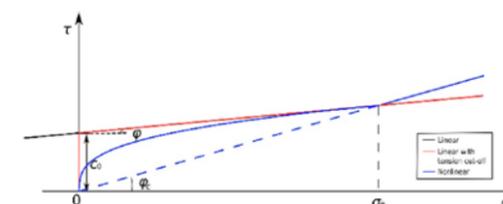


Figure 1: Three cases analyzed by limit equilibrium method

## Results

The limit equilibrium method applied to the slope with  $H=10$  m,  $\beta=75^\circ$ ,  $c_0=40$  kPa,  $\varphi=5^\circ$ ,  $\varphi_c=15^\circ$ ,  $\gamma=20$  kN/m<sup>3</sup> in Fig. 2 computed, yields the results listed in Tab. 1, which shows a lower factor of safety  $\eta$  for Mohr-Coulomb when considering tension cut-off and for the nonlinear strength envelope. The parameters for nonlinear envelope used are:  $a=10$ ,  $b=0.33$ ,  $c=0$ ,  $d=0$ . This shear strength is plotted in Fig. 1.

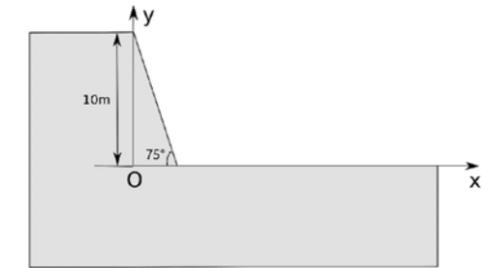


Figure 2: The geometry of the slope

Table 1: Comparison of calculation results by limit equilibrium method

Failure criteria	$\eta$
Linear envelope	1.019
Linear envelope considering tension cut-off	0.856
Nonlinear envelope	0.867

## Conclusion

The results show that the effect of tension cut-off or nonlinear shear strength is relevant for soils with high cohesion. The investigated steep slope would be considered as stable with the simple linear Mohr-Coulomb criterion. Tension cut-off and nonlinear shear strength predict failure.

## References

Atkinson, J. (2007): The mechanics of soils and foundations, CRC Press

# Hagelprävention

## HANS STARL

Organisation(en):

IBS - Technisches Büro GmbH, Österreich

[h.starl@elementarschaden.at](mailto:h.starl@elementarschaden.at)

## Abstract

Kyrrill, Emma, Paula – alles Namen von Naturkatastrophen, die uns in den letzten Jahren in Österreich getroffen und unsere Nachrichtenlandschaft sehr lange geprägt haben. Die Unwetterbilanzen der vergangenen Jahre machen es deutlich: Sowohl Häufigkeit als auch Intensität extremer Wetterereignisse, zu denen auch der Hagel zählt nehmen zu. Studien zeigen, dass sich auch Hagelkatastrophen in Österreich über die bisher bekannten Regionen weiter ausbreiten. Hagel kann somit jede Region treffen!

## Einleitung

Da man Unwetter weder zähmen noch die Entstehung von Hagelschlägen verhindern kann haben sich auch die Gefährdungsszenarien für Gebäude geändert. Der Schadenprävention kommt durch die Zunahme extremer Wetterereignisse und deren Folgen immer größere Bedeutung zu. Auf Grund, der in Österreich nicht vorhandenen Standards und Richtlinien was die Hagelresistenz von Bauteilen anbelangt, ist es oft sehr schwierig zu bewerten, welche Maßnahmen der Prävention sinnvoll sind.

Das EPZ, die akkreditierte, notifizierte Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle des Instituts für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung haben diese Problematik frühzeitig erkannt und nun ist es möglich, mit nur 3 Schritten eine erfolgreiche Problemlösung anzubieten:

## Durchführungen von Hagelresistenzprüfungen

Das Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung hat eine auf dem höchsten Stand der Technik befindliche Hagelsimulationsmaschine / Hagel-kanone, welche es ermöglicht, im Labor hergestellte Eiskugeln bis zu einem Durchmesser pneumatisch auf eine Auftreffgeschwindigkeit von bis zu 220 km/h zu bringen. Geprüft werden alle Bauteile und Materialien, die die Gebäudehülle eines Bauwerks bilden. Nachdem im Labor durchgeführten Beschuss werden Schäden am Bauteil beurteilt und dokumentiert.

## Hagelgefährdungskarte

Durch die Publikation der Hagelgefährdungskarte für Österreich, auf [www.hora.gv.at](http://www.hora.gv.at) kann sich jeder Betroffene ein für seinen Standort zutreffendes Schutzziel definieren.

## Einführung des Hagelschutzregisters

Im öffentlich und für Hersteller freiwilligen schweizerisch-österreichischen Hagelschutzregister werden alle Bauteile transparent, vergleichbar und standardisiert publiziert. Seit Beginn 2020 ist das Erfolgsmodell nun auch von Deutschland anerkannt worden und findet dort großen Anklang. Um ins Hagelregister eintragen zu können, müssen die Hersteller Ihre Bauprodukte einer Hagelresistenzprüfung unterziehen, wodurch dem Bauteil je nach Resistenz eine Hagelwiderstandsklasse (HW) zugeteilt werden kann. Es liegt im Interesse der Hersteller, Ihre geprüften Bauprodukte in das Hagelschutzregister eintragen zu lassen, schließlich kommunizieren und bewerben Sie damit die Qualität ihrer Produkte. Für Bauherren und Planer wiederum bietet ein Blick auf [www.hagelregister.at](http://www.hagelregister.at) (bzw. jetzt neu [www.hagelregister.com](http://www.hagelregister.com)) die Sicherheit, ob ein bestimmtes Bauprodukt überhaupt auf seinen Hagelwiderstand geprüft und nach welcher Hagel-widerstandsklasse es klassifiziert wurde.

Die Kooperationspartnerschaft aus EPZ, Versicherungswirtschaft (im D-A-CH- Raum) und dem IBS versucht durch seine Arbeiten Qualitätsstandards zu definieren, welche im Idealfall zu vereinheitlichenden Richtlinien und Regeln führen, die eine Schadens-reduktion durch Hagel zur Folge haben. Denn eines ist gewiss, nachhaltiges, qualitatives und zukunftsorientiertes Bauen wird künftig zwingend notwendig sein, um die zunehmenden gebäudeschädigenden Extremwetterereignisse und die dadurch verursachenden Schadenssummen bewältigen zu können.



Figure 2: Hagelregister ([www.hagelregister.at](http://www.hagelregister.at)) und Hagelsimulationsmaschine /Hagelkanone

## Hagelgefährdungskarte Österreich

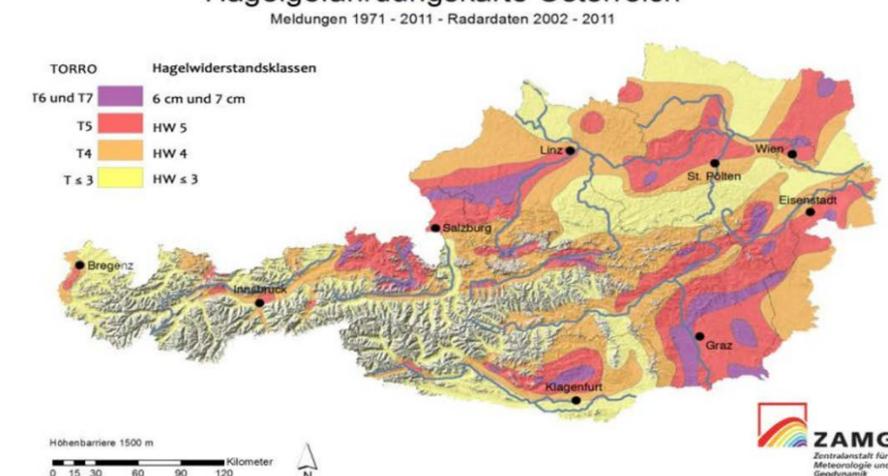


Figure 1: Hagelgefährdungskarte Österreich (Quelle: [www.hora.gv.at](http://www.hora.gv.at))

# Consequences of severe Space Weather events

ROMAN LEONHARDT AND RACHEL BAILEY

Organisation(en):

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, 1190 Wien

## Abstract

«Space weather” refers to the state of near-Earth space and the upper atmosphere of the Earth. Space weather events are mainly related to solar activity. Solar coronal mass ejections, high-speed solar wind streams and solar energetic particles result in most geo-effective space weather phenomena. Examples are induced density variations in the thermosphere, which lead to drops in spacecraft orbits and accelerated particles that increase radiation levels at commercial flight altitudes. Coronal mass ejections strongly affect

the Earth’s magnetic field and cause rapid field variations, termed «geomagnetic storms”. This is followed by a chain of electromagnetic induction processes in the surface and atmosphere that induce direct currents in the electrically conductive networks at the surface, such as the power transmission networks. Larger currents can damage individual transformers and cause large-scale transmission problems in the network.

These geomagnetic storms are permanently monitored at several stations in Austria. The Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) maintains the Conrad Observatory, which covers all geophysical disciplines. The geomagnetic part of the observatory is certified by the international INTERMAGNET network for global geomagnetic observation. They provide high quality real-time geomagnetic data to the World Data Centers. In close collaboration with the Austrian Power Grid (APG) operators, the expected geomagnetically-induced currents within the power lines are determined in real-time and the hazard potential is quantified. A major aim is to better protect power transmission systems and enhanced prediction time for expected disturbances.

Space weather events have only been intensively researched for around 30 years. It was shown that, in the past, solar storms that would have had a devastating impact on today’s technical infrastructure have occurred. The repetition rate of such events is largely unknown. Due to the impact of space weather on the steadily increasing air traffic and on more widespread critical infrastructure such as power grids or satellite navigation, the importance of space weather is still underestimated.

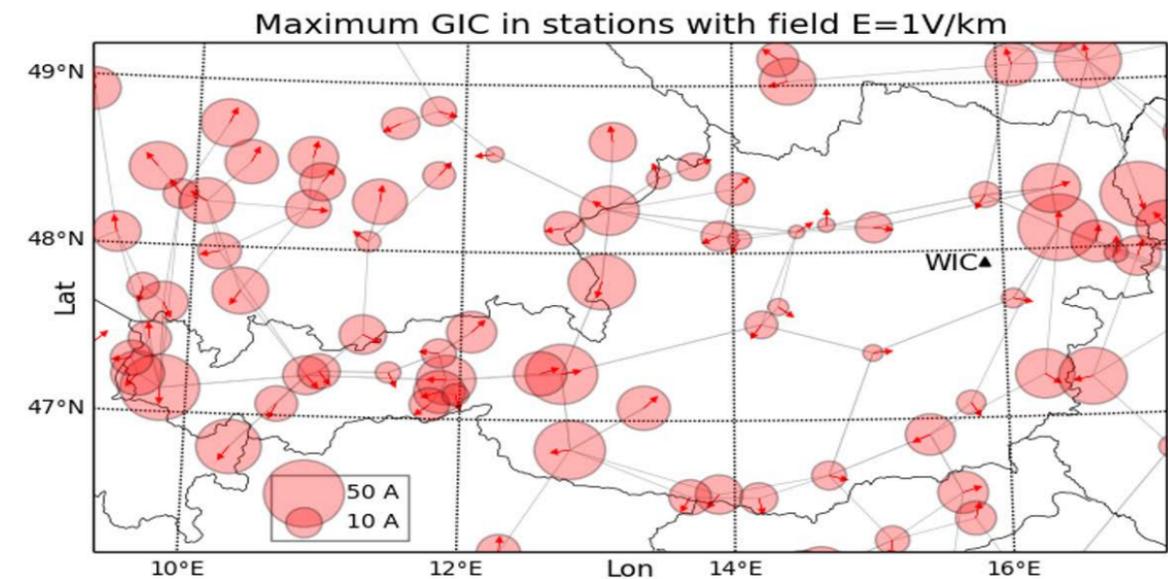


Fig. 1: Expected maximum geomagnetically induced currents (GIC) within the Austrian power transmission network during a severe geomagnetic storm. All orientations of a geoelectric field with magnitude  $1 \text{ V km}^{-1}$  were investigated. Each circle represents a node, and the line connections between nodes are shown in grey. The size of the circle represents the magnitude of GICs, while the arrows depict the geoelectric field orientation that leads to a maximum at that node. The position of the Conrad Observatory (WIC) is marked by the black triangle (Bailey et al., 2017).

# Nutzung eines X-Band-Radars zur Untersuchung von Starkniederschlägen im Wiener Becken

VINZENT KLAUS, HARALD RIEDER,  
ERICH MURSCH-RADLGRUBER

Organisation(en):

Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie

[vinzent.klaus@boku.ac.at](mailto:vinzent.klaus@boku.ac.at), [harald.rieder@boku.ac.at](mailto:harald.rieder@boku.ac.at), [erich.mursch-radlgruber@boku.ac.at](mailto:erich.mursch-radlgruber@boku.ac.at)

## Abstract

Im X-Band operierende Wetterradarsysteme erlauben räumlich hochaufgelöste Niederschlagsmessungen. Verglichen mit den herkömmlich verwendeten C-Band-Systemen erreichen diese eine zirka zehnfach höhere horizontale Auflösung, jedoch auf Kosten einer reduzierten Reichweite in der Größenordnung von 50 km. Die Messeigenschaften prädestinieren X-Band-Systeme für Forschungszwecke sowie für lokale Warnsysteme und hydrologische Applikationen. Ein kompaktes, dual-polarisiertes X-Band-Radar der Universität für Bodenkultur wird seit dem Frühjahr 2020 für eine Messkampagne im Wiener Becken eingesetzt. Dabei steht die quantitative, flächige

Niederschlagserfassung bei Starkniederschlagsereignissen im Vordergrund. Darauf aufbauend soll in Zukunft das Potenzial des X-Band-Radars für Frühwarnsysteme und hydrologische Fragestellungen im Wiener Becken abgeschätzt werden können, und im Zuge von Fallstudien soll die Niederschlagserfassung mit den Resultaten von hochauflösenden numerischen Wettermodellsimulationen verglichen werden, womit Bereiche identifiziert werden sollen, in denen es weiterer Modellentwicklung bedarf. Vorliegend werden erste Ergebnisse der Kampagne präsentiert und ein Ausblick auf zukünftige Schritte gegeben.

## Einleitung

Starkniederschlag und Überschwemmungen stellen auch in dicht besiedelten, urbanen Zentren wie dem Großraum Wien ein erhebliches Risiko für die öffentliche Infrastruktur und Sicherheit dar, besonders im Kontext des fortschreitenden Klimawandels (Rajczak und Schär 2017). Für Warnsysteme sind zeitlich und räumlich hochauflösende Echtzeitniederschlagsdaten eine Notwendigkeit, speziell bei konvektiven Wettererscheinungen mit ihrer erheblichen räumlichen Variabilität. Wetterradare bieten diese Möglichkeit und eignen sich daher neben der Verwendung für Kurzfristvorhersagen und -warnungen auch als Instrument für Niederschlagsanalysen. Bei meteorologischen Radaren kommen je nach Einsatzgebiet unterschiedliche Bänder des elektromagnetischen Spektrums zum Einsatz. X-Band-Radare operieren im Wellenlängenbereich zwischen 2,5 und 3,75 cm, der in der Atmosphäre deutlich stärkerer Dämpfung unterliegt als das Spektrum von herkömmlichen C-Band-Radaren. Ihre Reichweite ist daher auf rund 30 bis 70 km beschränkt (Rauber und Nesbitt 2018). Im Vergleich zu C-Band-Radaren, wie sie auch im österreichischen Radarverbund der Austro Control im Einsatz sind, bedeutet dies eine massive Reichweitenreduktion auf zirka ein Viertel, allerdings bei einer zehnfach höheren räumlichen Auflösung sowie einer höheren Sensitivität für kleinere Niederschlagspartikel. Zudem ermöglicht die kürzere Wellenlänge eine kompaktere Bauweise, weil die Antennenfläche für eine Fokussierung der Radarstrahlen kleiner ausfallen kann. Aufgrund dieser Eigenschaften werden X-Band-Radare in erster Linie zu Forschungszwecken oder an Bord von Flugzeugen und Schiffen verwendet.

Ein neues X-Band-Radar der Universität für Bodenkultur wird seit dem Frühjahr 2020 für eine bis zum Jahresbeginn 2021 laufende Messkampagne im Wiener Becken eingesetzt. Der Fokus der Messungen liegt auf der quantitativen Niederschlagsbestimmung bei Starkniederschlagsereignissen und dem Vergleich mit in-situ-Niederschlagsmessungen. Davon ausgehend schließen weitere Forschungsthemen an, etwa das Potenzial des Radars für hydrologische Fragestellungen im Bereich der Abflussvorhersage

und die Validierung von hochauflösenden numerischen Wettermodellsimulationen im Rahmen einzelner Fallstudien. Darüber hinaus sollen die Erfahrungen dieser Messkampagne genutzt werden, um den Einsatz des Radars auf einer mobilen Messplattform im kommenden Jahr vorzubereiten. Zum derzeitigen Zeitpunkt befinden sich die Auswertungen der Radardaten allerdings noch in einem frühen Stadium, daher werden im Folgenden nur erste Einblicke in die Messungen gegeben.

## Messgerät und Standort

Als Messgerät dient ein dual-polarisiertes X-Band-Radar des Typs Furuno WR-2100 (s. Abb. 1) mit einer Wellenlänge von rund 3,2 cm (Frequenz 9,4 GHz) und einer maximalen Reichweite von 50 km. Als Ausgabeparameter bietet es neben dem Radarreflektivitätsfaktor die Dopplervindgeschwindigkeit sowie diverse auf den dual-polarisierten Messungen basierende Parameter, die unter anderem zur Hydrometeorologieklassifizierung und Dämpfungskorrektur genutzt werden können.

Für die Dauer der Messkampagne befindet sich die Anlage auf der Dachplattform des Franz-Schwachhöfer-Hauses der Universität für Bodenkultur im Gebiet des 19. Wiener Gemeindebezirks (s. Abb. 2). Die Radarantenne ist auf einer Höhe von 264 m ü. NN montiert und überblickt in einem Bogen von Norden über Südost bis

Südwest den Großteil des Wiener Stadtgebietes, während in Richtung Westen die Hügel des Wienerwaldes für Abschattungseffekte bei niedrigen Elevationswinkeln sorgen.

## Messstrategie

Je nach Fragestellung können meteorologische Radare mit unterschiedlichen Scanstrategien die Atmosphäre abtasten. Wie für den Zweck der quantitativen Niederschlagserfassung üblich, wird dieses X-Band-Radar im Volume Scan-Modus betrieben. Dies bedeutet eine 360°-Erfassung in der Horizontalen, die in kurzer Abfolge für verschiedene Elevationswinkel wiederholt wird, um unterschiedliche Höhen abzudecken und eine Erfassung des Atmosphärenvolumens abzuleiten. Eine einzelne Elevation wird dabei als PPI (Plan Position Indicator) dargestellt. Durch den Volume Scan werden jede Minute acht verschiedene Elevationen zwischen 2° und 20° abgetastet. Die verwendete Reichweite beträgt 30 km, um stärkere Dämpfungseffekte im Allgemeinen vernachlässigen zu können.

## Vorläufige Ergebnisse

Der bisherige Messzeitraum war im Wiener Becken geprägt von sehr stabilen, trockenen Bedingungen zu Frühlingsbeginn, ehe sich die monatlichen Niederschlagsmengen ab Mai meistens im Bereich des langjährigen Durchschnitts oder leicht darüber bewegten. Im Folgenden



Abbildung 1: Montage der Radarkuppel auf der Dachplattform.



Abbildung 2: Karte des Abdeckungsgebiets des Radars (blauer Kreis) mit Standort der Anlage (roter Punkt). Kartenmaterial von Stamen Design unter CC BY 3.0. Daten von OpenStreetMap unter ODbL.

sollen zwei konvektive Ereignisse qualitativ vorgestellt werden: Gewitter am 28.07.2020 und am 23.09.2020.

Am 28. Juli lag der Ostalpenraum im Bereich sehr energiereicher Luftmassen im Vorfeld einer Kaltfront, die von einem Tiefdruckgebiet über der Nordsee gesteuert wurde. Der um 12 UTC an der Hohen Warte durchgeführte Radiosondenaufstieg ergab ein Surface-CAPE von rund 1400 J/kg, bis zur nächsten Messung um 18 UTC stieg dieser Wert sogar auf 1800 J/kg an. Die vertikale Windscherung zwischen 0-6 km belief sich um 12 UTC mit bodennahem Südostwind und Westwind in höheren Niveaus auf 30 Knoten. Die Warmluftadvektion in tiefen Schichten führte in weiten Teilen Ostösterreichs zu Temperaturen von über 30 °C, an der BOKU-Wetterstation im 19. Wiener Gemeindebezirk wurden am Nachmittag knapp 33 °C gemessen. Im Tagesverlauf bildeten sich an der Alpennordseite erste Gewitter, die unter Verstärkung ostwärts zogen. Zwischen 17 und 18 UTC kam es zwischen Tulln und St. Pölten an der Druckwelle der zunächst entstandenen Gewitter zur Neubildung weiterer heftiger Zellen, die schließlich zunehmend linienförmig über den Wienerwald in das Wiener Becken zogen. Besonders an den östlichen Ausläufern des Wienerwalds, entlang einer Linie zwischen Gablitz und dem 19. Bezirk, wurden hohe Niederschlagsmengen gemessen, an der Hohen Warte beispielsweise 40 mm zwischen 18 und 0 UTC, allein 33 mm davon zwischen 19 und 20 UTC.

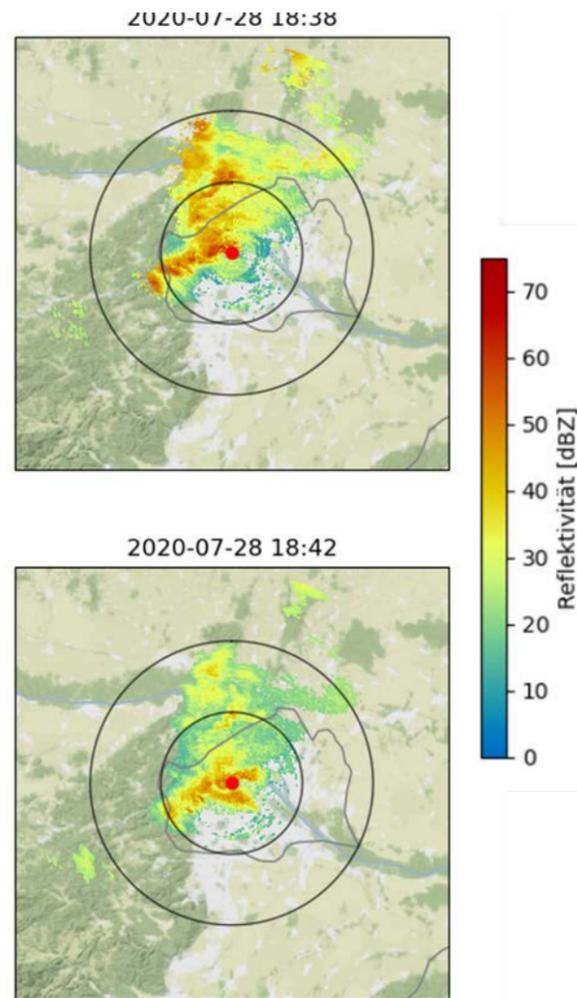


Abbildung 3: PPI-Darstellung einer Elevation von 5° um 18:38 UTC (oben) sowie um 18:42 UTC (unten) am 28.07.2020.

Obwohl der Niederschlag in jenem Sektor des Radarkegels am stärksten ausfiel, in dem es teilweise zur Abschattung kommt, wurde das nahende Gewitter im 5°-Scan auch am äußersten Rand des Messbereichs bereits mit Reflektivitäten von über 50 dBZ registriert. Insbesondere während der weiteren Annäherung des Gewitters in Richtung Stadtgebiet ermöglicht die hohe räumliche Auflösung eine detailliertere Analyse der Gewitterstruktur, als dies durch übliche C-Band-Radardaten möglich wäre. Erleichtert wird beispielsweise die Lokalisierung von besonders heftigen Downdrafts mit begleitenden Niederschlägen, wie im Betrachtungsfall im Bereich der Sophienalpe am westlichen Wiener Stadtrand. Im Radarloop wird aber auch die massive Dämpfung erkennbar, sobald der Starkniederschlag den Standort der Radaranlage erreicht hat. Abb. 3 zeigt die PPI-Darstellung für eine Elevation von 5° kurz vor und kurz nach Eintreffen des Niederschlags an der Radaranlage. Die Dämpfung ist anhand der Signale nordnordwestlich des Radarstandorts besonders deutlich sichtbar.

Der zweite vorgestellte Fall ereignete sich am 23.09.2020, als der Alpenraum trogvorderseitig in einer milden Südwestströmung lag, während im Wiener Becken bei geringen Bodendruckgradienten zunächst leichter Südostwind wehte. Ein im Tagesverlauf durchziehender Kurzwellentrog labilisierte die Luftschichtung, allerdings mit deutlich geringerer Instabilität als bei dem ersten untersuchten Fall. Der Radiosondenaufstieg um 12 UTC an der Hohen Warte ergab ein Surface-CAPE von lediglich 150 J/kg bei einem vergleichsweise hohen Precipitable Water-Gehalt von 32 mm und geringer vertikaler Windscherung. Bemerkenswert ist dieser Fall allerdings, weil am Nachmittag der gesamte Lebenszyklus mehrerer Einzelzellen durch das X-Band-Radar festgehalten wurde. Eine erste Zelle entstand ab 11:30 UTC im Osten des Stadtgebietes, schwächte sich jedoch rasch wieder ab. Ab 12:10 UTC kam es zur kräftigsten Entwicklung des Tages, als sich eine Zelle entlang der Wiener Stadtgrenze in einem Bereich zwischen Oberlaa und Aspern entwickelte und zeitweise hohe Reflektivitäten bis zu 65 dBZ gemessen wurden, wie Abb. 4 zeigt.

Trotz des dichten Messnetzes in und um Wien dauerte es bis nach 13 UTC, bis Niederschlag auch im TAWES-Messnetz registriert wurde, da sich die Zelle bis dahin in den Lücken des Messnetzes bewegte. Die Stationen in Wien/Donaufeld und Groß Enzersdorf meldeten 13 bzw. 9 mm Regen, befanden sich allerdings eher am Rande des Niederschlagsfeldes. Anhand dieses Beispiels zeigt sich bereits deutlich, welchen Mehrwert Radare etwa bei der flächigen Analyse von konvektiven Niederschlagsereignissen liefern können.

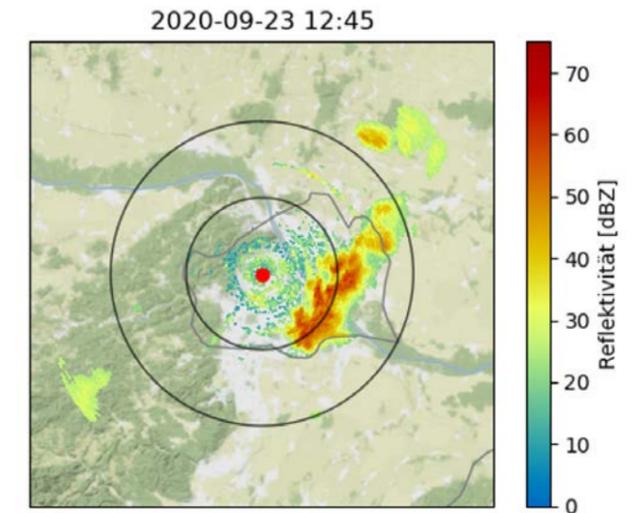


Abbildung 4: PPI-Darstellung einer Elevation von 5° um 12:45 UTC am 23.09.2020.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Messkampagne mit dem derzeitigen Radarstandort wird noch bis 2021 fortgesetzt, wobei sich der Fokus in den kommenden Monaten naturgemäß in Richtung stratiformer Niederschlagsereignisse und deren Erfassung verschiebt. Es werden unterschiedliche Strategien zur Vermeidung von Ground Clutter getestet, um diesen Störfaktor in Zukunft bestmöglich eliminieren zu können. In weiterer Folge steht die quantitative Niederschlagsereignisse mit Tests von verschiedenen Methoden zur Ableitung der Regenrate sowie Vergleichen mit in-situ-Messungen im Vordergrund.

Nach Ende der derzeitigen Messkampagne wird das Radar auf einer mobilen Plattform montiert und im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte im Flachland sowie Gebirge eingesetzt werden.

## Literaturverzeichnis

Rauber, R. und Nesbitt, S. (2018): Radar Meteorology: A First Course, John Wiley & Sons.  
Rajczak, J. und Schär, C. (2017): Projections of Future Precipitation Extremes Over Europe: A Multimodel Assessment of Climate Simulations, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 122

# Wetterextreme im Herbst an der Alpensüdseite: zwei Beispiele

ALEXANDER RADLHERR

Organisation(en):

ZAMG – ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK, INNSBRUCK

ALEXANDER.RADLHERR@ZAMG.AC.AT

## Abstract

Während der letzten beiden Herbstsaisonen wurden Teile der Alpensüdseite wiederholt von gefährlichen und schadbringenden Wetterereignissen heimgesucht. Diese Situationen erforderten verstärkte Zusammenarbeit der ZAMG mit den jeweiligen Einsatzstäben und Behörden bzw. wurden von der ZAMG intensiv Informationen über die laufenden Entwicklungen abgefragt. Ende Oktober 2018 handelte es sich dabei um ein singuläres Ereignis über drei Tage [4]. Im November 2019 sorgte hingegen eine über zwei Wochen beständige Großwetterlage, die von der wiederholten Bildung von Mittelmeertiefs geprägt war [6], für wiederkehrende, intensive Niederschläge in den Südstauregionen.

Nach überwiegend trockener und überdurchschnittlich warmer Witterung im Herbst 2018 kündigte sich in den Vorhersagemodellen ein markanter und hochreichender Vorstoß subpolarer Kaltluft in den westlichen Mittelmeerraum ab dem 26.10. an. Dabei wurden von den Vorhersagemodellen bereits in einem frühen Stadium konstant extrem hohe Niederschlagsmengen an der Alpensüdseite gezeigt. Aus Prognostikersicht war der Umgang damit teils differenziert, da die berechneten Mengen im Bereich von vergangenen Extremereignissen mit katastrophalen Folgen bzw. auch darüber lagen (siehe Abb.1). Zudem begannen die Modelle ein ausgesprochen untypisches bzw. unbekanntes Muster der Zugbahn des Tiefs mit einer markanten Kaltfrontpassage von Süd nach Nord anzuzeigen. Die Handhabung der Situation war für die für Vorhersagen und Warnungen verantwortlichen Meteorologen daher besonders herausfordernd, da es vor einem im Detail unbekanntem Wetterereignis zu warnen galt und im Vorhinein die Modellperformance in Frage gestellt wurde.

Letztere stellte sich als valide heraus. Sowohl traten an der Alpensüdseite äußerst intensive Niederschläge auf, die für gebietsweise katastrophale Hochwassersituationen sorgten [2], [5]. Auch die Kaltfrontpassage fand wie modelliert statt und brachte neben einer weiteren Intensivierung der Niederschläge in höheren Lagen der Alpensüdseite flächig katastrophale Sturmschäden mit mehreren Millionen Festmetern Schadh Holz [2], [7]. Auch Tote waren zu beklagen, zudem erwartungsgemäß große Schäden an verschiedenster Infrastruktur. Anfang November 2019 etablierte sich eine beständige Wetterlage mit einem großräumigen Tiefdruckrog über Westeuropa. An

dessen Vorderseite führte die durchwegs südliche Anströmung feucht-warme Luftmassen subtropischen Ursprunges aus dem Mittelmeerraum gegen die Alpen. In der untersten Troposphäre lagerte allerdings kältere Luft, die einerseits die Aufgleitprozesse der warmen Subtropenluft begünstigte und andererseits für eine über größere Zeiträume relativ tief liegende Schneefallgrenze sorgte.

Wiederholte Tiefbildungen im Mittelmeerraum spiegelten sich in vier Niederschlagsphasen wider, wobei die größten Teilsummen des Gesamtniederschlags in der letzten Phase verzeichnet wurden. Hier griffen die ergiebigen Niederschläge mit schadensbringenden Auswirkungen aufgrund der starken südlichen Höhenströmung auch auf die Alpennordseite über [3]. Aufgrund der zeitweise tiefen Schneefallgrenze konnten alpensüdseitig beachtliche und im November oft erstmalig aufgezeichnete Schneehöhen gemessen werden [6]. Dies sorgte einerseits für große Lawinengefahr und auch Lawinenabgänge bis in das Siedlungsgebiet, andererseits konnten so große Anteile des Niederschlags gebunden werden und verhinderte trotz der Außergewöhnlichkeit ein großes Hochwasser. Der Wiederholungszeitraum für diese zweiwöchige Periode liegt nach extremwertstatistischen Auswertungen zwischen 150 und 250 Jahren. In Lienz wurden zum Beispiel binnen 14 Tagen 404 mm Niederschlag gemessen, bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 905 mm [6].

Als sehr wahrscheinlich gilt es, dass durch den Klimawandel und die damit verbundenen höheren Temperaturen von Luft und auch des Mittelmeeres, solche Ereignisse in Zukunft noch heftiger auftreten können [8].

Ob auch die Häufigkeit zunimmt, muss erst noch untersucht werden.

Mit Rückblick auf die katastrophalen Ereignisse 1965 und 1966 in diesem Gebiet erweisen sich Hochwasserschutzmaßnahmen wie auch intensiver Austausch von Behörden und Wetterdiensten auch mit immer genaueren Vorhersagen als äußerst nutzbringend [3].

- [1] Amt der Kärntner Landesregierung – Abteilung Wasserwirtschaft / Hydrographie (2020). Hochwasserereignis an der Drau, Gail, Gurk und Zubringern sowie am Faaker- und Millstätter See 15.-25.11.2019. Hydrologischer Bericht (Endbericht), Land Kärnten. Online: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich>
- [2] Amt der Kärntner Landesregierung – Abteilung Wasserwirtschaft / Hydrographie (2019). Hochwasserereignis an der Drau, Möll, Gail und Zubringern 28.-31.10.2018. Hydrologischer Bericht (Endbericht), Land Kärnten. Online: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich>
- [3] Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Regionen und Tourismus, 2019. Hydrographische Übersicht November 2019, Rückblick, Abteilung Forst. Online: <https://www.bmlrt.gv.at/service/presse/forst/2019/>
- [4] Hydrographischer Dienst Tirol (2019). Hydrologische Übersicht – Oktober 2018. Hydrologische Übersicht, Land Tirol. Online: <https://www.tirol.gv.at/umwelt/wasser/wasserkreislauf/>
- [5] Orlik A. / ZAMG, 2018. Der Oktober 2018 im Überblick. Monatsrückblick, ZAMG. Online: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news>
- [6] Radlherr A., 2020. Der Winter 2019/20 – ZAMG fasst zusammen. Blogbeitrag, Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. Online: <https://www.alpinmesse.info/de/blog/>
- [7] Südtiroler Landesverwaltung, 2019. Agrar- und Forstbericht 2018. Jahresbericht, Landesverwaltung Autonome Provinz Bozen – Südtirol. Online: <http://www.provinz.bz.it/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/agrar-forstbericht.asp>
- [8] ZAMG, 2020. Jahresbericht 2019 – Annual Report. p.9, Jahresbericht der ZAMG.

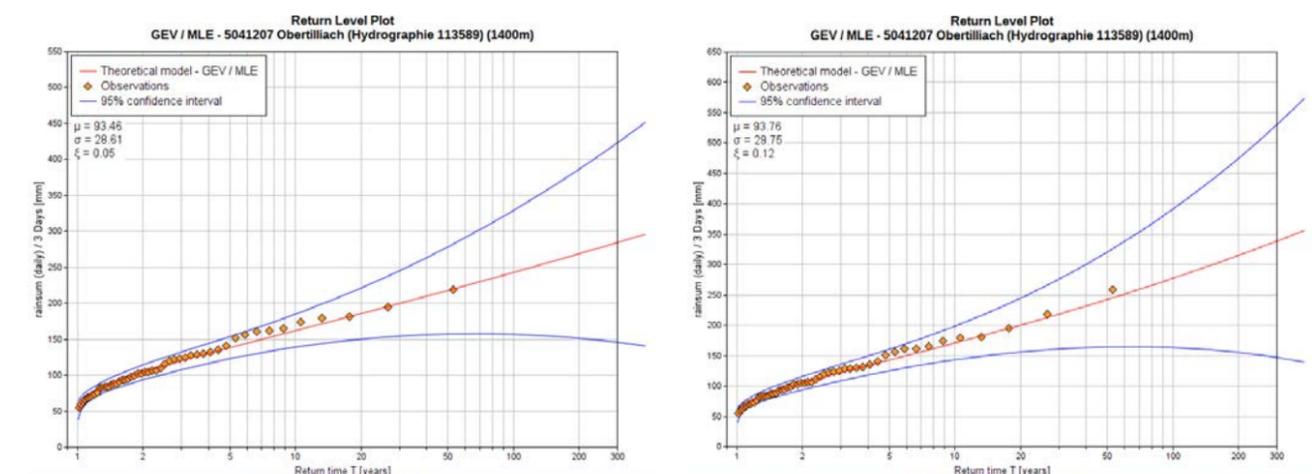


Abb.1: Return Level Plots für den Parameter 3-Tages-Niederschlag am Standort Obertilliach / Osttirol im ZAMG-internen extremwertstatistischen Auswertetool EVA+. Links vor dem Ereignis im Herbst 2018, rechts nach diesem Ereignis.

# Jänner bis Juni 2019: Meteorologischer Rückblick auf ein herausragendes Halbjahr an der Nordseite der Ostalpen

ALEXANDER RADLHERR

Organisation(en):

ZAMG – ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK, INNSBRUCK

ALEXANDER.RADLHERR@ZAMG.AC.AT

## Abstract

Im Herbst 2018 wurden Teile der Alpensüdseite von einem markanten Mittelmeertief heimgesucht. Dieses herbstliche Mittelmeertief mit extremen Niederschlägen, in hohen Lagen der Süd- und Zentralalpen als Schnee, schuf bereits die ersten Voraussetzungen für ein markantes Hochwasserereignis unter anderem am Inn fast 8 Monate später. Es war zudem Anlass für wiederholte Warnungen der ZAMG vor Gefahr durch Starkniederschläge und Sturm. Dazwischen ereigneten sich ein alpennordseitig ausgesprochen schneereicher Jänner sowie ein nasskalter Mai. Im Jänner schuf eine persistente Nordwestströmung über den Alpen die Voraussetzungen für ergiebige Schneefälle, sodass gebietsweise die größten Neuschneesummen binnen zwei Wochen seit Aufzeichnungsbeginn registriert wurden. Die

Wiederholungszeiträume dieses Ereignisses sind dementsprechend groß. Im Mai brachte anhaltender Tiefdruckeinfluss über Mitteleuropa starke Temperaturabweichung nach unten und Niederschlagsabweichung nach oben, was die aufgrund der Vorgeschichte ohnehin schon großen Schneemengen im Gebirge weiter erhöhte. Bei diesen Ereignissen war zudem die ZAMG als verantwortliche Institution für Wetterwarnungen für das Staatliche Krisen- und Katastrophenmanagement dementsprechend gefordert. Das diese meteorologisch turbulente Periode abschließende Hochwasserereignis wurde durch den heißesten Juni seit Aufzeichnungsbeginn in weiten Teilen des Ostalpenraumes verursacht.

## Vorgeschichte

Die ersten Voraussetzungen für das letzte Ereignis in dieser Abfolge, nämlich ein markantes Hochwasser unter anderem am Inn im Juni 2019, wurde bereits acht Monate zuvor, im Oktober 2018, geschaffen. Hier entwickelte sich in der letzten Oktoberwoche ein Tiefdrucktrog, welcher über Westeuropa in den westlichen Mittelmeerraum vorstieß und dort die Genese eines durch große Druck- und Temperaturgegensätze geprägten Sekundärtiefs induzierte. Dieses führte in weiten Teilen der Alpen aufgrund von ausgeprägten Südstauwirkungen zu extremen Niederschlagsmengen und teils auch zu schadbringenden Windspitzen, Murgängen und Hochwässern in den entsprechenden Regionen inklusive (HD Tirol, 2020). Für diese Arbeit relevant sind aber ausschließlich die Neuschneemengen in Hochlagen der östlichen Zentralalpen, welche vor Eintreten des Ereignisses schon in der Vorhersage beachtlich waren (Abb.1). Die Schneefallgrenze lag während des Ereignisses im Norden, wo die Niederschläge weniger intensiv ausfielen, deutlich tiefer als südlich des Alpenhauptkammes. Hier fiel erst ab rund 2800 m Schnee. Am Ende des Ereignisses wurden folgende Schneehöhen gemessen: 119 cm am Corvatsch (2690 m,

Berninagruppe), 75 cm Pitztaler Gletscher (2852 m, Ötztaler Alpen), 160 cm Sonnblick (3109 m, Hohe Tauern).

Aufgrund der von MeteoSchweiz (2018) veröffentlichten großen Jährlichkeiten der Niederschläge im Oberengadin (50 bis 100 jährliches Ereignis) kann darauf geschlossen werden, dass in großen Höhen auch mitunter deutlich größere Neuschneemengen fielen, als die verfügbaren Messwerte suggerieren.

Der November gestaltete sich in weiten Teilen der Nord- und Zentralalpen trocken und mild, in den zuvor neuschneereichen Regionen hatte die teils mächtige Schneedecke aber mindestens ab rund 2500 m Bestand. Im Dezember folgten abwechslungsreiche und eher milde Wetterlagen oft aus dem Sektor West bis Nordwest, was zu überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen entlang und nördlich des Alpenhauptkammes führte.

## Jänner 2019 – extrem viel Schnee

Bereits ab dem 25.12.2018 bildete sich langsam die Druckkonstellation aus, die anschließend für mehr als zwei Wochen Bestand haben sollte und für die anhaltende Nordwestströmung im Ostalpen-

raum sorgte (Radlherr 2019). So konnte sich vorderseitig einer Austrogung von Neufundland über den westlichen Nordatlantik, welche in Folge weiter Richtung Südosten abtropfte, ausgehend vom subtropischen Hochdruckgürtel ein mächtiger Hochdruckkeil in Richtung der Britischen Inseln aufwölben. Zwischen dessen Ostflanke und einem Tiefdruckkomplex über dem Baltikum wurde im Bereich des Jetstreams feuchte Luft von Nordwesten her gegen die Alpen gestaut. Abbildung 2 zeigt die Druckverteilung zu Beginn der Schneefallperiode. Die planetare Wellenzahl auf der Nordhemisphäre betrug zu diesem Zeitpunkt drei bis vier, was auf Stationarität der großskaligen Wellenbewegungen hinweist (Radlherr 2019).

So wurde durch stetig wiederkehrende Austrogungen von Neufundland auf den Nordatlantik der weit nach Norden reichende subtropische Hochdruckkeil regelmäßig regeneriert und Mitteleuropa lag an dessen Ostflanke beständig im Grenzbereich zwischen maritim-polarer Kaltluft im Osten und ebenfalls maritim geprägter subtropischer Luft im Westen. Diese mäandrierende Luftmassengrenze überquerte die Alpen mehrere Male in Form von Kalt- bzw. Warmfronten, und jedes Mal wurden erneut feuchte Luftpa-

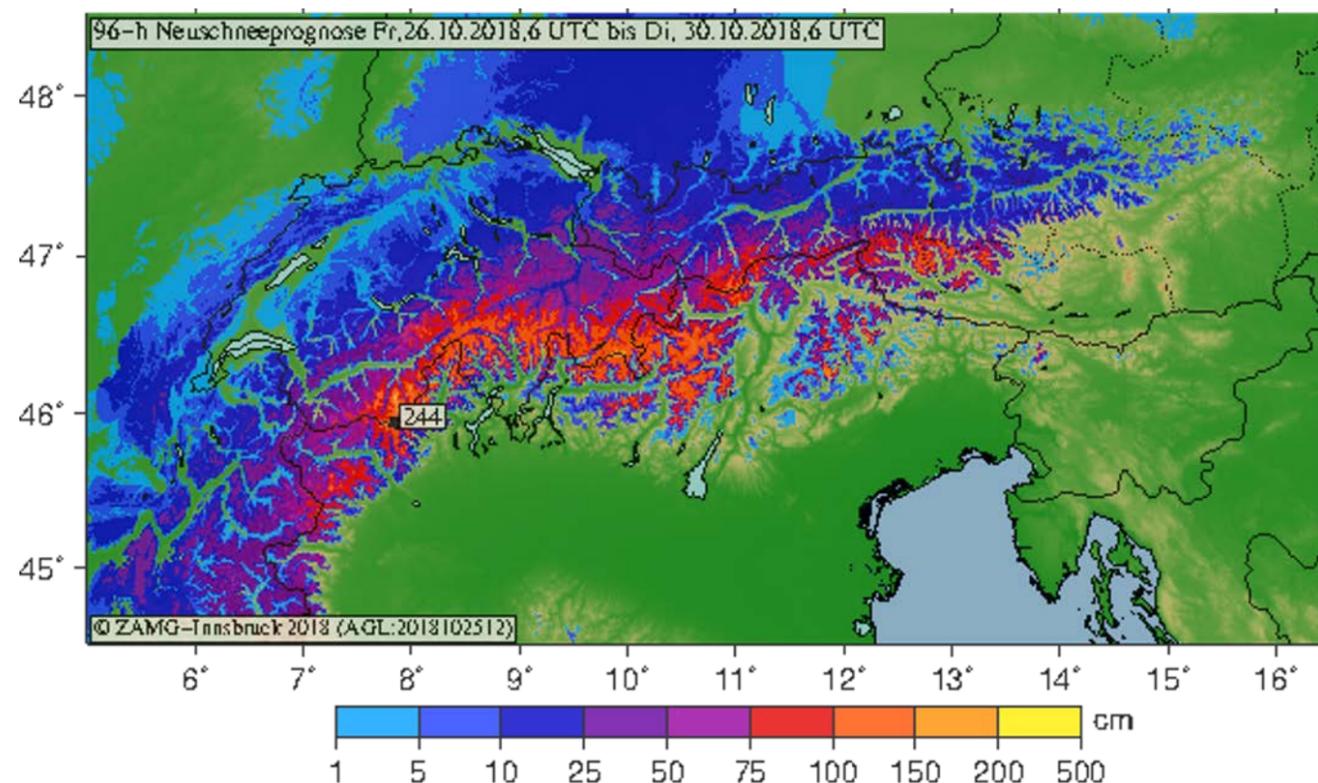


Abbildung 1: 96-Stunden Neuschnee prognose des ECMWF-Modells bis 30.10.2018. © ZAMG

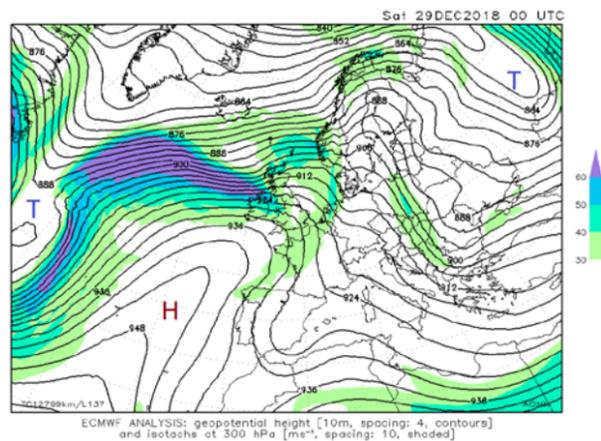


Abbildung 2: Geopotential 300 hPa (schwarz gezogen) mit Isotachen (farbig schraffiert). ECMWF-Analyse vom 29.12.2018 00 UTC; Druckzentren mit T (Tief) bzw. H (Hoch) gekennzeichnet. © ACINN

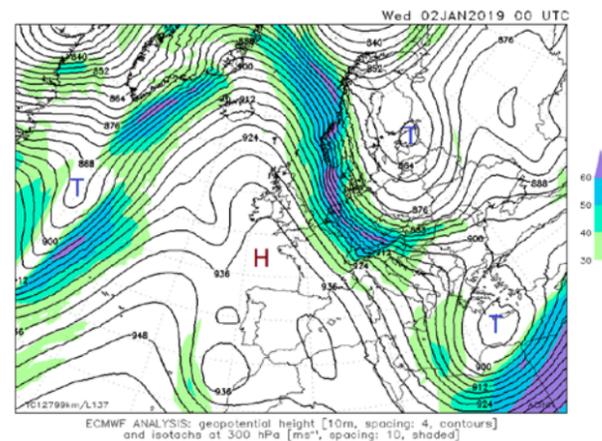


Abbildung 3: Geopotential 300 hPa (schwarz gezogen) mit Isotachen (farbig schraffiert). ECMWF-Analyse vom 02.01.2019 00 UTC; Druckzentren mit T (Tief) bzw. H (Hoch) gekennzeichnet. © ACINN

kete von Norden gegen die Alpen geschoben. Insgesamt lässt sich die Periode in fünf kürzere Phasen mit 11 Frontdurchgängen unterteilen.

Die ersten nennenswerten Schneefälle der Periode erfolgten durch eine Okklusion (signalisiert durch den Kurzwellentrog über Benelux in Abbildung 2), die nahtlos von der darauffolgenden Warmfront abgelöst wurde. Dahinter stellte sich am 01.01. im Warmsektor schwacher Zwischenhoch ein.

Mit dieser ersten Phase fielen 30 bis 60 mm Niederschlag bzw. 20 bis 70 cm Neuschnee (teils über 100 cm in höheren Lagen).

Der oben genannte Warmsektor wurde am 02.01. von einer markanten Kaltfront abgelöst, welche von Norden über die Alpen zog. Nach kurzem postfrontalem Absinken stellte sich in der anhaltenden starken Nordströmung eine intensive Nordstaulage ein (Abb. 3).

Diese zweite Phase brachte meist 40 bis 80 mm Niederschlag bzw. 40 bis 100 cm Neuschnee und auf den Bergen der Nordalpen das 1,5- bis zweifache davon. Damit wurden die Schneehöhen in den Nord- und Zentralalpen verbreitet überdurchschnittlich.

Nach vorübergehender Beruhigung wurde zum 05.01. eine deutlich ausgeprägte Warmfront herangeführt, welche aufgrund ihrer strömungsparallelen Lage am 06.01. zwischenzeitlich rückläufig wurde, sich aber schlussendlich durchsetzen konnte.

Damit addierten sich erneut 40 bis 80 mm bzw. 40 bis 100 cm Neuschnee. Auf den Bergen der Nordalpen Neuschneemengen zwischen 1 und 2 Metern. Ein okkludiertes Frontensystem erreichte am 08.01. die Alpennordseite, auch nach Durchzug der Front hielt der Stau mit Zustrom feuchter Luft an. Mit Strömungsdrehung auf Nordost wurden zunehmend kältere Luftmassen einbezogen.

Erneut fielen verbreitet 40 bis 70 mm bzw. 50 bis 100 cm Neuschnee, auf den Bergen der Nordalpen auch das Doppelte davon. Die nächste Warmfront folgte zum 11.01. In der Nacht auf 13.01. führte die andauernde nordwestliche Höhenströmung eine Okklusion über die Alpen. Tagsüber folgte erneut eine Warmfront, die diesmal besonders markant ausgeprägt war (Abb. 4). Am 14.01. zog in zwei Staffeln eine Kaltfront gefolgt von Nordstau hinweg, bevor sich am 16.01. Hochdruckeinfluss durchsetzen konnte.

Damit fielen weitere 50 bis 100 mm bzw. 50 bis 100 cm Neuschnee, auf den Bergen 150 bis 250 cm.

In den Tälern der Nordalpen summierten sich die 24h-Neuschneehöhen während der 17 Tage andauernden Periode auf verbreitet 150 bis 250 cm, teils bis 350 cm. Einzelne höher gelegene Talstationen registrierten auch über 400 cm Neuschnee. Auf den Bergen waren die Mengen rund doppelt so hoch, so konnte auf der Seegrube oberhalb von Innsbruck (1900 m) eine

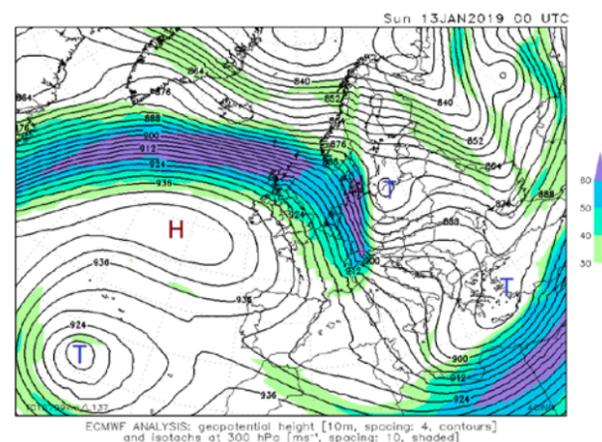


Abbildung 4: Geopotential 300 hPa (schwarz gezogen) mit Isotachen (farbig schraffiert). ECMWF-Analyse vom 13.01.2019 00 UTC; Druckzentren mit T (Tief) bzw. H (Hoch) gekennzeichnet. © ACINN

Neuschneesumme von etwa 850 cm gemessen werden. Eine statistische Analyse der Schneefallperiode zeigt, dass diese gebietsweise als extrem eingestuft werden muss. Das Ereignis war im äußersten Westen (Vorarlberg, Tiroler Oberland) weniger ungewöhnlich, als in weiter östlich gelegenen Regionen (Tabelle 1). Besonders groß waren die Neuschneemengen vom Seefelder Plateau bis ins Mariazellerland. Hier wurden Neuschneesummen gemessen, wie sie im Mittel nur alle 50 bis 100 Jahre auftreten, an einigen Standorten sogar noch seltener. Eine genauere Bestimmung der hohen Jährlichkeiten wird durch die Länge der Neuschnee-Messreihen begrenzt, die nur an wenigen Standorten über 100 Jahre hinausreicht. Die einzelnen Ereignisse (Phasen) brachten zwar jeweils hohe Neuschneesummen, deren mittlere Wiederholungszeiträume liegen aber meist nur zwischen einem und fünf Jahren. Für die Außergewöhnlichkeit des Gesamtereignisses sorgte die Aneinanderreihung von intensiven Einzelereignissen innerhalb kurzer Zeit.

Die Schneehöhen lagen zum Teil in der Nähe bestehender Rekorde, übertroffen wurden Schneehöhenrekorde aber nur vereinzelt bei kürzeren Messreihen. Äußerst bemerkenswert ist hingegen die Zunahme der Schneehöhen (Abb. 5, Abb. 6).

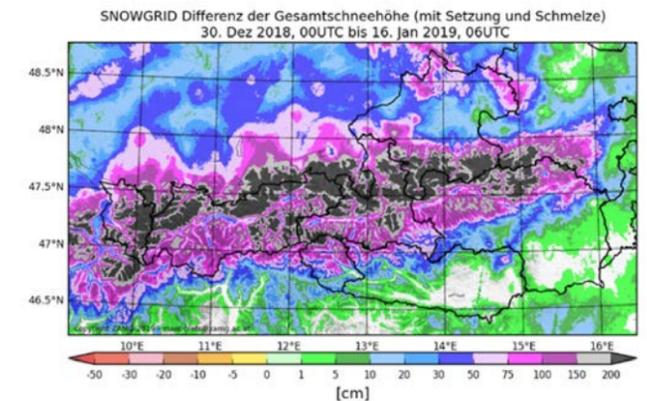


Abbildung 6: SNOWGRID, Differenz der Gesamtschneehöhe von 30.12.2018 bis 16.01.2019. © ZAMG

Tabelle 1: Neuschneesumme HNS von 30.12.2018-15.01.2019 (Rekorde bei Messwerten fett angegeben, in cm), return level RL (Jährlichkeit, in Jahren) und maximale Schneehöhe SH (in cm) während der Periode an ausgewählten Stationen.

	HNS	RL	max SH
Bregenz	71	5	45
Schröcken	348	<5	220
Holzgau	212	10	87
Seefeld	371	>100	186
Innsbruck	82	15	47
Achenkirch	245	30	126
Hochfilzen	521	>100	245
Lofer	305	>100	105
Bad Ischl	170	50	80
Admont	267	>100	116
Bad Mitterndorf	373	>100	150

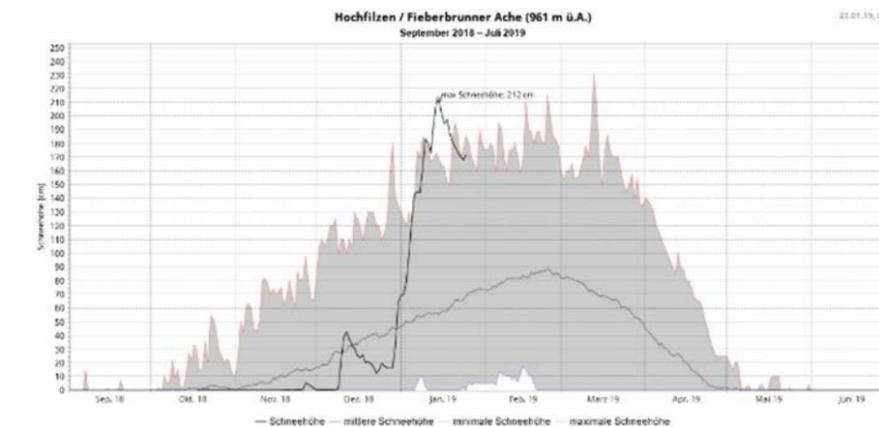


Abbildung 5: Schneehöhenverlauf bis Jänner 2019 Station Hochfilzen mit tagesaktueller Schneehöhe (schwarz gezogen), mittlerer langjähriger Schneehöhe (grau gezogen) und größte / kleinste jemals gemessene Schneehöhe (grau schraffiert). © HD Tirol

## Mai 2019 – außergewöhnlich nass und kalt

Nach eher trockenem und mildem Spätwinter / Frühjahr stellte sich die Wetterlage mit Ende April markant um, es konnte sich ausgehend von einem steuernden Tiefdruckzentrum über Skandinavien tiefer Luftdruck über Mitteleuropa etablieren. Dabei wurde immer wieder weitreichend subpolare Kaltluft einbezogen und zahlreiche Sekundärtiefentwicklungen sorgten für wiederholt auftretende intensive Niederschläge in Mitteleuropa. Aufgrund der vorherrschenden kalten Luftmassen fielen diese oft bis deutlich unter 2000 m als Schnee. Diese Konstellation hatte bis zum Monatsende Bestand, sodass der Mai 2019 mit einer österreichweiten Temperaturabweichung von -2,6 Grad bzw. einer Niederschlagsabweichung von +57% von den Mittelwerten 1981-2010 (ZAMG 2019, Abb.7) bilanzierte. Zuletzt kälter war es im Mai in Österreich im Jahr 1991.

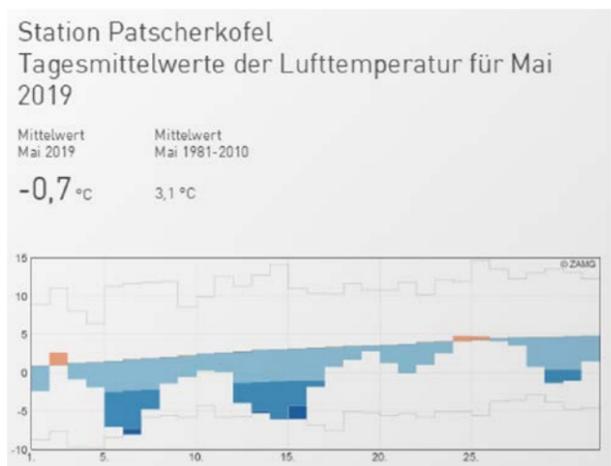


Abbildung 7: Station Patscherkofel, tägliche Temperaturabweichung im Mai 2019. © ZAMG

Dieser Monatsverlauf führte zu einem weiteren Anwachsen der Schneedecke in alpinen Lagen, während unterhalb von rund 2200 m die Ausaperung langsam, aber doch voranschritt. Die Schneehöhen an hoch gelegenen Messstationen erreichten die Maxima des Winters in der letzten Maidekade. Am Pitztaler Gletscher (2864 m) wurden 410 cm gemessen, der alte Rekord betrug 365 cm aus dem März 2000. 610 cm wurden auf der Zugspitze registriert, am selben Stationsstandort wurde nur einmal im Mai gleich viel Schnee gemessen, nämlich 1999 nach dem extremen Winter und dem damaligen »Pfungsthochwasser«.

## Juni 2019 – Heiß mit Hochwasser

Exakt mit Monatswechsel stellte sich die Großwetterlage markant um, charakteristisch blieb allerdings die große Beständigkeit derselben. Hoher Luftdruck mit oft südlicher Anströmung etablierte sich über dem Alpenraum, heiße subtropische Luftmassen wurden advehiert. Der Juni 2019 wurde der heißeste Juni seit Aufzeichnungsbeginn und brachte unter anderem in

Innsbruck einen neuen Temperaturrekord von 38,5 °C (Abb. 8). Der Monat fiel österreichweit um 4,6 Grad zu warm aus. Mit der bereits analysierten Vorgeschichte, welche in stark überdurchschnittlichen Schneehöhen im Gebirge (HD Tirol 2019) mit Anfang des Monats resultierte, hatten die hohen Temperaturen markante Folgen für den hydrologischen Verlauf an Flüssen, welche einen großen Anteil an (hoch)alpinen Einflussgebieten aufweisen. Namentlich betrifft dies in Österreich den Rhein sowie den Inn und auch die Salzach, wobei der Inn hier am stärksten betroffen war.

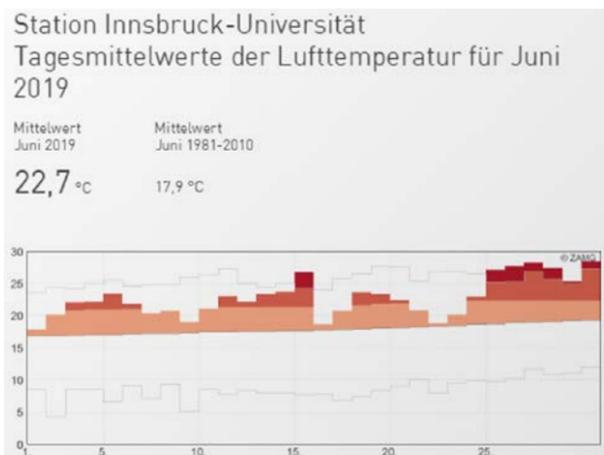


Abbildung 8: Station Innsbruck, tägliche Temperaturabweichung im Juni 2019. © ZAMG

Die Nullgradgrenze stieg weit über 4000 m, sodass auch im Bereich der höchsten Gipfel sich der Schmelzprozess während der Nachtstunden fortsetzte, besonders aufgrund der teils bewölkten Nächte. Regionale Schauerstätigkeit mit einer leicht intensiveren Staffel in der Nacht vom 11. auf 12.06. im Bereich des westlichen Alpenhauptkammes verschärfte die Situation zusätzlich, auch wenn die Niederschlagsmenge flächig nur 10 bis 20 mm betrug (HD Tirol 2019, MeteoSchweiz2019).

Den größten Teil des Abflusses stellte der Schmelzwasser eintrag. So ging die Schneehöhe zum Beispiel an der Station Pitztaler Gletscher (2864 m) von 01.06. bis 30.06. von 360 auf 165 cm zurück, was einer Schmelzrate von 6,5 cm pro Tag entspricht. Bei einer für die Jahreszeit und Höhenlage konservativ angenommenen typischen Schneedichte von 450 kg/m<sup>3</sup> (Jonas 2009) entspricht dies einem Niederschlagsäquivalent von 30 mm pro Tag auf die jeweils schneebedeckte Fläche des Einzugsgebietes. Besonders in der ersten Monathälfte machte diese Fläche noch einen großen Prozentsatz aus (HD Tirol 2019).

So stieg der Pegel des Inn in Innsbruck bereits vor Eintreten der angesprochenen Schauerstätigkeit an die HQ30-Marke. Der zusätzliche Faktor Regen wurde dann im Laufe des 12.06. relevant, wodurch der Pegel mit 635 cm in den Bereich von

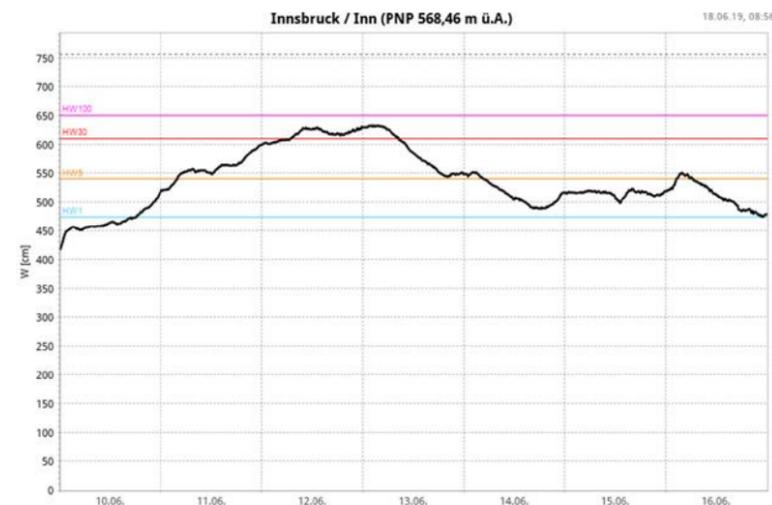


Abbildung 9: Pegelverlauf des Inn (cm) in Innsbruck Mitte Juni 2019. © HD Tirol

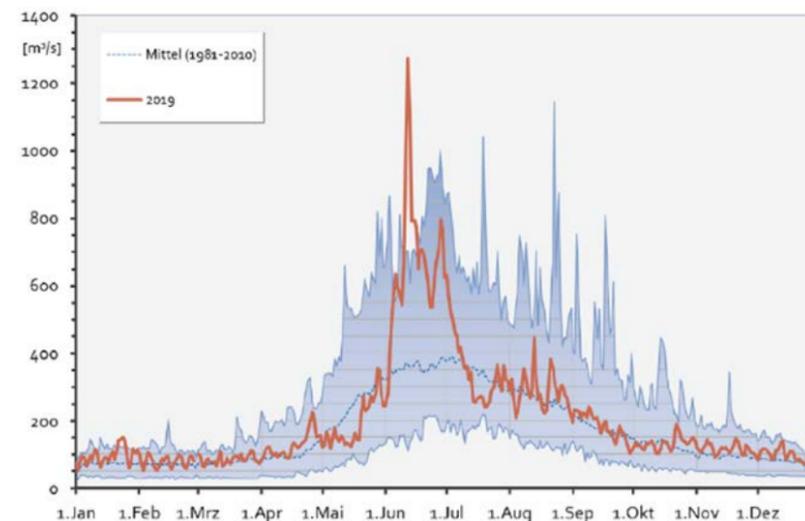


Abbildung 10: Tägliche Abflussfracht des Inn (m<sup>3</sup>/s) in Innsbruck Jahr 2019. © BMLRT

HQ50 anstieg (Abb.9, HD Tirol 2019). Aufgrund des Rückganges der Schneebedeckung und trockenen Verhältnissen, welche auch wieder ein leichtes Gefrieren der Schneedecke in den Hochlagen während der Nachtstunden zuließen, sanken die Pegel wieder ab, blieben aber auf hohem Niveau zwischen HQ1 und HQ10.

Der Inn erreichte in Innsbruck mit rund 1300 m<sup>3</sup>/s am 13.06. den höchsten Wert der Tagesabflussfracht seit Beginn der Aufzeichnungen 1951 (HD Tirol 2020 und Abb. 10). Dieser Wert liegt sogar knapp 10% über dem beim Augusthochwasser 2005 erreichten Wert. Da der Pegel bis Anfang Juli kaum unter die HQ1-Schwelle fiel, wurde auch ein neuer Rekord der mo-

natlichen Abflussfracht erreicht. In Anbetracht einer in Tirol mit -62% stark negativen monatlichen Niederschlagsbilanz ist dies umso bemerkenswerter.

Eine Folge davon war ein stark ansteigender Grundwasserspiegel, der im Bereich der Talsohle insbesondere des Inn-tals über das Oberflächenniveau anstieg, Überflutungen waren das Resultat.

Auch Flüsse wie Rhein und Salzach erreichten hohe Abflusswerte, waren aber nicht derart außergewöhnlich wie am Inn (BMLRT 2019).

## Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Nachhaltigkeit & Tourismus, BMLRT (2019). Hydrographische Übersicht - Juni 2019.

Hydrographischer Dienst HD Tirol (2019). Hydrologische Übersicht - Juni 2019. Land Tirol/Hydrographischer Dienst HD Tirol (2020). Hydrologische Übersicht - Jahr 2019. Land Tirol.

Jonas, T. et al (2009). Estimating snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps. SLF Davos. Journal of Hydrology 378.

MeteoSchweiz 2018. Klimabulletin Oktober 2018. Zürich.

MeteoSchweiz 2019. Klimabulletin Oktober 2019. Zürich.

Radlherr A., Winkler M. und Bauer M. (2019). Meteorologische Analyse der intensiven Schneefallperiode im Jänner 2019. Journal für Wildbach-, Lawinen- Erosions- und Steinschlagschutz, Heft 183, Jg. 83. Innsbruck.

ZAMG Klimaforschung (2019). Österreichisches Klimabulletin - Jahr 2019. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien.

## Kapitel 6

# Massen- bewegungen



# »Gehen oder Bleiben« – existenzielle Entscheidungen, erzwungen von Massenbewegungen

MICHAEL MÖLK, DANIELA ENGL,  
THOMAS SAUSGRUBER

Organisation(en):

Wildbach- und Lawinerverbauung, Fachzentrum Geologie und Lawinen

michael.moelk@die-wildbach.at, daniela.engl@die-wildbach.at,  
thomas.sausgruber@die-wildbach.at

## Abstract

Massenbewegungen und ihre Auswirkungen im besiedelten Gebiet stellen die betroffene Bevölkerung, die zuständigen Behörden und die Politik oft vor schwerwiegende Entscheidungen. »Bleiben« trotz Gefahrenprozess bedeutet, oft beträchtliche Geldmittel für Schutzmaßnahmen zu investieren. Solche, meist technische Maßnahmen, können das Schadensrisiko für Menschen und Objekte in der Regel lediglich reduzieren, nicht aber vollständig beseitigen. In diesem Spannungsfeld werden in Österreich meist Rentabilitätsbetrachtungen angestellt, welche einerseits die Kosten der Schutzmaßnahme, andererseits die damit erreichbare Reduktion des Schadensrisikos bewerten. Schutzmaßnahmen, die mehr kosten als sie Schaden reduzieren, werden in der Regel als unrentabel angesehen und nicht umgesetzt. Dann heißt es für die Betroffenen »Gehen«, d. h. sie werden abgesiedelt. Problematisch an dieser Betrachtung ist, dass es häufig schwierig bis un-

möglich ist, verbindliche und korrekte Aussagen zur Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen zu treffen. So kann es vorkommen, dass hohe Investitionen getätigt werden und der erhoffte Effekt der Stabilisierung bzw. Reduktion des Schadensrisikos nicht im erforderlichen Ausmaß eintritt. Zudem ist die Praxis von quantitativen Risikoanalysen ein in Österreich bei Naturgefahren selten angewandtes Werkzeug. Solche Risikoanalysen erlauben eine szenarienabhängige Betrachtung der Kosten von Schutzmaßnahmen in Relation zum verhinderten Schaden (vgl. z. B. Engl 2015 und ÖGG 2014, Poisel et al 2012), idealerweise unter Berücksichtigung des monetären Wertes von Personenschäden. Eine solche Validierung von Menschenleben ist in Österreich jedoch unüblich bzw. fehlen hierzu politische bzw. gesellschaftliche Vorgaben, wie sie beispielsweise die Schweiz hat (vgl. Bründl et al 2009).

## Einleitung

Anhand von vier Fallbeispielen aus der Praxis des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) wird ein Bogen von den Prozessen Steinschlag, Fels- bzw. Bergsturz bis zu tiefgründigen Massenbewegungen gespannt, und das oben angesprochene Spannungsfeld dargestellt.

## Steinschlag

Durch ein kleineres Felssturzereignis mit einigen Kubikmetern Abbruchkubatur im April 2011 wurde ein gerade renoviertes, ca. 400 Jahre altes Bauernhaus durch einen 2 m<sup>3</sup> großen Sturzblock stark beschädigt. Personenschäden waren nicht zu beklagen. Nach einer ersten Beurteilung durch die Behörden wurde das Gebäude evakuiert und die umliegende Infrastruktur gesperrt. Im Rahmen einer ausführlichen Risikoanalyse wurde seitens der WLV untersucht, ob bei weiteren Steinschlägen mit konventionellen Schutzmaßnahmen (Steinschlagschutznetze) die Schadenswahrscheinlichkeit auf ein akzeptables Maß (vgl. ÖGG 2014) reduziert werden kann.

Diese Risikoanalyse ergab (vgl. Sausgruber et al 2012), dass das Restrisiko mit vertretbarem Aufwand ausreichend reduziert werden kann (Kosten-Nutzen-Analyse). Aufgrund der nachhaltigen Traumatisierung der Bewohner durch das Ereignis wurde das Gebäude dennoch abgesiedelt und ein Bauverbot für den Gefährdungsbereich erlassen.

## Bergsturz

Bei einem Bergsturz im Dezember 2017 mit ca. 120.000 m<sup>3</sup> Abbruchkubatur wurde eine im Talboden gelegene Landesstrasse meterhoch mit Sturzmaterial verschüttet. Knapp vor den nahegelegenen Wohngebäuden machte der Bergsturz halt. Personenschäden waren aufgrund von glücklichen Umständen nicht zu beklagen. In der Folge wurden intensive Diskussionen in Hinblick auf mögliche Maßnahmen geführt. Tiefgreifende, frische

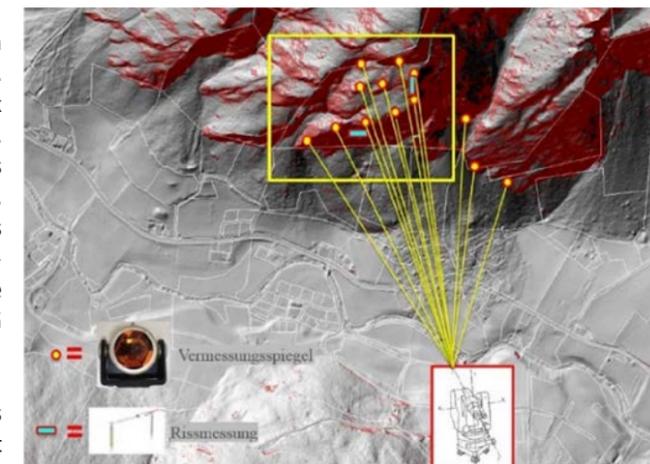


Abb. 2: Monitoringsystem Bergsturz

Risse im Abbruchgebiet mit bis zu 20 m Länge lassen weitere Nachbrüche wahrscheinlich erscheinen. Zur Vertiefung des Prozessverständnisses und Schaffung von Beurteilungsgrundlagen wurde ein umfangreiches Mess- und Warnsystem installiert. Die betroffene Landesstrasse wurde nach den Räumarbeiten zunächst provisorisch geschützt, anschließend wurde eine Neutrassierung mit größerem Abstand zum Abbruchgebiet realisiert.

Da das Monitoring in der Felsflanke bislang nur lineare, vergleichsweise langsame Verformungen detektiert, können die Bewohner der potentiell gefährdeten Wohngebäude vorerst bleiben. Bergseits der Wohngebäude wurden seitens der WLV große Schutzdämme errichtet, welche jedoch lediglich Schutz vor größeren Steinschlag- bzw. Felssturzereignissen, nicht aber einem neuerlichen Bergsturz bieten können. Potentielle größere Abbruch-Szenarien wurden deshalb mithilfe von Massensturzmodellierungen hinsichtlich Sturzreichweiten und –ablagehöhen simuliert. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für ein maßgeschneidertes Monitoringprogramm, mit dem die Talflanke weiterhin beobachtet und ein Sicherheitskonzept gesteuert wird.



Abb. 1: Steinschlag: Schadblock 2011 und Sachschaden am Gebäude

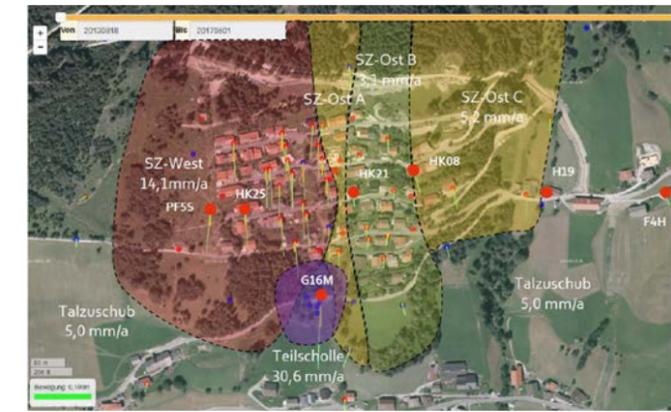


Abb. 3: Schutzzungen des Erd- und Schuttstromes mit differenzierten Geschwindigkeiten

### Tiefgründiger Erd- und Schuttstrom

Im Bereich einer Siedlung mit mehr als 80 Wohnhäusern wurde nach dem Auftreten von Gebäudeschäden festgestellt, dass die Siedlung auf einem tiefgründigen, sich langsam bewegenden Erd- und Schuttstrom errichtet wurde.

Aufgrund beträchtlicher Sachwerte, die von den Untergrundbewegungen bedroht waren, wurde ein umfassendes Monitoring- und Erkundungsprogramm installiert und gestartet. Dabei zeigte sich eine eindeutige Korrelation zwischen hohen Hangwasserspiegel- bzw. Porenwasserdrücken und den Bewegungsraten des Untergrunds. In der Folge wurde ein umfangreiches Maßnahmenpaket zur Regulierung des Hangwasserhaushaltes umgesetzt (Gesamtprojektkosten Stand 2020 ca. 8,5 Mio. €). Die umgesetzten Maßnahmen führten zu einer signifikanten Reduktion der Untergrundbewegungen (vgl. Hofmann & Sausgruber 2017 bzw. Sausgruber & Engl 2019) und lassen aus derzeitiger Sicht einen weiteren Bestand der Siedlung zu.

rückgeführt. Nachdem zwei neu errichtete Wohngebäude innerhalb weniger Jahre ebenso fortschreitende Schäden aufwiesen, wurde die WLV zwecks Beurteilung der Situation beigezogen. Mittels Geländeaufnahme, Auswertung von Fernerkundungsdaten, Untergrunderkundung und Monitoring konnten die Hangbewegungen verifiziert und im Detail charakterisiert werden (Engl 2018).

Die Bewegungsaktivität korreliert mit dem Grundwasserhaushalt des Hanges. Entwässerungsmaßnahmen sind nicht unmittelbar möglich, da die Wasserversorgung der einzelnen Gebäude über private Einzelwasserversorgungsanlagen (Hausquellen) bewerkstelligt wird, welche ihrerseits vom örtlichen Grundwasser gespeist werden. Derzeit werden die Machbarkeit und Kosten einer öffentlichen Trinkwasserversorgung einerseits und der potentiellen Entwässerungsmaßnahmen andererseits geprüft und evaluiert. Hier ist noch offen, ob es heißt: Gehen oder Bleiben.

### Literaturverzeichnis

Bründl, M. et al: Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Teil A: Allgemeine Darstellung des Risikokzeptes. PLANAT 2009.

Engl, D. (2015): Anwendung von 3D-Simulationen für die szenarienbasierte Risikobewertung von Steinschlag. WLV-Bericht, 64 S.

Engl, D. (2018): Aktueller Kenntnisstand Hangbewegungen Vögelsberg, Gemeinde Wattens. WLV-Bericht, 39 S

Hofmann, R., Sausgruber, J.T. (2017): Creep behaviour and remediation concept for a deep-seated landslide, Navistal, Tyrol, Austria. Geomechanics and Tunneling, 10, 59-73.

Österreichische Geomechanische Gesellschaft ÖGG (2014): Empfehlungen für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich, 24 S.

Poisel, R., Hofmann, R. & Mölk, M. (2012): Risikobewertung als Basis für Investitionsentscheidungen. Geomechanics & Tunneling 5 (2012) No 5, S 597-604

Sausgruber, J. T., Mölk, M., Schreiner, I. (2012): Evacuation or protection? Risk analysis as tool for decision making in the case of a residential building endangered by rockfall. Geomechanics and Tunneling, 4, 355-367.

Sausgruber, T. und Engl, D. (2019) Hangbewegungen Kerschbaumsiedlung, Gemeinde Navis – Monitoring-Zwischenbericht Nr. 4. WLV-Bericht, 31 S.

### Tiefgründige Rutschung

In einem vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebiet mit Streusiedlungscharakter traten massive Schäden an Wohn- und Wirtschaftsgebäuden auf. Von den Bewohnern wurden die Schäden zunächst auf schlechte Fundierungen zu-

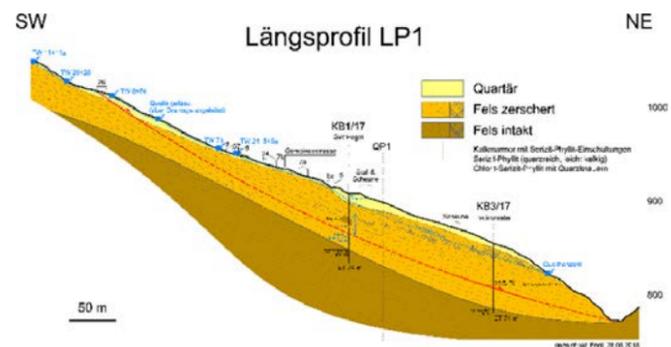


Abb. 4: Geologisch-geotechnischer Schnitt durch die Massenbewegung

# Monitoring und Quantifizierung von Naturgefahrenprozessen mittels Unmanned Aerial Vehicle und Structure from Motion

NICOLE KAMP<sup>1</sup>, PETER ONDRICH<sup>2</sup>, PAUL KRENN<sup>3</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup>Land Steiermark, Abteilung 17 – Referat Statistik und Geoinformation

<sup>2</sup>Land Steiermark, Abteilung 10 – Landesforstdirektion

<sup>3</sup>Universität Graz – FWF Dokoratskolleg Klimawandel und Institut für Geographie und Raumforschung

[nicole.kamp@stmk.gv.at](mailto:nicole.kamp@stmk.gv.at), [peter.ondrich@stmk.gv.at](mailto:peter.ondrich@stmk.gv.at), [paul.krenn@uni-graz.at](mailto:paul.krenn@uni-graz.at)

## Abstract

Seit 2018 wird bei der Landesforstdirektion des Landes Steiermark ein Unmanned Aerial Vehicle (UAV, alternativ: Drohne) von der Marke DJI Matrice 200 mit einer hochauflösenden Zenmuse X4S Kamera und einem integrierten GPS-System für das Monitoring von Schäden verursacht durch Naturkatastrophen oder Borkenkäfer eingesetzt und seit 2019 mittels der photogrammetrischen Prozessierungssoftware Agisoft Metashape zu Geodaten weiterverarbeitet. Die prozessierten Modelle werden in das bestehende webGIS-System des Landes integriert und somit den Anwenderinnen und Anwendern innerhalb kürzester Zeit für weitere Analysen zur Verfügung gestellt.

Structure from Motion (SfM; alternativ: Dense Image Matching) ist eine Range Imaging-Technik, die es ermöglicht aus zweidimensionalen Bilddaten dreidi-

mensionale Punktwolken und Modelle zu berechnen. SfM ist ein Begriff aus der Computervision und steht für das Detektieren von Punkten bzw. Strukturen in unterschiedlichen Bildserien, die aus unterschiedlichen Richtungen relativ zur untersuchten Fläche/ zum untersuchten Objekt aufgenommen wurden (e.g. Westoby et al., 2012; James und Robson, 2012; Fonstad et al., 2013). Diese Technik und die zugrundeliegenden mathematischen Algorithmen entstanden während der Etablierung der »traditionellen« Photogrammetrie. Durch die Kombination von photogrammetrischen Methoden und leistungsstarker Hardware können nun durch den Einsatz digitaler Bildverarbeitung Orthophotos, Oberflächenmodelle (DOM) und 3D Punktwolken generiert werden.

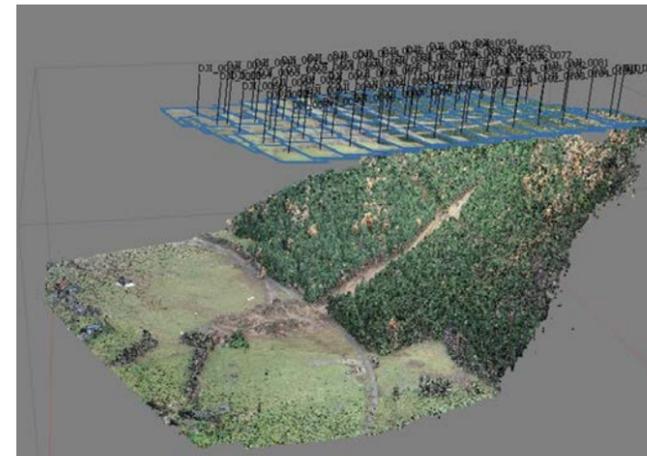


Abbildung 1. UAV-Aufnahme von der 1 ha großen Rutschung in Stadl-Predlitz [links oben]; mit Agisoft Metashape berechnete Punktwolke [links unten] und Ergebnisse der Veränderungsanalyse (GCD) ALS-Geländemodell 2012 und UAV-Oberflächenmodell [rechts] (Quelle: Ondrich & Kamp, 2019)

Ein trockener Oktober und außerordentliche Niederschlagsmengen (zuerst Schnee, dann Regen) in der ersten Novemberhälfte 2019 führten im Bezirk Murau (Stadl-Predlitz und St. Georgen am Kreischberg) zu Hochwasser- und Rutschungsereignissen. Im Beobachtungszeitraum vom 19. Oktober bis 17. November 2019 konnten für die Einzugsgebiete des Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) durch eine standardisierte Auswertung der INCA-Daten der ZAMG in höheren Lagen Niederschlagssummen von 200 bis 250 mm ermittelt werden. Durch die großen Niederschlagssummen in den Tagen vor dem Ereignis (ca. 110 – 130 mm) und die daraus resultierende hohe Vorbefeuchtung des Bodens, kam es an einem nordexponierten Hang in der Gemeinde Stadl-Predlitz, Bezirk Murau, durch einen konzentrierten Zufluss aus Erschließungswegen zu einer ca. 1 ha großen Rutschung (siehe Abbildung 1). Das Rutschungsmaterial verlegte Teile der Murtal-Landesbahn, staute den Urlbach kurzzeitig auf und beschädigte in weiterer Folge ein nahegelegenes Wohnhaus. (WLV, 2019).

Um Schaden, Rutschungsfläche und Kubatur (inkl. Holz) zu quantifizieren, wurde unmittelbar nach dem Ereignis von der Landesforstdirektion Steiermark eine UAV-Befliegung durchgeführt (siehe Abbildung 1). Die Aufnahmen wurden mit Agisoft Metashape prozessiert und mithilfe von Airborne Laserscanning (ALS)-Daten aus dem Jahr 2012 referenziert. Die frei verfügbare Geomorphic Change Detection (GCD)-Software des Riverscape Consortiums wurde verwendet, um topografischen Veränderungen zu detektieren und die Kubatur der Rutschungsmasse zu berechnen. Mit Unsicherheiten von +/- 30 % können ca. 13 000 m<sup>3</sup> (inkl. Holz) dem Ereignis zugeordnet werden. Das Ergebnis der GCD-Analyse konnte anhand von WLV-Daten (rund 10.000 m<sup>3</sup> an Material und ca. 1.500 Schüttraummeter Schadholz wurden mit LKWs abtransportiert) verifiziert werden (WLV, 2019). Das Fallbeispiel von Stadl-Predlitz bestätigt die Anwendbarkeit von SfM und GCD für das Monitoring und die Quantifizierung von Naturgefahrenprozessen. Innerhalb kürzester Zeit können mit geringem Aufwand und geringen Kosten und ohne Menschen zu gefährden Modelle erstellt, ausgewertet und brauchbare Ergebnisse erzielt werden.

## Literatur

Fonstad M.A, Dietrich J.T., Courville B.C., Jensen L. und Carbonneau P.E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms* 38(4): 421–430.

James M.R. und Robson S. (2012). Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application. *Journal of Geophysical Research* 117(F3): F03017.

Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., und Reynolds J.M. (2012). «Structure-from-Motion» photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology* 179: 300–314.

Wildbach- und Lawinerverbauung (2019). KAT Oberes Murtal. Kurzbericht 02. Dez. 2019. Forsttechnischer Dienst der WLV - Gebietsbauleitung Steiermark West.

# Monitoring und Frühwarnung von Murgängen – Vergleichsanalyse und Einsatzoptimierung eines Puls-Kompressionsradars

TOBIAS SCHÖFFL, GEORG NAGL,  
JOHANNES HÜBL

Organisation(en):

BOKU, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Alpine Naturgefahren

tobias.schoeffl@boku.ac.at, georg.nagl@boku.ac.at, johannes.huebl@boku.ac.at

## Abstract

Das Prozessverständnis von Murgängen stellt einen zentralen Aspekt bei dem Schutz vor dieser Naturgefahr da. Die Fließgeschwindigkeit ist dabei ein wichtiger Parameter und findet zum Beispiel Eingang bei der Dimensionierung von Schutzbauwerken, beim technischen Gebäudeschutz, sowie bei Frühwarnsystemen. Die Messung der Oberflächengeschwindigkeit im Feld welche als maximal auftretende Geschwindigkeit innerhalb eines Murgangs angesehen wird, bildet daher ein essentielles Glied in der Verkettung von fundamentaler Prozessforschung und angewandtem Schutz vor Naturgefahren. Eine berührungsfreie Messung der Oberflächengeschwindigkeit eines Murganges hat sich in den letzten Jahren durch Weiterentwicklung verschiedenster Technologien wie in der Hochfrequenz- und Videotechnik deutlich verbessert. Das Hochfrequenz-Radar (HF-Radar) besitzt ein breites Einsatzspektrum für Massenverlagerungsprozesse wie Murgänge, Lawinen und Stein- und Blockschlag. Darunter fällt

auch die Messung der Oberflächengeschwindigkeit. Im Einsatz befindet sich der Typ des HF-Radar neben der Monitoringstation am Lattenbach (Pians, Tirol) seit 2011, auch bei der Messstation am Gadriabach seit 2018 (Südtirol, Italien). Am 26. Juli 2019 konnte ein Murgang in Gatria mit dem HF-Radar und der HD-Videokamera aufgezeichnet werden. Um aus dem Videomaterial Oberflächengeschwindigkeitsdaten zu erhalten, wurde es mittels Digital Particle Image Velocimetry im frei zugänglichen ADD-On »PIVlab« in der Software MATLAB analysiert und ausgewertet. Im August 2020 erfolgten drei weitere erfolgreiche Aufzeichnungen von Murgängen. Mit der Vergleichsanalyse konnte das System auf den Einsatz speziell auf Murgänge validiert und optimiert werden. Die dritte, mobile Version des HF-Radars wurde als Frühwarnsystem am Dawinbach (Stengen, Tirol) im Juli 2020 als Teil eines Frühwarnsystems installiert.

## Einleitung

Das Institut für Alpine Naturgefahren hat derzeit drei Hochfrequenz-Radar Einheiten im Einsatz. Bei der Monitoringstation am Lattenbach in Tirol konnten seit 2011 zwölf Murgänge erfolgreich detektiert und gemessen werden (Hübl 2018). Aus den gewonnenen Daten wurde ein speziell für den Prozess ausgelegter Alarmierungsalgorithmus entwickelt (Koschuch 2015) Mit der Installation bei einer weiteren Monitoringstation beim Gadriabach in Südtirol konnte das HF-Radarsystem durch weitere Messungen von Murgängen und Vergleichsanalysen zunehmend optimiert werden. Besonders der Vergleich mit den Oberflächengeschwindigkeitsdaten, die aus der Auswertung von Videomaterial mittels Digital Particle Image Velocimetry (DPIV) gewonnen wurden, trug wesentlich zu den gewonnenen Erkenntnissen bei. Seit Juli 2020 befindet sich das dritte mobile HF-Radar im Einsatz. Am 31. August 2019 wurde der Ortsteil Klaus der Gemeinde Stengen (Tirol) von einem Murgang schwer getroffen. Es kam dabei glücklicherweise nur zu Sachschäden. In Zusammenarbeit mit der Wildbach- und Lawinerverbauung und dem IBTP Koschuch wurde ein Frühwarnsystem bestehend aus dem mobilen HF-Radar und einem Reißleinen-system installiert.

## Funktionsprinzip und Spezifikationen

Das HF-Radar strahlt ein keulenförmiges elektromagnetisches Feld aus. Die Sendefrequenz dieses Felds befindet sich dabei im X-Band (10,1 – 10,3 GHz). Die Geschwindigkeit eines Ziels kann dabei über den Doppler-Effekt berechnet werden. Durch die Frequenzbestimmung eines reflektierten Signals lässt sich die Dopplerverschiebung  $f_D$  definieren. Über diese Verschiebung kann die relative Radialgeschwindigkeit  $v_{rel}$  des Ziels ermittelt werden (Koschuch 2015).

$$f_D = f_r \pm f_0 \text{ [Hz]} \quad (1)$$

$f_0$  ... Frequenz des gesendeten Signals  
 $f_r$  ... Frequenz des zugehörigen Echos

Die Dopplerverschiebung ergibt sich aus der Funktion der Wellenlänge des gesendeten Signals  $\lambda$  und der relativen Radialgeschwindigkeit des Ziels  $v_{rel}$ .

$$f_D = \frac{-2v_{rel}}{\lambda} \text{ [Hz]} \quad (2)$$

Wobei sich  $\lambda$  über  $\lambda = \frac{c}{f_0}$  definiert und  $c$  die Lichtgeschwindigkeit ist. Berücksichtigt man den Antennenöffnungswinkel  $\theta$  setzt für  $\lambda$  ein und formt nach  $v_{rel}$  um, so erhält man:

$$v_{rel} = \frac{cf_D}{2f_0 \cos \theta} \text{ [m/s]} \quad (3)$$

Das HF-Radar besitzt zwei Sendeverfahren. Das erste System ist das des einfach gepulsten Radars. Die Signale werden durch eine Amplitudenmodulation in eine Rechteckform umgewandelt. Die Sendung der Signale erfolgt gepulst und in zusammenhängenden Reihen (Skolnik 2008). Die Anzahl der gesendeten Pulse pro Sekunde wird als pulse repetition frequency (PRF) [Hz] bezeichnet. Das HF-Radar weißt eine PRF von bis zu 90

kHz auf. Bildet man den Kehrwert erhält man das pulse repetition interval (PRI). Das PRI [s] setzt sich aus der Sendedauer eines Pulses  $\tau$  und der Zeit, die vergeht, bis der nächste Puls gesendet wird zusammen (Alabaster 2012).

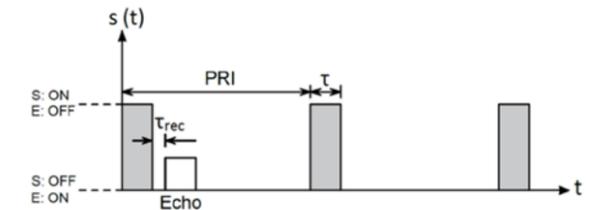


Abbildung 1: Einfache Pulsfolge mit Pulsdauer  $\tau$  und dem pulse repetition interval (PRI) (nach Alabaster 2012).

Durch das gepulste Sendeverfahren wird ein Hang somit zu diskreten Zeitpunkten mit elektromagnetischen Wellen bestrahlt. Dabei entspricht eine Rangegatelänge  $r_{RG}$  genau der räumlichen Pulslänge und kann in mehrere Rangegates (RG) eingeteilt werden. Die Rangegatelänge ist daher wie folgt definiert:

$$r_{RG} = c\tau \text{ [m]} \quad (4)$$

Beim einfachen Puls kann das Echo erst detektiert werden, sobald der Empfänger eingeschaltet wurde (Abbildung 1). Dazu muss das Pulssignal den Sender zur Hälfte verlassen haben. Ein weiterer Faktor spielt die Erholungszeit  $\tau_{rec}$ , die der Zirkulator oder Oszillator benötigen um gänzlich umzuschalten. Aus diesem Grund kommt es zu einem blinden Bereich (blind) direkt vor dem Radar (Alabaster 2012).

Bei der zweiten Sendeform wird der gesendete Puls durch eine Phasenumtastung moduliert und einem Binärcodeschema (Barker-Code) zugeordnet. Durch Phasenumtastung die Pulsdauer  $\tau$  in Subpulse mit der Dauer  $\tau_c$  aufgesplittet werden (Abbildung 2). Die sogenannte Sendeform der Pulskompression bietet Vorteile hinsichtlich eines geringeren Stromverbrauchs und besserer Detektionseigenschaften (Mahafza 2013). Ein Nachteil besteht jedoch bei Nahbereichsmessungen durch einen erhöhten Blindbereich. Der Empfänger kann erst eingeschaltet werden, sobald die gesamte Pulsfolge den Sender verlassen hat (Ludloff 2009).

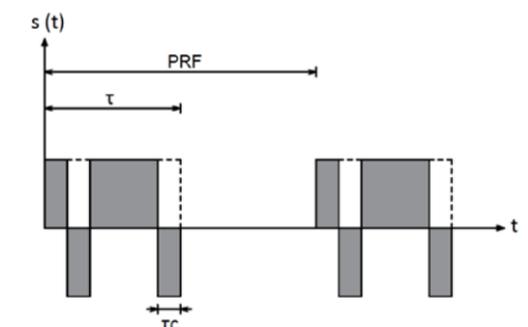


Abbildung 2: Beispiel einer Signalfolge mit Pulskompression

Das HF-Radar weißt eine maximale Reichweite von 2500 m auf, wobei Geschwindigkeiten zwischen 1 und 300 km/h detektiert werden können (Koschuch 2015).

## Einsatz als Monitoringsystem / Gadriabach

Der Begriff Monitoring definiert sich durch eine ständige Beobachtung oder Kontrolle eines Prozesses oder eines Systems (Hübl und Matjaž 2014). Hinsichtlich eines alpinen Massenverlagerungsprozesses lassen sich nach Hübl und Matjaž (2014) drei Ziele formulieren:

- Durch die dauerhafte Beobachtung werden Daten gewonnen und diese werden in weiterer Folge dazu verwendet um Modelle zu entwickeln, zu testen oder zu kalibrieren. Auch wenn dieses Ziel auf den ersten Blick rein wissenschaftlich motiviert scheinen mag, bildet es jedoch die Grundlage für alle später folgenden praktischen Anwendungen.

- Die Erstellung und Erkennung von Schwellenwerten können dazu verwendet werden in den laufenden Prozess einzugreifen. Bei Murgängen könnte zum Beispiel eine Querschnittsänderung bei einem Retentionsbauwerk herbeigeführt werden, um in Folge den Abfluss zu regulieren.

- Bei Überschreitung von Schwellenwerten kann neben dem direkten Eingriff ein Frühwarnsystem in Form eines Alarmsystems eingesetzt werden.

Der Gadriabach eignet sich durch die außerordentlich hohe Frequenz an Murgängen über die Sommermonate (durchschnittlich 1 bis 2) besonders zum Monitoring. Er liegt in der autonomen Provinz Bozen in Südtirol und weist ein Einzugsgebiet von ca. 6,3 km<sup>2</sup> auf. Das Amt für Bevölkerungsschutz und die Freie Universität Bozen begannen 2011 mit der Installation von Abflusssensoren, Niederschlagswippen, Geophonen und Kameras (Comiti 2014). Im Jahr 2016 wurde schließlich ein Forschungsbauwerk von der Universität für Bodenkultur in Zusammenarbeit mit dem Amt für Bevölkerungsschutz der autonomen Provinz Bozen im unteren Gerinnebereich errichtet (Nagl 2020).

Zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit wurde 2018 am Retentionsbauwerk ein HF-Radar installiert. Dabei können je nach Sendeverfahren und Rangegategrößen Geschwindigkeits-

daten von 9 bis 13 Rangegates erhoben werden (Abbildung 4). Um Vergleichswerte zu erhalten, sowie Korndurchmesser auch optisch bestimmen zu können wurde 2019 zusätzlich eine HD-Kamera mit Blick auf die Messstation eingerichtet (Abbildung 4).

Aus dem Videomaterial lässt sich mittels Particle Image Velocimetry (PIV) ebenfalls die Oberflächengeschwindigkeit von Murgängen berechnen (Theule 2018). Dabei können Pixelverschiebungen von Bild B zu Bild A entweder durch Kreuzkorrelation oder durch eine FFT-Analyse von Bildausschnitten verfolgt und in Geschwindigkeitsvektoren wiedergegeben werden (Thielicke und Buma 2014).

## Ergebnisse

Am 26. Juli 2019 und am 10. August 2020 konnte jeweils ein Murgang von der Kamera sowie vom HF-Radar vollständig aufgezeichnet werden. Die vergleichende Datenanalyse (Abbildung 5) wurde mit den Maximalwerten durchgeführt. Die Datensätze wurden zuerst auf einen Wert pro Sekunde gebinnt und danach mit dem Bestimmtheitsmaß R<sup>2</sup> (Abbildung 13 c.) auf ihren Zusammenhang geprüft. Das Sendeverfahren beim HF-Radar war zu diesem Zeitpunkt die der Pulskompression mit einer Rangegategröße von 15 m. Die beste Übereinstimmung mit den Geschwindigkeitswerten aus dem Video konnte erst nach einer Zeitverschiebung und Mittelung der Daten aus RG4/5 erzielt werden. Aus diesem Grund wurde ab dem Jahr 2020 auf das Sendeverfahren mit einfachem Puls (Abbildung 4) umgestellt. Im August 2020 kam es zu drei Murgängen, wovon alle erfolgreich vom HF-Radar detektiert und gemessen wurden. In Abbildung 6 sind vom Ereignis am 10. August 2020 signifikante Ausschnitte der vorlaufenden Welle a.) und der Murgang b.) dargestellt.

## Einsatz als Frühwarnsystem / Dawinbach

Durch den Murgang am 31. August 2019 kam es in der Gemeinde Strengen im Ortsteil Klaus zu 2-3 Meter mächtigen Verschüttungen der B-316 und Sachschäden an Häusern. Um ein solches Ausmaß bei einem weiteren Ereignis abzuwenden, startete die Wildbach- und



Abbildung 3: HF-Radar auf Retentionsbauwerk.

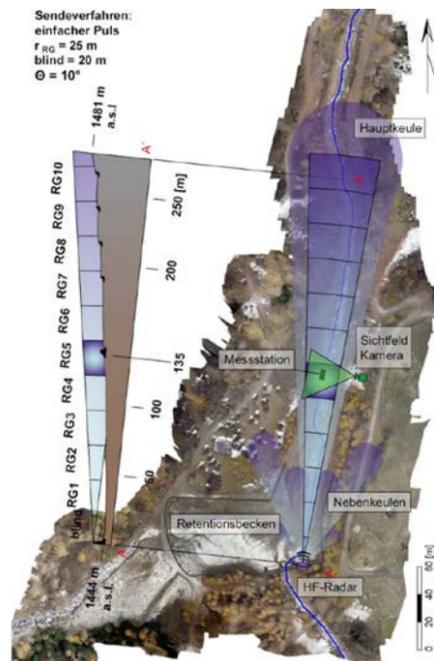


Abbildung 4: Teststätte am Gadriabach. Die Messstation befindet sich in RG5 und im Zentrum des Sichtfelds der Kamera. Die Haupt- und Seitenkeulen sind hier schematisch dargestellt.

Lawinerverbauung mit einer Verbauung. Diese beinhaltet eine Gerinneverlegung, um somit das Abflussprofil wesentlich zu vergrößern, außerdem wird die Landesstraßenbrücke von der STRABAG neu verlegt.

Da während der Errichtung der Verbauung das Risiko für den gefährdeten Straßenabschnitt, aber auch für die Arbeiter besonders hoch ist, wurde vom Institut für Alpine Naturgefahren und dem IBTP Koschuch ein Frühwarnkonzept entwickelt und umgesetzt.

Die Detektionssensoren (HF-Radar und Reißleine) wurden etwa 800 m bachaufwärts installiert. Dadurch ergibt sich im

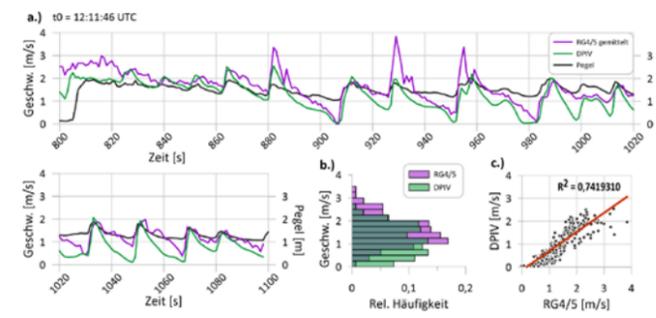


Abbildung 5: Datenvisualisierung des vollständig aufgezeichneten Murgangs bestehend aus mehreren Schüben vom 26. Juli 2020. a.) Maximaler Oberflächengeschwindigkeitsverlauf und Pegelkurve. b.) Vergleich der relativen Häufigkeit. c.) Regressionsgerade und Bestimmtheitsmaß.

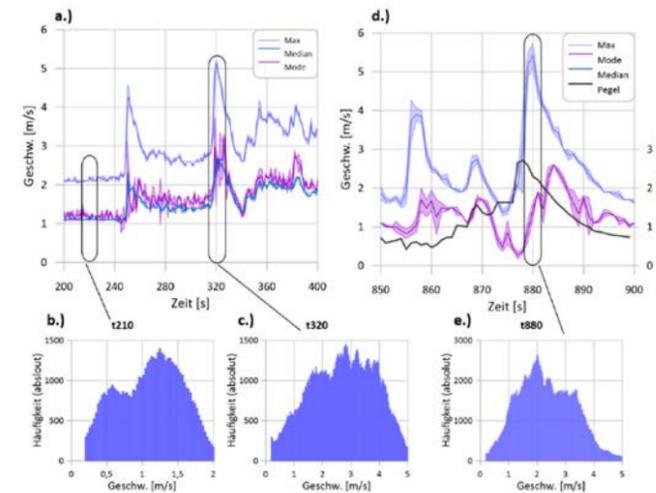


Abbildung 6: Signifikante Ausschnitte des Murgangs vom 10. August 2020. a.) Vorlaufende Wellen b.) Zeigt die Häufigkeitsverteilung bei normalem Abfluss und c.) die Verteilung einer Welle mit erhöhter Geschwindigkeitskonzentration. d.) Langsam eintreffende sehr grobblockige Murgangswelle (Pegel steigt stetig) wird von einer folgenden schnellen Welle überströmt. e.) Wesentlich höhere Häufigkeit (mehr reflektierte elektromagnetische Wellen) deutet auf einen großen sich bewegenden Körper hin.



Abbildung 7: HF-Radar mit »Blick« auf den Dawinbach.

Falle eines Ereignisses eine Reaktionszeit von 75-200 Sekunden (abhängig von der Fließgeschwindigkeit). Der gefährdete Bereich der Straße wird dabei durch eine mögliche Rot-Schaltung von drei Ampeln geregelt. Zur Baustellensicherung wurde eine Sirene an das System angeschlossen, die während den Arbeitszeiten vor der drohenden Gefahr mit einem akustischen Signal die Arbeiter warnen kann. Außerdem wird im Falle einer Detektion eine SMS-Kette verschickt, die über Prozessart und auslösendes System informiert.

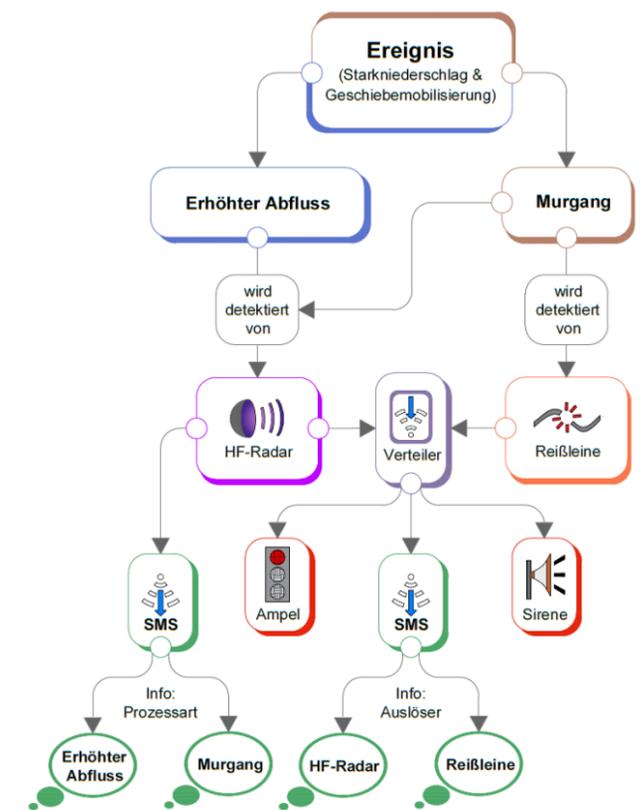


Abbildung 8: Fließdiagramm der einzelnen Komponenten des Frühwarnsystems am Dawinbach.

## Literaturverzeichnis

Alabaster, C. (2012): Pulse Doppler radar: Principles, technology, applications, Sci-Tech Publishing.

Comiti, F., Marchi, L., Macconi, P., Arattano, M., Bertoldi, G., Borga, M., Brardinoni, F., u. a. (2014): A New Monitoring Station for Debris Flows in the European Alps: First Observations in the Gadria Basin. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, 73 (3), S. 1175-98.

Hübl, J., Matjaž, M. (2014): Monitoring von Murgängen. *Wildbach- und Lawinenverbau*, 78 (Juli), S. 50-66.

Hübl, J., Schimmel, A., Koschuch, R. (2018): Evaluation of Different Methods for Debris Flow Velocity Measurements at the Lattenbach Creek. *Interpraevent 2018 - Conference Proceedings, Volume (1)*, S. 2-8.

Koschuch, R., Jocham, P., Hübl, J. (2015). One Year Use of High-Frequency RADAR Technology in Alpine Mass Movement Monitoring: Principles and Performance for Torrential Activities. *Engineering Geology for Society and Territory*, 3 (14), S. 69-72.

Ludloff, A. K. (2009): *Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung*. Vieweg+Teubner Verlag, 4. Auflage.

Mahafza, B. R. (2013): *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. Boca Raton, London: Taylor & Francis Inc., 3. Edition.

Nagl, G., Hübl, J., Kaitna, R. (2020): Velocity Profiles and Basal Stresses in Natural Debris Flows. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45 (8), S. 1764-1776.

Skolnik, M. I. (2008): *Radar Handbook*, Third Edition. New York: McGraw-Hill Education, 3. Auflage

Theule, J. I., Crema, S., Marchi, L., Cavalli, M., Comiti, F. (2018): Exploiting LSPIV to Assess Debris-Flow Velocities in the Field. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18 (1), S. 1-13.

Thielicke, W. (2014): *The Flapping Flight of Birds: Analysis and Application*. [S.l.]: [S.n.].

# Monitoring von gravitativen Massenbewegungen mittels terrestrischem Laserscanning und terrestrischer Radar-Interferometrie am Beispiel des Hüttschlag-Felssturzes

ERIK KUSCHEL<sup>1</sup>, ANNA SARA AMABILE<sup>2</sup>,  
WOLFGANG STRAKA<sup>3</sup>, GERALD VALENTIN<sup>5</sup>  
MARC OSTERMANN<sup>2</sup>, JOHANNES HÜBL<sup>4</sup>  
CHRISTIAN ZANGERL<sup>3</sup>

## Organisationen:

<sup>1</sup> Department für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich;

<sup>2</sup> Geologische Bundesanstalt, Abteilung Ingenieurgeologie, Wien, Österreich

<sup>3</sup> Institut für Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich;

<sup>4</sup> Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich;

<sup>5</sup> Landesgeologischer Dienst Salzburg, Salzburg, Österreich.

erik.kuschel@boku.ac.at, annasara.amabile@geologie.ac.at

## Abstract

Gravitative Massenbewegungen stellen, bedingt durch den steigenden Bedarf an Siedlungsraum und dem Klimawandel, zunehmend eine Bedrohung für Mensch und Infrastruktur in den Alpen dar. Das Langzeit-Monitoring von gravitativen Massenbewegungen ist jedoch oftmals schwierig, da die Installation von In-Situ-Messgeräten kostspielig und aufwendig ist. Für eine fundierte Gefahrenbeurteilung sind jedoch zeitlich und räumlich hochauflösende Daten erforderlich. Am Beispiel des Felssturzgebietes bei Hüttschlag (Salzburg) wird ein kombinierter Ansatz, bestehend aus terrestrischer Radarinterferometrie (GB-InSAR) und terrestrischem Laserscanning (TLS), getestet. 2019 ereigneten sich an einer ca. 100 m hohen Felswand bei Hüttschlag drei Felsstürze, wobei einzelne Blöcke mit Kubaturen von bis zu ca. 200m<sup>3</sup> den Talboden erreichten. Das Untersuchungsgebiet liegt in den Bündnerschiefern, die in diesem Bereich aus Kalkglimmerschiefern, Grünschiefern und Kalkphylliten aufgebaut sind. Im Rahmen einer ersten Testphase wurde mittels terrestrischer Radarinterferometrie von November 2019 bis Mai 2020 die Felsflanke des Abbruchgebietes auf aktuelle Hangdeformationen untersucht und mit terrestrischen Laserscans, die in regelmäßigen Intervallen durchgeführt wurden, ergänzt. Im Zuge dieses Beitrages werden I) der Aufbau des Monitoringsystems; II) dessen Implementation als Monitoring und Frühwarnsystem für verschiedene gravitative Naturgefahren; III) Vor- und Nachteile des Messsystems; und IV) die vorläufigen Ergebnisse zum Felssturz in Hüttschlag präsentiert.

## Einleitung

Gravitative Massenbewegungen, wie Felsstürze, Steinschläge, Rutschungen und Muren sind natürlich auftretende Prozesse in alpinen Räumen, insbesondere in den tief eingeschnittenen alpinen Tälern. Durch den steigenden Bedarf an Siedlungsraum und die Veränderung durch den Klimawandel besonders im Hochgebirge, stellen diese Prozesse zunehmend eine Bedrohung für Mensch und Infrastruktur in den Alpen dar. Vermehrt werden modernen Methoden des Risikomanagements (Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikosteuerung eingesetzt, um mit möglichst effizientem Aufwand ein annehmbares Maß an Sicherheit zu gewährleisten (Zangerl et al., 2008). Als Basis einer fundierten Risikoanalyse ist eine umfassende Gefahrenbeurteilung und Prozessanalyse durchzuführen, die neben anderen spatio-temporalen Daten besonders Deformationsmessungen mit einer adäquaten räumlichen und zeitlichen Auflösung benötigt. Das Langzeit-Monitoring und die Installation von Frühwarnsystemen im Bereich von extrem langsamen bis langsamen (mm bis wenige cm pro Jahr) gravitativen Massenbewegungen, gestaltet sich jedoch oftmals schwierig, da i) die Installation von In-Situ-Messgeräten oder geologischen Untergrunderkundungen zu gefährlich oder kostspielig sind und ii) etablierte Fernerkundungsmethoden nicht die notwendige Messgenauigkeit oder räumliche Auflösung besitzen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde daher für die Messung der andauernden Deformationen im Absturzgebiet

des Hüttschlag-Felssturzes ein Messsystem basierend auf i) terrestrischem Laserscanning (TLS) und ii) terrestrischer Radarinterferometrie (Gb-InSAR) installiert. In diesem Beitrag werden i) der Aufbau des Messsystems; II) der potenzielle Einsatz als Frühwarnsystem für Felsstürze; III) die Vor- und Nachteile des Messsystems; und IV) die vorläufigen Ergebnisse dieser Analysen präsentiert.

## Der Hüttschlag-Felssturz

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf der orographisch rechten Flanke des Großarltales in der Gemeinde Hüttschlag (Karteis, Salzburg) (Abbildung 1). Hier ereigneten sich 2019 an einer ca. 100 m hohen Felswand drei Felsstürze, welche sich jeweils durch Steinschläge ankündigten. Bei den Felsstürzen selbst lösten sich Einzelblöcke, die teilweise ein Volumen von mehr als 200 m<sup>3</sup> aufwiesen, einige erreichten den Talboden (Abbildung 2), wobei Siedlungsgebiet und Infrastruktur (Straße, Radweg) jedoch nicht beschädigt wurden.

Geologisch betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet in den Bündnerschiefern, die in diesem Bereich aus Kalkglimmerschiefern, Grünschiefern und Kalkphylliten aufgebaut sind (Exner, 1956). Die Schieferung fällt flach bis mittelsteil Richtung Norden ein. Zusätzlich finden sich im Abbruchgebiet markant ausgeprägte Kluftsysteme mit großer Erstreckung, die maßgeblich die Entstehung des Felssturzes und die Kluftkörper beeinflussten. Im Zuge einer Befliegung am 23.07.2019 stellte der Landesgeologische Dienst des Landes Salzburgs, anhand von frischen



Abbildung 1: Felssturz bei Hüttschlag am 17. Juni 2020.



Abbildung 2: Einzelblöcke mit einem Volumen von über 200 m<sup>3</sup> erreichten den Talboden während der Felssturzereignisse.

und bis zu 1 m breiten Zerrspalten im Ablösebereich fest, dass sich ein weiterer Teilbereich der Felsflanke stark aufgelockert hat und empfahl die Installation eines geeigneten Monitoringsystems (Valentin, 2019).

## Das Monitoringsystem

Nach den drei Felssturzereignissen wurde 2019 mit einer intensiven messtechnischen Überwachung der Felsflanke und der abgelagerten Felssturzmasse am Hangfuß begonnen. Hierfür wurden im Rahmen einer ersten Testphase ein terrestrisches Radarinterferometer (LI-SALab; Ellegri Ltd.) von November 2019 bis Mai 2020 installiert. Die Messungen wurden im Ku Frequenzbereich (central frequency: 17.2 GHz; wavelength: 17.44 mm) mit einer synthetischen Aperatur von bis zu 2.8 m durchgeführt. Das Radarsystem wurde in Hüttschlag als Echtzeit-Monitoringsystem (C-Gb-InSAR) und Frühwarnsystem, mit einer Messfrequenz von 10 Minuten betrieben, wodurch Bewegungen von wenigen mm bis m pro Tag in Blickrichtung (line of sight) erfasst werden konnten (siehe auch Casagli et al., 2010; Monserrat et al., 2014). Zusätzlich wurde die Massenbewegung mittels multi-temporalen terrestrischen Laserscanning (RIEGL VZ-4000) in regelmäßigen Abständen mit hoher Punktdichte vermessen.

Die Kombination von GB-InSAR und TLS wurde gewählt, da multi-temporales terrestrisches Laserscanning sich als kosteneffiziente Fernerkundungsmethode für das Monitoring von gravitativen Massenbewegungen etabliert hat (Jaboyedoff et al. 2012; Abellan et al. 2014). Dieses ermöglicht die Generierung hochgenauer digitaler Geländemodelle mittels 3D-Punktwolken und die multi-temporale Quantifizierung von Veränderungen der Geländeoberfläche. TLS ist jedoch nur bedingt für das kontinuierliche flächenhafte Deformationsmonitoring und als Warnsystem für sehr langsame bis langsame (mm bis wenige cm pro Jahr) Felsbewegungen geeignet. Die Messgenauigkeit von TLS-Punktwolken ist abhängig von der Messdistanz, der Oberflächenrauigkeit und dem Messwinkel. Dadurch können unter Feldbedingungen in alpinen

Einsatzgebieten nur LODs (Level of Detection) von mehreren cm bis dm erreicht werden (Fey et al., 2017). Daher wird TLS häufig mit anderen Verfahren der Fernerkundung oder der Vermessung (z.B. satellitengestütztes InSAR, GNSS, Tachymetrie) kombiniert eingesetzt.

Die terrestrische Radarinterferometrie hingegen ermöglicht eine kontinuierliche Deformationsmessung in vordefinierten Zeitintervallen, wobei theoretisch Messreichweiten von über vier Kilometern mit Messgenauigkeiten im sub-millimeter Bereich erreicht werden können (Abbildung 3). GB-InSAR-Systeme können auch zur Überwachung von Hängen und Felswänden eingesetzt werden, für welche andere Systeme (z.B. ALS, satellitengestütztes InSAR) nur bedingt oder keine Daten liefern können (Monserrat et al., 2014; Tarchi et al., 2003). Die terrestrische Radarinterferometrie erlaubt daher ein Echtzeit-Monitoring von gravitativen Massenbewegungen in steilen Felsflanken mit einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung. Durch die Implementierung der TLS-Punktwolken wurden die zweidimensionalen GB-InSAR Deformationsmessungen auf ein dreidimensionales Geländemodell projiziert. Zusätzlich wurde im Talboden ein automatisches Kamerasystem installiert, um Steinschlag- und Felssturzereignisse optisch zu dokumentieren.

## Die Terrestrischen Laserscans

Die Erfassung des gesamten Felssturzabbruchgebietes und der Steinschlagereignisse ab dem 27.11.2019 erfolgte auf Basis der multi-temporalen terrestrischen Laserscans und der verfügbaren ALS-Punktwolke (Airborne Laser Scanning) von 2018. Die Registrierung und Georeferenzierung der TLS-Punktwolke erfolgte mittels ICP-Algorithmen (Iterative Closest Point), welche diese, über korrespondierende Flächen, auf die bestehende georeferenzierte ALS-Punktwolke registrierte. Für diese Berechnungen wurden Oberflächen, die potenziell durch Verschiebungen beeinflusst sind (z.B. Blockschuttkegel, Felssturzabbruchfläche, baulich veränderte Flächen) nicht berücksichtigt. Alle weiteren TLS-Punktwolken wurden analog auf die georeferenzierte TLS-Punktwolke registriert. Die Berechnung der Oberflächen

veränderungen erfolgte mittels der Geomorphic Change Detection Software (Wheaton, 2008; Wheaton et al., 2009). Aus den digitalen Höhenmodellen der ALS und TLS Messungen konnte ein Felssturzvolumen (alle 3 Ereignisse zusammen) von ca. 41000 m<sup>3</sup> berechnet werden (Abbildung 4).

## Die Terrestrische Radarinterferometrie

Die Verschiebungen, die durch die Felsstürze, freigelegten Abbruchfläche und des Blockschuttkegels wurde mittels GB-InSAR untersucht (Abbildung 5). Hierfür wurden aus jeweils zwei SAR-Bildern ein Interferogramm berechnet mit dem, durch »Phase-Unwrapping«, die Verschiebungen in LOS berechnet wurden (Agliardi et al., 2013). Um den Einfluss von atmosphärischen und anthropogenen Störfaktoren zu minimieren, wurde für die Berechnung der Verschiebungsraten der 24h-Mittelwert aller SAR-Messungen verwendet (Abbildung 4). Aufgrund unterschiedlich hoher Bewegungsraten der Felsflanke und des Blockschuttkegels war eine getrennte Auswertung nötig. Die lokalen 2D-Radardaten wurden auf Basis der TLS-Punktwolken in 3D-Daten trans-

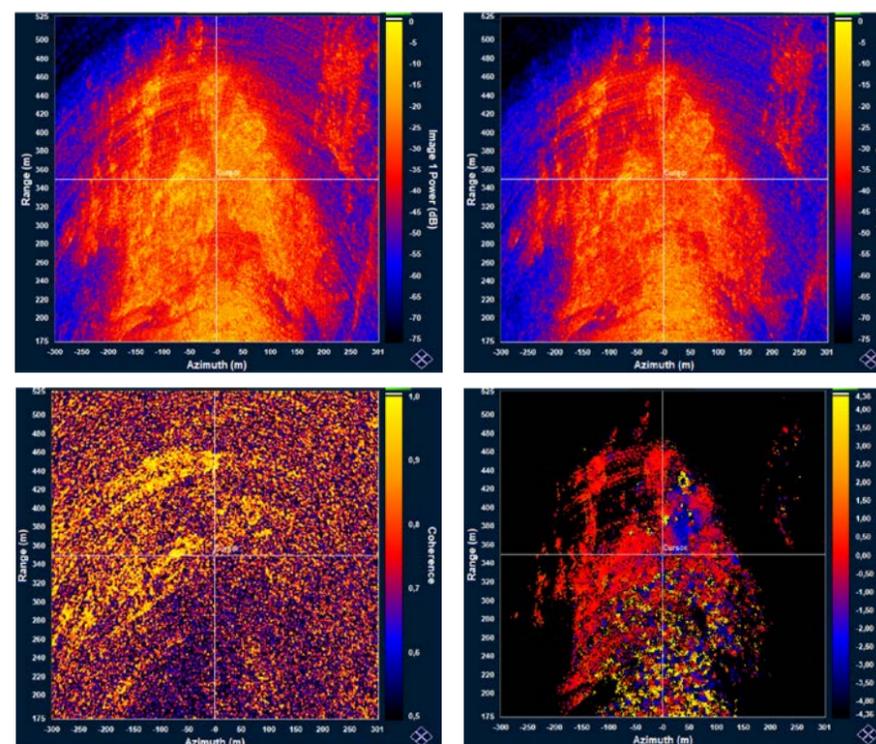


Abbildung 3: GB-InSAR Messdaten: A) InSAR-Bild der Amplitude (24-Mittelwert) vom 30.11.2019; B) InSAR-Bild der Amplitude (24-Mittelwert) vom 23.02.2020; C) Kohärenz zwischen zwei SAR-Bildern vom 30.11.2019 und 23.02.2020; D) Radar-Interferogramm mit der Deformation im Zeitraum 30.11.2019 - 23.02.2020 in Blickrichtung (LOS) in mm.

formiert. Dies ermöglicht die Projektion der GB-InSAR-Daten auf Fotos (Abbildung 5) und einen Vergleich der Verschiebungen mit den TLS-Messungen. Hierbei zeigte sich, dass die GB-InSAR-Messungen die absoluten Verschiebungen im Vergleich zu den TLS-Daten unterschätzen, zumal die Radarinterferometrie nur Bewegungen in Blickrichtung (LOS) detektieren kann.

Die hohe Messgenauigkeit und -frequenz von GB-InSAR-Systemen ermöglicht das Deformationsverhalten von Massenbewegungen, wie den Felssturz von Hüttschlag, im Detail zu studieren. Ziel dabei ist i) instabile Bereiche zu lokalisieren, ii) Beschleunigungen zuverlässig und frühzeitig zu erkennen, iii) den Einfluss von verschiedenen Faktoren (z.B. Niederschlag, Schneeschmelze, Temperatur etc.) auf das Bewegungsverhalten zu untersuchen, und iv) wenn vorhanden, zyklische Deformationen (z.B. thermische Kontraktion und Expansion) messtechnisch zu erfassen. Eine detaillierte Auswertung hinsichtlich der Kinematik und dem zeitlich-variablen Deformationsverhalten der Felsflanke ist noch ausständig.

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde eine Kombination von terrestrischer Radarinterferometrie und terrestrischem Laserscanning als Beispiel eines modernen Monitoring- und Frühwarnsystems zur Untersuchung von Massenbewegungen vorgestellt. Der kombinierte Versuchsaufbau ermöglichte ein hochgenaues und flächenhaftes (2D/3D) Monitoring von unterschiedlichen Prozessen (Deformationsverhalten einer instabilen Felsflanke, Steinschlagfrequenz und Intensität; Kriechverhalten des Schuttkegels) welches durch den Einsatz von klassischen Monitoringsystemen (Tachymetrie, GNSS, Extensometer) nicht möglich ist. Die Schwächen der einzelnen Methoden, wie die geringere

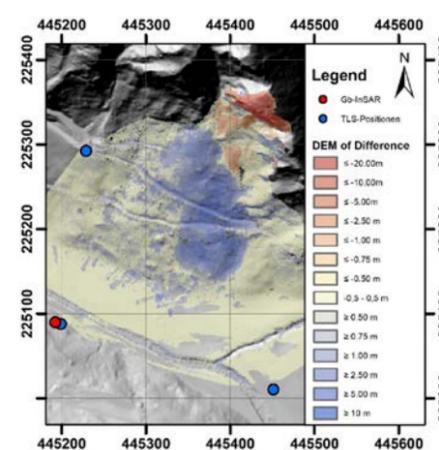


Abbildung 4: Oberflächenveränderung durch den Felssturz auf Basis des ALS-2018 und TLS-2020 mit TLS-Scanpositionen und GB-InSAR-Standort.

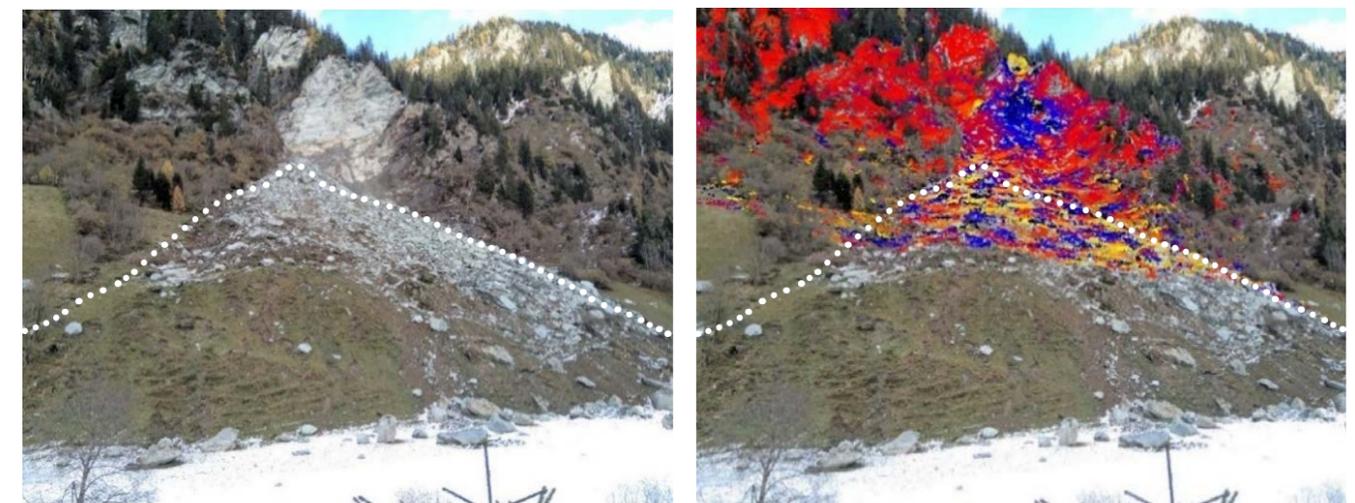


Abbildung 5: A) Foto des Hüttschlag-Felssturzes betrachtet vom Standort des GB-InSAR-Systems am 30.11.2019; B) Deformation in Blickrichtung (LOS) für den Zeitraum 27.11.2019 - 13.02.2020 in mm, projiziert auf das Foto. Die Messungen im Bereich des Blockschuttkegels sind nicht repräsentativ, da die Bewegungen innerhalb der Messperiode zu schnell waren.

Messgenauigkeit von TLS können durch den Einsatz von GB-InSAR-Systemen ausgeglichen werden. Das vorgestellte System bietet die Möglichkeit, geologische Naturgefahren, wie den Hüttschlag-Felssturz, mit einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung zu untersuchen und ermöglicht dadurch das Prozessverständnis zu erhöhen und eine fundierte Gefahrenbeurteilung durchzuführen.

## Danksagung

Wir möchten der Gemeinde Hüttschlag und dem Geologischen Dienst des Landes Salzburg für die Unterstützung zu diesem Projekt danken.

## Literaturverzeichnis

Abellán, A., Oppikofer, T., Jaboyedoff, M., Rosser, N. J., Lim, M., & Lato, M. J. (2014): Terrestrial laser scanning of rock slope instabilities. *Earth surface processes and landforms*, 39(1), 80-97.

Agliardi, F., Crosta, G. B., Meloni, F., Valle, C., & Rivolta, C. (2013) Structurally-controlled instability, damage and slope failure in a porphyry rock mass. *Tectonophysics*, 605, 34-47.

Casagli, N., Farina, P., Leva, D., Nico, G., & Tarchi, D. (2003): Ground-based SAR interferometry as a tool for landslide monitoring during emergencies. In *IGARSS 2003. 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477) (Vol. 4, pp. 2924-2926)*. IEEE Exner, C. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Umgebung von Gastein 1: 50.000. (Ausgabe 1956). Geologische Bundesanstalt.

Fey, C., & Wichmann, V. (2017): Longrange terrestrial laser scanning for geomorphological change detection in alpine terrain—handling uncertainties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(5), 789-802.

Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Abellán, A., Derron, M. H., Loye, A., Metzger, R., & Pedrazzini, A. (2012): Use of LIDAR in landslide investigations: a review. *Natural hazards*, 61(1), 5-28.

Monserrat, O., Crosetto, M., & Luzi, G. (2014): A review of ground-based SAR interferometry for deformation measurement. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 93, 40-48.

Tarchi, D., Casagli, N., Moretti, S., Leva, D., & Sieber, A. J. (2003): Monitoring landslide displacements by using groundbased synthetic aperture radar interferometry: Application to the Ruinon landslide in the Italian Alps. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B8).

Valentin G. (2019): Stellungnahmen Felssturz in Karteis, Simulation möglicher Szenarien, Gemeinde Hüttschlag (26.09.2019). Landesgeologischer Dienst, Land Salzburg (unveröffentlichte Stellungnahme).

Wheaton J, Brasington J, & Darby S, Sear D. (2009): Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys: Improved sediment budgets. *Earth Surface Processes and Landforms*. 35. 136 - 156. 10.1002/esp.1886.

Wheaton JM. (2008): Uncertainty in morphological sediment budgeting of rivers. Unpublished PhD, University of Southampton, Southampton, 412 pp. Available at: <http://www.joewheaton.org/Home/research/projects-1/phdthesis>

Zangerl, C., Prager, C., Brandner, R., Brückl, E., Eder, S., Fellin, W., Tentschert E., Poscher G. & Schönlaub, H. (2008): Methodischer Leitfaden zur prozessorientierten Bearbeitung von Massenbewegungen. *Geo. Alp*, 5, 1-51.

# Integrated monitoring of a slowly moving deep-seated gravitational slope deformation based on multi-temporal terrestrial laser scanning and total station measurements – preliminary results of the OPERANDUM project

THOMAS ZIEHER <sup>1,2</sup>, JAN PFEIFFER <sup>1,2</sup>,  
MARTIN RUTZINGER <sup>1,2</sup>, PATRICK FRITZMANN <sup>3</sup>  
JOHANNES ANEGG <sup>3</sup>, DANIELA ENGL <sup>4</sup>,  
VERONIKA LECHNER <sup>5</sup>

**Organisation(en):**

- <sup>1</sup>Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences
- <sup>2</sup>Institute of Geography, University of Innsbruck
- <sup>3</sup>Federal state of Tyrol, Division of Geoinformation Innsbruck
- <sup>4</sup>Austrian Service for Torrent and Avalanche Control
- <sup>5</sup>Austrian Research Centre for Forests

## Abstract

Deep-seated gravitational slope deformations (DSGSDs) are slowly moving mass-movement phenomena on mountain slopes continuously reshaping surface topography. Their permanent monitoring is an important task to understand their spatio-temporal activity, main causes and drivers and to prevent potential impacts. Currently, various monitoring techniques are employed to assess the movement of DSGSDs at points, along profile lines or area-wide. Each technique comes along with advantages and limitations, mainly regarding the spatio-temporal resolution and coverage. While measurements at points or along lines typically feature a high temporal resolution (i.e. continuous measurements), area-wide data acquisition techniques depend on the scope and budget of a study (e.g. frequency of laser scanning campaigns). Therefore, many monitoring projects rely on two or more data acquisition techniques for exploiting their synergies, to overcome their limitations and to provide independent results for validation purposes.

In the present study the displacement of an active sub-system of a DSGSD located in Vögelsberg (Tyrol, Austria) is monitored by means of multi-temporal terrestrial laser scanning (TLS) and an automated tracking total station (ATTS). The currently active part of the DSGSD covering about 0.25 km<sup>2</sup> in the lower part of the hillslope shows generally enhanced movements. Phases of acceleration and deceleration are clearly noticeable on parts of the slope and can be related with pore pressures measured in two groundwater wells. However, the precise continuous monitoring using the ATTS provides data for selected points (retroreflecting prisms) and does not readily allow an area-wide interpretation of the deformation pattern. Therefore, the analyses based on the temporally sparse but spatially distributed TLS time series can be used to overcome this limitation. In this regard, the advantages of both, the ATTS and the TLS monitoring can be exploited to deepen the understanding of the DSGSD.

Both monitoring campaigns started in mid-2016 and are still ongoing. The time period considered in the present study ranges from 2016/06 to 2019/11, including 13 TLS acquisition campaigns. Two long-range terrestrial laser scanners (Riegl VZ-4000 and Riegl VZ-6000) have been used to acquire 3D point clouds from at least three scanning positions located on the opposite side of the valley, covering a range between 600 and 2500 m. From an additional scanning position above the northern scarp of the active area scanning was only possible using the Riegl VZ-4000 due to eye safety restrictions of the Riegl VZ-6000. The accuracy of the used laser scanners depends on several parameters including sensor characteristics (e.g. the beam divergence), measurement range, incidence angle, surface roughness and atmospheric conditions. Except for the latter which is still difficult to consider in long-range TLS studies, these effects have been included during the processing of the point clouds, quantifying the resulting uncertainty for each point. The registration of the point clouds was done based on extracted roofs and walls of stable buildings identified in the ATTS time series. For the sampling of suitable building facets thresholds for the computed uncertainty, the planarity and the deviation of locally fitted planes have been in-

roduced. After the fine registration based on the iterative closest point algorithm, point-to-plane distances to a selected reference TLS point cloud were computed, revealing an uncertainty of 6.5 cm (95% quantile) considered as detection limit for landslide-induced displacements and deformation. The ATTS conducts hourly measurements of the position of 53 retroreflecting prisms installed on buildings (n=46) and poles (n=6) within the active area and surrounding it. The ATTS has been installed on the opposite side of the valley with measurement distances between 600 and 1700 m. The total station's measurement accuracy has been assessed based on the measurement time series of 17 retroreflecting prisms on stable grounds with a total displacement less than 1 cm (on average less than 0.3 cm/year). The analysis revealed an uncertainty less than 0.4 cm (95% quantile), also depending on the measurement range.

Comparing the preliminary results of both monitoring techniques considering the buildings in the active and surrounding area, the magnitudes of the derived 3D displacement vectors for the period 2016/06 to 2019/11 are in general agreement (see boxplots in Figure 3). Particularly in case of the ATTS results the displacements of buildings within the ac-

tive area are clearly discernible from the area around it. The laser scanning results for the same buildings show a distribution comparable to the ATTS results, but cannot be as clearly discerned from the surrounding area. This is certainly related to the higher positional uncertainty of the TLS point clouds. However, displacements of more than 5 cm can be detected. In case of slowly moving DSGSDs this means that a sufficient time span is necessary until this detection limit is surpassed. Further work will focus on the exploitation of all acquired TLS point clouds for reconstructing area-wide displacement time series. Furthermore, the displacement of other above-ground objects such as trees or poles will be evaluated to explore the spatial displacement pattern in more detail.

The present study was conducted within the OPERANDUM project. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 776848.

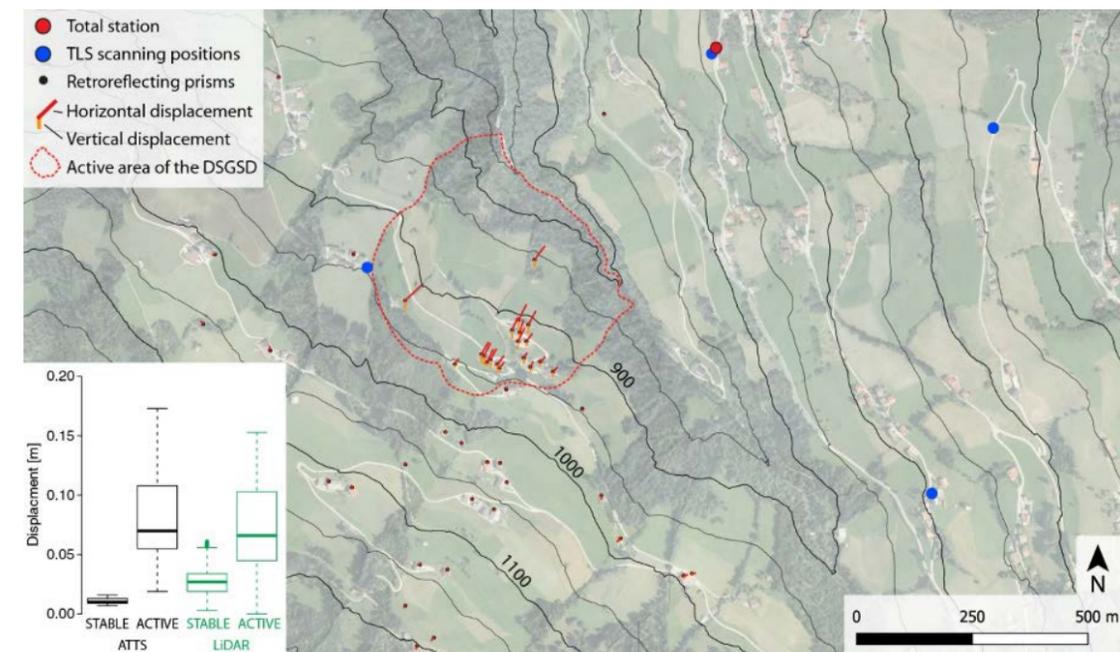


Figure 3: Monitoring setup and preliminary results of the displacement monitoring considering the period between 2016/06 and 2019/11.

# Investigating hydrological drivers of a deep-seated gravitational slope deformation – the Vögelsberg case study (Tyrol, Austria)

JAN PFEIFFER<sup>1,2</sup>, THOMAS ZIEHER<sup>1</sup>, JAN SCHMIEDER<sup>1,2</sup>, MARTIN RUTZINGER<sup>2</sup>, ULRICH STRASSER<sup>2</sup>, DANIELA ENGL<sup>3</sup>, JOHANNES ANEGG<sup>4</sup>, CHRISTOPH SPÖTL<sup>5</sup>, VERONIKA LECHNER<sup>6</sup>

**Organisation(en):**

- <sup>1</sup> Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences
- <sup>2</sup> Department of Geography, University of Innsbruck
- <sup>3</sup> Austrian Service for Torrent and Avalanche Control
- <sup>4</sup> Federal state of Tyrol, Division of Geoinformation
- <sup>5</sup> Department of Geology, University of Innsbruck
- <sup>6</sup> Austrian Research Centre for Forests

jan.pfeiffer@oeaw.ac.at

## Abstract

This contribution presents preliminary results on investigating and assessing hydrological drivers forcing temporally varying movements of a deep-seated landslide. Time series correlations of area-wide simulated hydro-meteorological water, groundwater level and slope displacement rate combined with preliminary hydrological monitoring results including stable isotope analyses of groundwater and precipitation deepen the understanding of the landslide's hydrological triggering mechanisms and their spatio-temporal characteristics.

## Introduction

Deep-seated gravitational slope deformations (DSGSD) can have considerable impacts on settlements in mountainous areas. Constant deformation of Earth's surface causes damage on superimposed houses and other infrastructure leading to uninhabitability. DSGSDs are commonly complex systems of various interacting slabs showing differential movements in the order of a few millimetres up to several centimetres per year. Spatio-temporal patterns of movement are typically controlled by changes in the aquifer's pore water pressure which reduces the shear strength. Knowing the mechanisms causing temporal pore-water pressure variations is therefore essential for deploying target-oriented measures aiming to reduce hydrologically driven deep-seated landslides.

This contribution presents investigations of the hydrological drivers forcing temporally varying movements of an active slab of the Vögelsberg DSGSD in the lower Watten valley (Tyrol, Austria). The overall aim of this study is to deepen the understanding of how the landslide reacts to hydro-meteorological changes by comparing continuous displacement time series with preliminary results of both, hydrological monitoring and modelling. This includes (i) constraining the mean elevation of the recharge area of the landslide's aquifer based on stable isotope data, (ii) reconstructing potential groundwater flow paths, and (iii) exploiting spatio-temporal data of parameters essential for groundwater recharge (e.g. snowmelt and rainfall).

## Study Area

The Vögelsberg landslide is an actively creeping deep-seated landslide situated on the toe of a complex deep-seated gravitational slope deformation. The landslide body is sparsely settled, where buildings suffer from differential slope movements. Borehole explorations depict (i) a shear zone located in 48 m below surface, (ii) a piezometric head between -6 and -8.5 m below the surface and (iii) heavily disaggregated quartzphyllite components in a matrix-rich environment dominated by sand, silt and clay grain sizes up to bedrock contact at 70 m below surface.

## Methods

Slope displacements are quantified at certain points on an hourly basis by an automated tracking total station (ATTS) operating since 2016/05. A comprehensive hydrological monitoring consisting of measurements of discharge, electrical conductivity, temperature and stable isotopes of water emerging at springs and sampled in two groundwater wells is combined with field mapping and precipitation sampling at elevations between 880 m and 1980 m a.s.l. (Figure 1). The hydroclimatological model AMUNDSEN is used for a spatio-temporal assessment of potential groundwater recharge by simulating rainfall, melt water derived from snow cover and evapotranspiration.

## Results

Preliminary results indicate a significant correlation between groundwater level and landslide velocity. Delayed increases in pore water pressure accompanied by an acceleration of the landslide movement are associated with hydrometeorological events such as prolonged rainfall, snowmelt or the combination of both. Analyses of the simulated spatio-temporal dynamics of snowmelt within the landslide catchment have shown that during the late winter and spring of 2019 snow melt above 1700 m a.s.l. occurred after the landslide's acceleration. This observation indicates that for this acceleration event groundwater recharge was mainly driven by snow melt below this elevation.

The mean groundwater recharge elevation of springs was assessed based on oxygen isotope data using a  $\delta^{18}O$  gradient of  $-0.18 \text{ ‰}$  per 100 m. Results suggest that water emerging at springs near the landslide infiltrates between 1240 m and 1650 m a.s.l. Spatial distribution of  $\delta^{18}O$  values and electrical conductivity values of the sampled springs, indicate that water emerging at lower elevation must have recharge areas at higher elevation compared to water emerging at mid-slope. This finding suggests the existence of at least one coherent aquifer close to the surface. The synthesis of monitoring and modelling data combined with field mapping allows to derive a conceptual slope model identifying major hydrological processes involved in controlling the landslide's deformation behaviour.

Ongoing precipitation sampling and stable isotope analyses will improve the conceptual hydrogeological model. The construction of a local  $\delta^{18}O$ -elevation gradient for precipitation, after completing the measurements covering one year, will allow localising aquifer recharging areas more precisely. A solid conceptual hydrogeological slope model will allow water balance calculations and numerical groundwater modelling for investigating potential measures aiming at lowering the groundwater level.

This work was done within the OPERANDUM project investigating the potential of nature-based solutions for mitigating hydro-meteorological risks. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 776848.

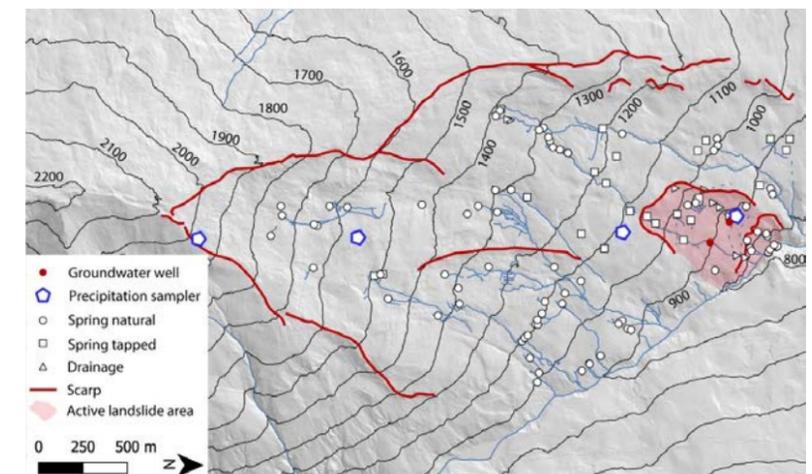


Figure 1 Map showing the hydrological monitoring setup of the Vögelsberg DSGSD.

# Extending the integrated monitoring of deep-seated landslide activity into the past – preliminary results of the project EMOD-SLAP

JOHANNES BRANKE <sup>1</sup>, THOMAS ZIEHER <sup>1 2</sup>,  
JAN PFEIFFER <sup>1 2</sup>, MAGNUS BREMER <sup>1 2</sup>,  
MARTIN RUTZINGER <sup>1 2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Institute of Geography, University of Innsbruck;

<sup>2</sup> Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences

johannes.branke@student.uibk.ac.at, thomas.zieher@oeaw.ac.at,  
jan.pfeiffer@oeaw.ac.at, magnus.bremer@oeaw.ac.at, martin.rutzinger@oeaw.ac.at

## Abstract

The study presents the preliminary results of the project EMOD-SLAP, focused on assessing 3D displacements for the past movement activity of the deep-seated gravitational slope deformation below the Reissenschuh in the Schmirn valley (Tyrol, Austria). Therefore, historical aerial imagery is photogrammetrically processed using free and open-source software. Results show an area-wide 3D displacement of up to 30 m between 1973 and 2010 which corresponds to a mean annual movement rate of 80 cm/a.

In densely populated mountain regions all over the world landslides pose an imminent threat to settlements, infrastructure and agriculture. In recent years several incidents in the Alpine region attest the importance of an area-wide monitoring of the movement of mountain slopes. Particularly continuously moving deep-seated gravitational slope deformations (DSGSDs) have to be monitored carefully because their activity may change differently over several time scales. Especially long-term activity in the order of decades are often unknown since monitoring data are only sparsely or not at all available. Since June 2016, the activity of a DSGSD located below the Reissenschuh summit (2469 m a.s.l.) in the Schmirn valley (Tyrol, Austria) has been monitored using remote sensing and in-situ measurement techniques. Particular attention has been paid to a currently highly active slab of the landslide covering altitudes between 1700 and 2200 m a.s.l.. At lower elevation rock falls and debris flows occur as secondary processes of the DSGSD. Area-wide measurements include terrestrial laser scanning (TLS) and laser scanning based on an unmanned aerial vehicle platform (ULS). Furthermore, the position of observation points has been periodically measured using a differential global navigation satellite system (DGNS). Based on this four-year time series of remotely sensed and in-situ data, the spatio-temporal activity of the landslide has been analysed in detail. However, up to now the past activity of the landslide remains unknown. In particular, it is unclear whether the landslide's movement rate remained constant in the long-term perspective. In the present study, the activity of the Reissenschuh landslide was re-analysed based on available historical aerial imagery processed with state-of-the-art photogrammetric techniques. Recent advances in photogrammetry and computational capacity allow to re-assess existing historical aerial imagery and to generate 3D point clouds representing the contemporary topography. Due to the computational expensive analyses, a highly automated workflow was developed for all processing steps based on free and open-source software. The workflow for the photogrammetric reconstruction based on the MicMac software tools (Rupnik et al. 2017) has been completed for the image acquisition campaigns in 1973, 2007 and 2010. The imagery includes scanned analogue aerial imagery (1973 and 2007) as well as digital photos (2010), provided by the Federal State of Tyrol, Division of Geoinformation. Further processing steps including the refinement of the georeferencing and scaling of the 3D point clouds based on available airborne laser scanning (ALS)

data were conducted using CloudCompare (GNU General Public License). The workflow was automated using scripts written in the Python programming language.

### Preliminary Results

With the help of the photogrammetrically reconstructed 3D point clouds, the existing monitoring time series have been extended into the past, allowing to re-analyse the activity of the Reissenschuh landslide. First, the positional uncertainty of the processed photogrammetric point clouds has been evaluated within assumed stable areas, considering an available ALS point cloud (Federal State of Tyrol, Division of Geoinformation) acquired in 2008 as reference. After the fine registration using the iterative closest point algorithm (Besl 1992), the positional uncertainty is less than 0.5 m (root mean squared error). Considering this uncertainty as detection limit for landslide-induced topographic changes, slope movements of at least 0.5 m can be assessed in a robust way. This detection limit corresponds to a mean annual movement rate of 1.4 cm/a. Results based on recently developed techniques for inferring area-wide 3D displacements from point clouds (Pfeiffer et al. 2018) in SAGA-GIS (Conrad et al. 2015) provide evidence for displacements of up to 30 m and even more between 1973 and 2010 (Figure 1). Furthermore, the results show that major parts of the DSGSD above the currently most active part of the slab move slowly at a rate between 2 and 4 cm/a. The currently observed mean annual displacement rates derived from TLS, ULS and DGNS in the order of 0.9 m/a and the preliminary mean long-term rates (about 30 m within 37 years) are in general agreement for the most active slab. Areas where no information on displacement are either covered by a sparse larch forest (Larix

decidua) or (currently) feature a markedly higher movement rate with secondary processes like rock fall (see areas highlighted in Figure 1), both prohibiting a sufficiently robust 3D displacement analysis. However, further analyses are required to get deeper insight into the spatio-temporal activity of the Reissenschuh landslide. The presented preliminary results have shown that based on historical aerial imagery the 3D displacement of DSGSDs of at least 0.5 m on slopes free of high vegetation can be efficiently assessed. Future work will focus on processing the aerial imagery of the first acquisition campaign in 1954 and integrating the photogrammetric point clouds with the recently acquired 3D monitoring data. Furthermore, the established workflow will be tested at further study areas affected by DSGSDs. Finally, the results of the project EMOD-SLAP will help to provide area-wide evidence for the (in)stability of mountain slopes.

### Literature

Besl, P. J. und McKay, N. D. (1992): A method for registration of 3-D shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14(2): 239–256.

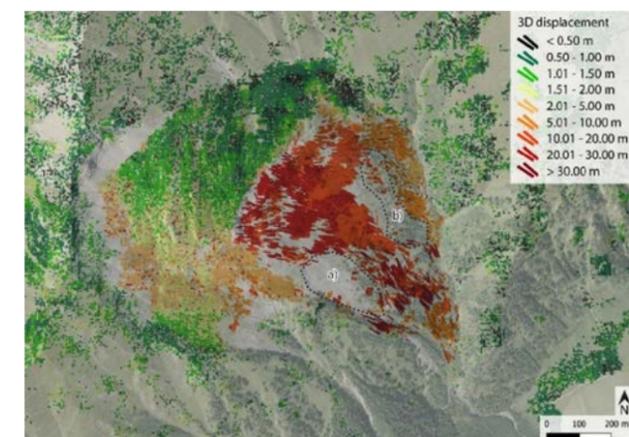
Laserdata (2019): LIS Pro 3D software package. [www.laserdata.at/software.html](http://www.laserdata.at/software.html). [Accessed: 28.09.2020].

Federal State of Tyrol, Division of Geoinformation (2020): Laser- & Luftbildatlas Tirol. <https://lba.tirol.gv.at/public/karte.xhtml> [Accessed: 28.09.2020].

Girardeau-Montaut, D. (2020): CloudCompare. <http://www.cloudcompare.org/> [Accessed: 28.09.2020].

Pfeiffer, J.; Zieher, T.; Bremer, M.; Wichmann, V. und Rutzinger, M. (2018): Derivation of Three-Dimensional Displacement Vectors from Multi-Temporal Long-Range Terrestrial Laser Scanning at the Reissenschuh Landslide (Tyrol, Austria). *Remote Sensing*, 10(11): 1688.

Rupnik, E.; Daakir, M. und Pierrot Deseilligny, M. (2017): MicMac – a free, open-source solution for photogrammetry. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2(1): 14



**Figure 1: Classified 3D displacement vectors at the Reissenschuh landslide derived from 3D point clouds generated from historical aerial imagery from 1973 and 2010. Areas highlighted by the dotted polygons refer to data gaps related to secondary processes like rock fall (a) and/or high vegetation (b).**

# Mass movements documentation with EO data for assessing the impact on the alpine trails and huts infrastructure

FLORIAN ALBRECHT<sup>1</sup>, DANIEL HÖLBLING<sup>1</sup>, LORENA ABAD<sup>1</sup>, ZAHRA DABIRI<sup>1</sup>, GERALD REISCHENBÖCK<sup>2</sup>, GABRIELA SCHEIERL<sup>3</sup>, TOBIAS HIPPE<sup>3</sup>, HANNES RESCH<sup>4</sup>, GERNOT RESCH<sup>4</sup>

## Organisation(en):

<sup>1</sup>Interfakultärer Fachbereich Geoinformatik - Z\_GIS, Universität Salzburg, Salzburg, Österreich

<sup>2</sup>MJP Ziviltechniker GmbH, Gmunden, Österreich

<sup>3</sup>Deutscher Alpenverein e.V., München, Deutschland

<sup>4</sup>Österreichischer Touristenklub, Wien, Österreich

florian.albrecht@sbg.ac.at

## Abstract

The Alpine infrastructure of trails and huts experiences increased damages due to mass movements like shallow landslides, debris flows and rockfalls. Earth observation data from optical and radar satellites provide new opportunities for mapping and assessing mass movements. We investigate how EO-derived inventory maps and modelled mass movement information can improve the infrastructure management of alpine associations. We first perform a user requirements analysis based on interviews with trail keepers and other stakeholders. Second,

we develop mass movement information using optical and radar satellite data and geospatial modelling techniques for an alpine infrastructure assessment in four Austrian study areas. Finally, the results are validated in the field and through feedback from practitioners. Preliminary results from the user requirements analysis describe the involved organisations in trail management and maintenance, the roles of the involved people and their particular tasks. It identifies tasks that benefit from Earth observation derived mass movement information.

## Introduction

The alpine infrastructure of trails and huts enables access to the Alps and is an essential element of summer tourism. Over the last years, however, alpine associations registered an increase in damages to the trail network caused by mass movements such as rainfall-induced shallow landslides, debris flows and rockfalls (Figure 1). They can block access to mountain huts and popular hiking routes for weeks or months. Such damages require repair and increased maintenance activity or even re-routing of trails. Consequently, alpine infrastructure management has an increased need for information about mass movements.

Copernicus, the European programme for Earth observation (EO), provides a new opportunity for alpine infrastructure management. It increased the temporal and spatial resolution of EO satellites with comprehensive coverage of the Earth surface. Thereby, the freely available EO data becomes more suitable for detecting mass movements and perform an impact assessment on the alpine infrastructure.

In response, the project MontEO (The impact of mass movements on alpine trails and huts assessed by EO data) investigates the opportunities for EO-based mass

movement mapping and hazard impact assessment for alpine infrastructure. The key step to commence with the investigation is a user requirements analysis. This article presents the method for user requirements analysis in alpine infrastructure management and describes the involved stakeholders, their processes and needs for EO-based information.

## Methods

The user requirements analysis for MontEO followed the structure presented by Albrecht et al. (2016) building on a (1) stakeholder analysis, (2) interviews, and (3) an analysis of user needs and requirements.

The approach starts with identifying relevant stakeholders that play a role in Alpine infrastructure management. To prepare the discussion with stakeholders, we developed a semi-structured questionnaire based on the MontEO concept.

The MontEO workflow identifies which types of mass movements cause major problems for trail and hut keepers. We then assign the specific EO technology that is capable to derive relevant information about these mass movement types. Our multi-scale approach combines optical and synthetic aperture radar (SAR) satellite data (Sentinel-1/2, Pléiades, or similar) for a comprehensive mapping of mass movements and the detection of mass movement hotspots. We integrate the EO results with ancillary data for mapping landslide susceptibility, and for modelling and simulation of rockfalls and debris flows. Finally, we analyse the network of trails and huts in relation to the obtained mass movement information and thereby assess the impact of mass movements on alpine infrastructure, i.e. identify the trails and huts that are (potentially) impacted by mass movements. We test the MontEO workflow in four Austrian study areas in Karwendel, Tyrol, Hochkönig and Großarl/Kleinarl Valley, Salzburg, and Salzkammergut, Salzburg/Upper Austria.

Figure 2 shows an example map of a mass movement event from August 2017 in the Kleinarl Valley that had an impact on hiking trails.



**Figure 2: Sentinel-2 image of Kleinarl Valley, Salzburg, Austria, showing debris flows that impacted hiking trails in August 2017. Green lines represent hiking trails, red polygon outlines represent debris flows.**



**Figure 1: Landslide damage on a hiking trail in the Großarl Valley, Salzburg, Austria**

The MontEO concept serves as a basis for discussion with stakeholders. In turn, the discussion with stakeholders aims at collecting user needs, requirements and quality criteria for verifying the concept's value for practical application.

Our questionnaire contained general questions to the stakeholders about their organisation, their personal role and the tasks for which they are responsible. Additional questions asked about the particular tasks that relate to mass movements. Further questions addressed the relevance of mass movements in the trail keeper's working area, occurring mass movement types, recent activity, and the way how trail keepers deal with mass movements. We also asked about the stakeholders' expectations to EO-derived mass movement information.

After performing the interviews, we analysed the respective protocols to identify which of the stakeholders' tasks show a need for EO-derived mass movement information and what the requirements to the resulting information are.

## Results

Our stakeholder analysis identified several different types of trail keeper organisations: 1) the Alpine associations that are responsible for the accessibility to their huts and that maintain alpine trails out of the interest of the trail users (including both their members and the public), 2) the tourism associations that support tourism activities by taking care of trails below the treeline, and 3) Alpine farmers that own trails for access to their high pastures. In some cases, the aforementioned organisations form trail operation associations where the usage of 3 trails is shared. In regions with reservoirs, the electricity providers join such associations because they use the trail in reservoir maintenance. Others organisations with an interest in trails are national parks, nature conservation authorities (i.e. the states of Austria), and landowners that grant a right of way to the trail keepers and users.

We decided to focus the interviews on stakeholders that are active in high alpine regions where mass movements are particularly relevant. Therefore, we addressed Alpine associations. We received feedback from 17 interview partners which included trail keepers, trail builders and hut keepers from sections of three major Alpine associations in Austria, namely the German Alpine Association (DAV), the Austrian Alpine Association (ÖAV) and the Austrian Tourists' Club (ÖTK). The trail and hut keepers were mostly from the sections that are active in our study areas. We also interviewed officials in the trail management of the main associations.

### The roles that people fulfil in trail management and maintenance include:

- In the main organisation of Alpine associations
  - Trail management officials
- In sections of Alpine associations with a dedicated working area
  - Head of trail keepers
  - Trail keepers
  - Volunteers (from the members of Alpine associations, helping in trail construction)
- From other organisations
  - Members of mountain rescue services
  - Trail builders (professionals from companies or tourism associations)

For large sections of an Alpine association, the trail keeper duty may be split among several trail keepers that have one head. Smaller sections may have a single trail keeper or even assign the trail keeper duty to the hut keeper.

### The are several main tasks in trail management and maintenance that have a set of subtasks each:

- Strategic trail management
  - Instructing trail keepers and capacity building
  - Support services (e.g. for organizing and acquiring funding for trail maintenance and trail status documentation)
  - Strategic planning of expected trail maintenance effort
- Operative
  - Documentation of trail maintenance status
  - Planning of large trail revisions, new constructions and the re-location of trails to new routes (e.g. for replacing unmaintainable trails)
  - Apply for funding
  - Contracting trail builders or organizing revision campaigns with volunteers
- Trail maintenance
  - Performing trail inspections
  - Doing trail servicing and small repairs
  - Marking trails and setting up signposts
- Trail construction
  - Implementing revision campaigns for trails
  - Construction of bridges, railings, ladders, stairs, installing safety ropes
  - Building trails in new areas

While the strategic trail management mostly happens in the main organisation of Alpine associations, the operative management is done in their sections. The trail keepers, and in some regions professional trail builders, perform the trail maintenance. Trail constructions are organized by trail keepers and happen with the work of volunteers, with professional trail builders, or with members of the mountain rescue services for high alpine trails.

### The interview partners reported the following causes for trail damage:

- Mass movements
  - Debris flows and landslides that cover trails or destroy bridges
  - Rockfalls that can damage safety ropes and railings
  - Deep-seated landslides that are a risk for the operational infrastructure in the vicinity of huts
- Snow pressure
  - Heavy winter snow loads damage sign-posts, bridges, etc.
- Avalanches
  - Avalanches can take safety ropes with them
- Storm and windfall
  - Fallen single trees and windfalls can block trails
- Erosion
  - Rain can wash down loose material from trails
- Wearing of trails
  - The erosion of trails can be increased through use by hikers and mountain bikers (particularly when they are electric)

The causes of trail damage differ depending on the region. Mass movements play a major role in working areas of Alpine associations that are active in high alpine regions and in regions where the geological situation favours them. The interview partners considered EO-derived mass movements information in the form of inventory maps, hotspot maps, and hazard impact maps especially useful for strategic planning of expected trail maintenance efforts and for the planning of trail revisions, new constructions or re-routing of trails. The identified tasks have an impact on many of the other tasks in trail management and maintenance. There was also a case mentioned where EO-derived information about deep-seated landslides can be useful to better understand the impact on the operational infrastructure in the vicinity of a hut.

## Discussion and conclusion

The interviews with trail keepers allowed us to identify relevant stakeholder organisations, the roles and tasks of people involved in trail management and maintenance, the causes of damage to trail networks, and the tasks where trail keepers expect a benefit from EO-derived mass movement information. This investigation enables us to analyse and define requirements and associated quality criteria for the mass movement information that shall support the stakeholder workflows in the next step.

Currently, we are developing methods for mass movement mapping using optical and radar satellite data and geospatial modelling techniques for an alpine infrastructure assessment in four Austrian study areas. The requirements and quality criteria will be a basis for the validation of the results in the field and through feedback from practitioners. We expect that a thorough analysis of the outcomes of MontEO will contribute to improved maintenance efficiency for the benefit of a safer alpine infrastructure with an increased value for the tourism industry.

## Literature

Albrecht, F., Hölbling, D., Weinke, E., Eisank, C., 2016. User requirements for an Earth Observation (EO)-based landslide information web service. In: S. Aversa, L. Cascini, L. Picarelli and C. Scavia (Eds.), *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice*. CRC Press, pp. 301-308.

# Dynamiken des Geschiebetransports in Einzugsgebieten mit rapidem Gletscherrückgang

CLEMENS HILLER<sup>1,2</sup>, KAY HELFRICHT<sup>1</sup>,  
STEFAN ACHLEITNER<sup>2</sup>

**Organisation(en):**

<sup>1</sup> Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften;

<sup>2</sup> Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck

[clemens.hiller@oeaw.ac.at](mailto:clemens.hiller@oeaw.ac.at), [kay.helfricht@oeaw.ac.at](mailto:kay.helfricht@oeaw.ac.at), [stefan.achleitner@uibk.ac.at](mailto:stefan.achleitner@uibk.ac.at)

## Abstract

Der aktuelle Gletscherschwund lässt Bereiche mit instabilen Sedimenten entstehen. Die erhöhte Sedimentverfügbarkeit wirkt sich auf das Naturgefahrenpotenzial von Gebirgsbächen in vergletscherten Gebieten aus. Hydraulische und hydrologische Modelle werden mit geomorphologischen Monitoring-Techniken kombiniert, um die Verknüpfung von Sedimenten aus dem paraglazialen Übergangsbereich mit dem proglazialen Geschiebetransport zu untersuchen und Trends in glazifluvialen Sedimentdynamiken abzuleiten.

## Einleitung

In den Alpen nehmen Gletschermasse und Permafrostvorkommen durch die voranschreitende Erderwärmung mit zunehmender Geschwindigkeit ab (APCC 2014, Helfricht et al. 2019) und hinterlassen unkonsolidierte, instabile Sedimente auf den Gletschern und in den jüngst eisfrei-gewordenen proglazialen Flächen. Die paraglaziale Übergangsphase in Bereichen des Gletscherrückgangs ist durch verstärkte geomorphologische Prozesse gekennzeichnet (Ballantyne 2002, Heckmann et al. 2016) und führt meist zu einem erhöhten Sedimenteintrag in Gebirgsbäche (Comiti et al. 2019). Die Erderwärmung verändert zudem das Abflussregime in alpinen Einzugsgebieten und die damit verknüpfte glazifluviale Sedimentzufuhr aus den noch vergletscherten Bereichen. Dies wirkt sich wesentlich auf das Naturgefahrenpotenzial von Gebirgsbächen in vergletscherten Einzugsgebieten aus. In diesem Zusammenhang ist die zu erwartende allmähliche Verschiebung von einer Limitierung der Sedimentverfügbarkeit hin zu einer Limitierung der fluvialen Transportkapazität in hochalpinen Einzugsgebieten von Bedeutung (Lane et al. 2017) und verlangt nach Monitoring-basierten Studien. Der rapide gegenwärtige Gletscherrückgang eröffnet die Möglichkeit, aktuelle Prozesse und Mechanismen von Sediment-

transport, -speicherung und -freigabe direkt zu untersuchen (Porter et al. 2019). Diese Studie hat zum Ziel, die Verknüpfung von grobkörnigen Sedimenten aus dem paraglazialen Übergangsbereich mit dem proglazialen Geschiebetransport im Gletschervorfeld des Jamtalferners (Silvretta, Österreich) zu untersuchen und übertragbare Entwicklungstrends in glazifluvialen Sedimentdynamiken alpiner Einzugsgebiete abzuleiten. Die Hauptmotive bestehen darin, (i) die zeitlichen und räumlichen Sedimentationsdynamiken zu erfassen, (ii) das Verständnis von grundlegenden Sedimentationsprozessen in hochalpinen (glazi)-fluvialen Einzugsgebieten zu vertiefen, (iii) die Anwendbarkeit von fluvial-hydraulischer und Sedimenttransport-Modellierung in komplexer Hydromorphometrie zu testen und (iv) zur Gefahrenzonenplanung und Risikominderung in alpinen Einzugsgebieten beizutragen.

## Methoden und Konzept

Die vorgestellte Studie stützt sich auf einen methodischen Ansatz, der hydraulische und hydrologische Modellierungen mit geomorphologischen Erfassungs- und Monitoring-Techniken verknüpft. Hydrologische Simulationen werden durch-

geführt, um den Abfluss am Gletschertor und an Konvergenzpunkten des proglazialen Gerinnes abzuschätzen und daraus die Sedimenttransport-Konnektivität und den potenziellen Sedimentexports abzuleiten. Das im Juni 2019 installierte Durchfluss-Radar (RQ-30, Sommer Messtechnik) liefert die nötigen Abflussdaten für die Modellkalibrierung. Die Abflussganglinie wiederum wird sukzessiv mit Hilfe der Salzverdünnungsmethode kalibriert. Das kalibrierte hydrologische Modell hilft anschließend den Abfluss in Teileinzugsgebieten zu bemessen.

Mit terrestrischer Fotogrammetrie wurde die komplexe Gerinne-Morphometrie im Bereich des RQ-30 kartiert (Abb. 1) und wird als Basis für hydraulische Simulationen zur zusätzlichen Kalibrierung der Abflussmessung verwendet. Die hydraulische Simulation dient außerdem der Abschätzung des Geschiebetransports am Standort des Durchfluss-Radars. Die angestrebte Quantifizierung des aus dem Gletschervorfeld stammenden Abflusses stellt die Grundlage dar, um die potenzielle Transportkapazität zu bemessen.

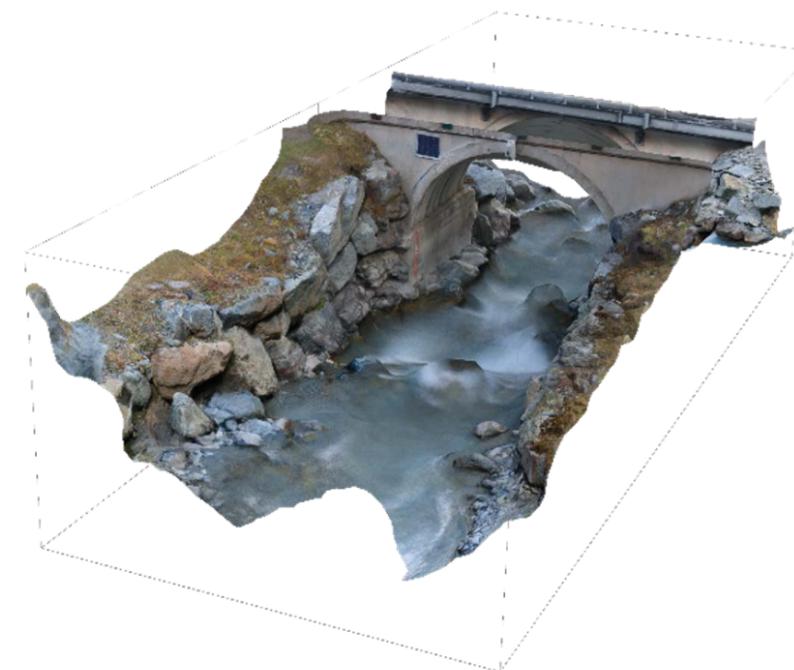
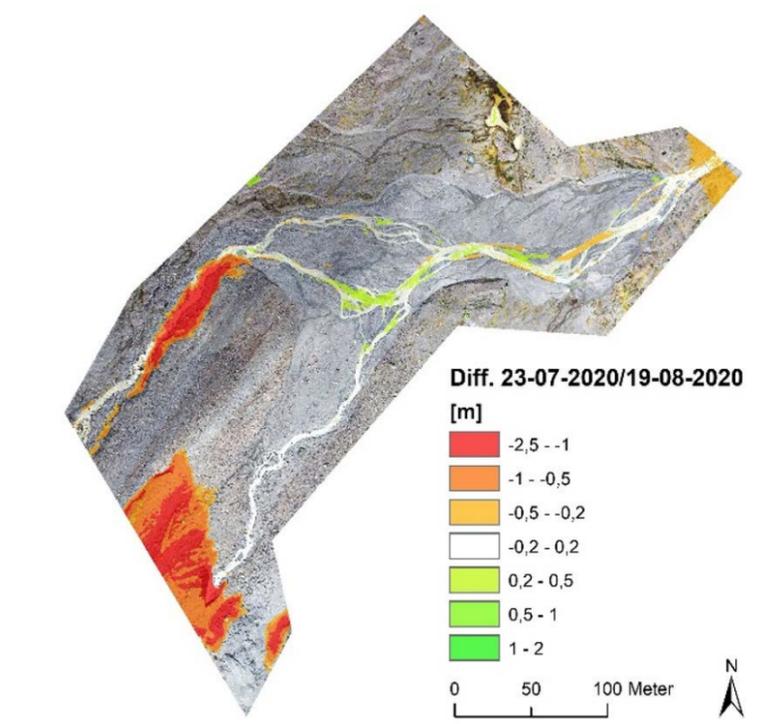


Abbildung 1: Gerinne im Jamtal mit Durchfluss-Radar, dargestellt als 3D Mesh auf Grundlage der fotogrammetrischen Kartierung



**Abbildung 2: Orthofoto des Gletschervorfeldes mit Höhenänderungen durch Abschmelzen an der Gletscherstirn und Aufschotterung in der Sandfläche im Sommer 2020.**

Die Korngrößenverteilung proglazialer Sedimente ( $d > 1$  cm) im Gletschervorfeld des Jamtalferners wird durch in-situ Messungen und UAV-gestützte Fotogrammetrie erfasst und stützt sich auf die Linienzahlanalyse nach Fehr (1987). Fraktionale Transportmodelle, die eine Korngrößenabhängige Bewegungsinisierung ermöglichen (e.g. Schneider et al. 2015), werden auf ein räumlich ausgedehntes Gerinne mit mäandernden Teilströmen angewandt und auf ihre Fähigkeit zur Schätzung der Geschiebefracht getestet. Punktuelle Validierungsdaten für Sedimenttransportmodelle werden mit Geschiebesammlern während mittlerer Abflüsse gewonnen. Die errechnete Korngrößenverteilung wird mit der geschätzten potenziellen Transportkapazität und den beobachteten Änderungen der Sedimentvolumina im Gletschervorfeld verglichen.

Veränderungen der Geländehöhe im Gletschervorfeld werden für zwei Jahre, jeweils im Frühjahr und Herbst, durch hochauflösende UAV-gestützte Foto-

grammetrie (SfM unter Verwendung von RGB-Bildern) erfasst. Die angestrebte Auflösung (GSD  $< 5$  cm; min. 4 Aufnahmen in 2 Jahren) ermöglicht eine kleinräumige Änderungsdetektion im Gletschervorfeld des Jamtalferners (Abb. 1). Aus den Oberflächenveränderungen zwischen den Zeitschritten werden jährliche Volumina des Sedimentexports abgeleitet. Zusätzlich wird die proglaziale Topografie vor und nach Starkabflussereignissen mit UAV-gestützter Fotogrammetrie hochauflösend vermessen, um morphologische Änderungen in den proglazialen Gerinnen und räumliche Muster in der Verteilung grober Sedimente zu dokumentieren. Die Berechnung von DEMs of Difference (DoD) ermöglicht es, topographische Veränderungen nachzuverfolgen, aus denen hydrologische und geomorphologische Prozesse (und Massenbilanzen) identifiziert werden können.

## Ausblick

Das hier beschriebene Forschungsvorhaben ist Teil des von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) im Rahmen des Earth System Science (ESS) Programms geförderten Projekts Hidden. Ice und verfolgt den interdisziplinären Ansatz, hydraulische, hydrologische und geomorphologische Methoden zu kombinieren, um die (glazi-)fluvialen Prozesse in hochalpinen Einzugsgebieten mit rapidem Gletscherschwund zu verstehen und Trends des Geschiebetransports abzuleiten. Dieses angestrebte lokale Prozessverständnis hat auch Implikationen für das Naturgefahrenmanagement und die Wasserkraftgewinnung in übergeordneten Einzugsgebieten und trägt somit zu den Anpassungsbemühungen alpiner Regionen an den Klimawandel bei.

## Literaturverzeichnis

- Ballantyne, C.K. (2002): Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 1935-2017.
- Comiti, F., Mao, L., Penna, D., Dell'Agnese, A., Engel, M., Rathburn, S. & Cavalli, M. (2019): Glacier melt runoff controls bedload transport in Alpine catchments. *Earth and Planetary Science Letters*, 520, 77-86.
- Fehr, R. (1987): Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen, Mitteilung Nr. 92, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Zürich.
- Heckmann, T., McColl, S. & Morche, D. (2016): Retreating ice: research in pro-glacial areas matters. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(2), 271-276.
- Helfricht, K., Huss, M., Fischer, A., & Otto, J.-C. (2019): Calibrated Ice Thickness Estimate for All Glaciers in Austria. *Frontiers In Earth Science*, 7, 1-15. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00068>
- APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten.
- Lane, S.N., Bakker, M., Gabbud, C., Micheletti, N. & Saugy, J.N. (2017): Sediment export, transient landscape response and catchment-scale connectivity following rapid climate warming and Alpine glacier recession. *Geomorphology*, 277, 210-227.
- Porter, P.R., Smart, M.J. & Irvine-Fynn, T.D.L. (2019): Glacial Sediment Stores and Their Reworking. In: T. Heckmann, D. Morche (Eds.), *Geomorphology of Proglacial Systems: Landform and Sediment Dynamics in Recently Deglaciated Alpine Landscapes*. Springer International Publishing, Cham, 157-176.
- Schneider, J.M., Rickenmann, D., Turowski, J.M. & Kirchner, J.W. (2015): Self-adjustment of stream bed roughness and flow velocity in a steep mountain channel. *Water Resources Research*, 51(10), 7838-7859

# Impressum

## **Wissenschaftliches Komitee und Vortragsleitung:**

Robert Galler (Montanuniversität Leoben)  
André Gaszó (Österreichische Akademie der Wissenschaften)  
Helmut Habersack (Universität für Bodenkultur Wien)  
Barbara Juen (Universität Innsbruck)  
Eva-Maria Kern (Universität der Bundeswehr München)  
Marc Ostermann (Geologische Bundesanstalt)  
Harald Rieder (Universität für Bodenkultur Wien)  
Andreas Schaffhauser (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)  
Josef Schneider (Technische Universität Graz)  
Thomas Wegscheider (Medizinische Universität Graz)  
Christian Zangerl (Universität für Bodenkultur Wien)

## **Organisationskomitee:**

Silke-Silvia Drexler  
René Kastner  
Hannes Kern  
Rainer Prüller  
Christian Resch

© 2020

Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich.  
Die Abstracts wurden aus der Datenbank als pdf übernommen.

Druck: druck.at

Layout: Simon Lemmerer | Studio Avi3n | [www.studioavion.com](http://www.studioavion.com)

**978-3-900932-77-0**

**Disaster Research Days 2020 - Konferenzband**  
Herausgeber: Disaster Competence Network Austria

[www.dcn.a.at](http://www.dcn.a.at)



**978-3-900932-77-0**

**Disaster Research Days 2020 - Konferenzband**  
Herausgeber: Disaster Competence Network Austria