



Universität für Bodenkultur Wien
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82
A1-1190 WIEN

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390



IAN REPORT 152
Vulnerabilitätslandkarte Österreich
– Kurzfassung –



Im Auftrag:

**Bundesministerium für Land- und
Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft
Abteilung IV/5**



Wien, April 2014

IAN REPORT 152:
Vulnerabilitätslandkarte Österreich, Kurzfassung

Im Auftrag von: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5

Projektleitung: Priv.-Doz. Dr. Sven Fuchs
Mitarbeiter: Dr. Andreas Zischg

Universität für Bodenkultur
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82
A – 1190 Wien

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390

Report Nr. 152

Referenz (Literaturzitat): Fuchs, S., Zischg, A. (2014): Vulnerabilitätslandkarte Österreich, Kurzfassung, IAN Report 152, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht)

Wien, im April 2014

1 Hintergrund

Das Projekt *Vulnerabilitätslandkarte Österreich* wurde im Auftrag der Abteilung IV/5 des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft am Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur durchgeführt. Im Rahmen des Projektes wurde eine wissenschaftlich basierte Methodik entwickelt die es erlaubt, unter Zuhilfenahme des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters, das objektbezogene Risiko (Gebäude, Personen) auf Planungsebene Gemeinde für strategische und nutzenbezogene Entscheidungen abzuleiten.

Die Methodik folgt im Ansatz dem Risikokzept für die Analyse und Bewertung alpiner Naturgefahren (Fuchs et al. 2008a; Hübl et al. 2009). Das Risikokzept basiert auf einer funktionalen Beziehung zwischen Gefährdung und Erwartungswert des Schadens, und hat sich in der jüngeren Vergangenheit im Umgang mit Naturgefahren zunehmend durchgesetzt (Kienholz et al. 2004). Eine Erweiterung des Umgangs mit Naturgefahren um das Risikokzept ist prinzipiell nicht neu, finden sich doch wesentliche Elemente der hier diskutierten Managementstrukturen bereits indirekt in einigen administrativen Richtlinien und gesetzlichen Vorgaben, denkt man beispielsweise an

- die Kosten-Nutzen-Analyse der WLW (BMLFUW 2005). Hier wird eine Bewertung des Schadenpotenzials anhand strukturierter Vorgaben durchgeführt, um die Kosteneffizienz geplanter Maßnahmen zu prüfen;
- etwaige Nutzungsbeschränkungen im Bereich der roten und gelben Gefahrenzone, hierdurch wird vor allem die Präsenzwahrscheinlichkeit von gefährdeten Personen reduziert (Hattenberger 2006);
- die Vorschreibung von Objektschutzmaßnahmen im Rahmen von Umbauten und Gebäudeerweiterungen, hierdurch wird die Vulnerabilität von Gebäuden gegenüber einwirkenden Prozessen reduziert (Holub und Fuchs 2009; Holub et al. 2012).

Parallel dazu macht die nationale Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie aus technischer Sicht, und die damit verbundene Forderung nach Visualisierung der Risiken aus politischer Sicht, die Darstellung von naturgefahreninduzierten Risiken erforderlich (Commission of the European Communities 2007).

Aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht wird Risiko allgemein als Funktion der Eintretenswahrscheinlichkeit des untersuchten Prozesses und der Höhe des potentiellen Schadenausmaßes definiert. Das Schadenausmaß errechnet sich dabei aus dem Wert und der Verletzlichkeit eines betrachteten Objektes, sowie der Präsenzwahrscheinlichkeit im Falle von beweglichen Objekten, vgl. Gleichung (1).

$$R_{i,j} = f(p_{Si}, A_{Oj}, v_{Oj,Si}, p_{Oj,Si}) \quad (1)$$

$R_{i,j}$	Risiko in Abhängigkeit von Szenario i und Objekt j
p_{Si}	Eintretenswahrscheinlichkeit von Szenario i
A_{Oj}	Wert von Objekt j
$v_{Oj,Si}$	Verletzlichkeit von Objekt j in Abhängigkeit von Szenario i
$p_{Oj,Si}$	Präsenzwahrscheinlichkeit von Objekt j gegenüber Szenario i

Im Allgemeinen sind für flächendeckende Risikoanalysen das Vorhandensein statistischer Daten sowie deren Qualität der limitierende Faktor für eine operationelle Anwendung in einer mittleren und hohen Auflösung (Keiler et al. 2006). Analysen im lokalen Maßstab werden darüber hinaus bislang durch den hohen Zeit- und somit Kostenaufwand eingeschränkt (Fuchs et al. 2008b). Im Projekt *Vulnerabilitätslandkarte Österreich* wurde aus diesem Grund ein anderer Ansatz gewählt: österreichweit liegt Information zum Schadenpotential im digitalen Gebäude- und Wohnungsregister vor (Republik Österreich 2004, 2013), diese Daten können aufgrund der räumlichen Verortung verwendet werden um Analysen zu exponierten Werten und zur Anzahl Personen durchzuführen.

Einen wesentlichen Faktor zur Bestimmung des Schadenausmaßes stellt die Verletzlichkeit dar, da die Prozessintensität alleine nicht ausreichend ist, um den Grad der Gefährdung abzugrenzen: So hat bei gleicher Intensität ein Prozess in direkter Abhängigkeit der Anfälligkeit des betrachteten Objektes mehr oder weniger Schaden zur Folge. Dementsprechend wird aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht Verletzlichkeit als eine Funktion aus Prozessintensität und Anfälligkeit der betroffenen Objekte betrachtet, und wird als Erwartungswert des Schadens eines Objektes als Ergebnis eines bestimmten Ereignisses definiert (Cutter et al. 2008; Fuchs 2009). Verletzlichkeit nimmt dabei üblicherweise einen Wert zwischen 0 (kein Schaden) und 1 (vollständige Zerstörung) an (vgl. auch Varnes 1984). Die Analyse der Verletzlichkeit erfordert neben der Prozessintensität im Normalfall den Einbezug verschiedener Parameter der betroffenen Objekte, wie zum Beispiel Baumaterialien und -techniken, Erhaltungszustand, Vorhandensein von Schutzmaßnahmen, etc. Hier existieren jedoch nur wenige Ansätze einer flächendeckenden Anwendungsmöglichkeit, wobei es sich meistens aufgrund fehlender Ereignisdokumentation um Schätzungen oder Schadenskurven handelt, die mit einigen Unsicherheiten behaftet sind (Fuchs et al. 2007; Totschnig und Fuchs 2013; Totschnig et al. 2011). Im Projekt *Vulnerabilitätslandkarte Österreich* wurde grundsätzlich mit diesem Vulnerabilitätsansatz gerechnet, weitergehende (sozialwissenschaftliche) Bedeutungen, wie soziale Anfälligkeit einzelner Individuen, gesellschaftliche Widerstandsfähigkeit und ähnliches (Adger 2006; Fuchs 2009; Cutter 2010), wurden hier nicht weiter verfolgt.

Risikoanalysen, die bei Naturgefahren durchgeführt werden, sind im Allgemeinen statische Ansätze, jedoch unterliegen naturgefahreninduzierte Risiken der zeitlichen Variabilität, da die risikobeeinflussenden Faktoren (Prozess, Objektwert, Verletzlichkeit) sich lang- sowie kurzfristig verändern können (Fuchs 2008; Fuchs und Keiler 2013; Fuchs et al. 2013). Prozesse des Global Change (als Veränderung des Naturraums und des Kulturrums) manifestieren sich speziell im Alpenraum des 20. Jahrhunderts über intensive Veränderungen. Hierbei ist von einer gewissen Zunahme der Prozessintensität bzw. Eintretenswahrscheinlichkeit der Prozesse auszugehen, an denen fließendes Wasser beteiligt ist (Hochwasser, Mur- und Rutschprozesse, vgl. Solomon et al. 2007; Field et al. 2012; United Nations 2013). Ebenso bedeutsam sind aber die Prozesse im Siedlungsraum, speziell die Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen und Objekten sowie die damit verbundenen exponierten Werte durch Veränderungen der Wirtschafts- und Sozialstrukturen (Bätzing 2002). Langfristige Veränderungen im Prozess- sowie im sozioökonomischen Bereich werden durch kurzfristige Fluktuationen überlagert, die zu Risikospitzen führen können (Zischg et al. 2005; Fuchs und Keiler 2013). Diese andauernden Veränderungen müssen bei einem dynamischen Risikokonzept berücksichtigt werden, da sämtliche Managementstrategien eindeutig zukünftig und langfristig ausgerichtet sein müssen, im Gegensatz zu den statischen Informationen, die auf einem Zeitpunkt in der Vergangenheit basieren. Grundsätzlich wird

dieser Aspekt – zumindest in Bezug auf die Gefährdung als ein Aspekt des Risikos – bereits schon im ForstG 1975 idgF berücksichtigt (§ 11 Abs. 9, Republik Österreich 1975), die unmittelbare Umsetzung in der Praxis erweist sich jedoch aufgrund der relativ langen Zeithorizonte bei der Revision der Gefahrenzonenpläne als schwierig. In Bezug auf das Schadenpotential kann jedoch im Grunde genommen ein tagesaktueller Auszug aus dem Gebäude- und Wohnungsregister genutzt werden, um die Veränderungen auf der Objektseite darzustellen.

2 Datengrundlagen

Die Studie basiert auf drei Geodatenätzen, a) die Gefahrenzonen für Wildbachgefahren und Lawinen (Summenzonen), b) der Datensatz des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR II) und c) der Datensatz der Gebäudegrundrisse. Verwendet wurde ein Auszug der Hauptdatenbanken mit Stand März 2013.

2.1 Gefahrenzonen

In der Studie wurden ausschließlich die digitalen Datensätze der Summenzonen für Wildbach- und Lawinengefahren verwendet (rote und gelbe Gefahrenzonen). Grundsätzlich kann die Methode auch auf die Hinweis- und Vorbehaltsbereiche (Rutschung, Sturz) erweitert werden.

Nach Aussage der hierfür zuständigen Abteilung IV/5 im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft kann eine vollständige Flächendeckung Österreichs mit Gefahrenzonen gemäß ForstG 1975 erst mit dem Jahr 2015 erreicht werden. Darüber hinaus liegt ein nicht unerheblicher Anteil an zwar vorhandenen, jedoch noch nicht digitalisierten Gefahrenzonenplänen gemäß ForstG 1975 an Datenbestand vor, diese Information konnte in der gegenständlichen Studie ebenfalls nicht verwendet werden. Aus diesem Grund sind die hier vorgestellten Ergebnisse für alle Bundesländer als vorläufig zu betrachten, was bei weitergehenden Interpretationen berücksichtigt werden muss.

2.1.1 Gefahrenzonen Wildbach

Die Summenzonen der Wildbachgefahren zeigen die entsprechend der Richtlinien abgegrenzten Gefahrenzonen von Wildbachprozessen (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 2011). Die Gefahrenzonen werden in zwei Kategorien bzw. Gefährdungsklassen eingeteilt, wobei für die weitere Berechnung des Risikos und der notwendigen Vulnerabilitätsbetrachtungen auf den Parameter *Geschiebeablagerungen* fokussiert wurde, vgl. Tab. 1.

Kriterium	Zone	Bemessungsereignis	Häufiges Ereignis
Geschiebeablagerungen, fließendes Wasser	Wildbach rot	Ablagerungshöhe $\geq 0,7$ m bzw. Höhe der Energielinie $\geq 1,5$ m	Geschiebeablagerung möglich bzw. Höhe der Energielinie $\geq 0,5$ m
	Wildbach gelb	Ablagerungshöhe $< 0,7$ m bzw. Höhe der Energielinie $< 1,5$ m	keine Geschiebeablagerung bzw. Höhe der Energielinie $< 0,5$ m

Im Zuge dieser Studie wurde das Bemessungsereignis mit 1/150 gerechnet, und das Abgrenzungskriterium *fließendes Wasser* nicht verwendet.

Tabelle 1: Abgrenzungskriterien für Wildbach-Gefahrenzonen der WLW (BMLFUW 2011)

2.1.2 Gefahrenzonen Lawine

Die Summenzonen der Lawinengefahren zeigen die entsprechend der Richtlinien abgegrenzten Gefahrenzonen von Lawinenprozessen (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 2011). Die Gefahrenzonen werden in zwei Kategorien bzw. Gefährdungsklassen eingeteilt, wobei für die weitere Berechnung des Risikos und der notwendigen Vulnerabilitätsbetrachtungen auf den Parameter *Druck* fokussiert wurde, vgl. Tab. 2.

Kriterium	Zone	Bemessungsereignis	Häufiges Ereignis
Druck [p]	Lawine rot	$p \geq 10 \text{ kN/m}^2$	$p \geq 10 \text{ kN/m}^2$
	Lawine gelb	$1 < p < 10 \text{ kN/m}^2$	$1 < p < 10 \text{ kN/m}^2$

Im Zuge dieser Studie wurde das Bemessungsereignis mit 1/150 gerechnet, und das Abgrenzungskriterium *Ablagerungshöhe* nicht verwendet.

Tabelle 2: Abgrenzungskriterien für Lawinen-Gefahrenzonen der WLW (BMLFUW 2011)

2.2 Gebäude

Die Umhüllenden der Gebäude wurden aus dem digitalen Kataster entnommen, und für die weitere Verwendung aufgrund der landesweiten Skalenebene nicht weiter bereinigt. In Österreich gibt es mit Stand März 2013 2.354 Gemeinden, im Rahmen des Projektes wurden nur für jene 1.545 Gemeinden Berechnungen durchgeführt, in denen gemäß ForstG 1975 ein Gefahrenzonenplan zu erstellen ist.

2.3 Gebäude- und Wohnungsregister

Der Datensatz des Gebäude- und Wohnungsregisters wurde via Schnittstelle des BMLFUW zur Verfügung gestellt, und bildet eine Kombination aus dem Adressregister und dem Gebäude- und Wohnungsregister. Das Adressregister ermöglicht die Führung eines österreichweiten Bestandes raumbezogener Adressdaten bis auf Gebäudeebene, die von einer Gemeinde amtlich vergeben werden. Ergänzend dazu werden im Gebäude- und Wohnungsregister Adressen von Wohnungen sowie Strukturdaten von Gebäuden, Wohnungen und sonstigen Nutzungseinheiten geführt. Zusätzlich ist Information über die Anzahl Haupt- und weiteren (Neben-)Wohnsitze enthalten. Der gesamte Datensatz wird im Merkmalskatalog der Statistik Austria (2012) detailliert beschrieben. Die Datensätze unterteilen sich in einen räumlichen Datensatz der Adresspunkte und mehrere inhaltliche Tabellen.

3 Methodik

Die angewandte Methodik orientiert sich an einer modulartigen Struktur, um der zeitlichen und räumlichen Dynamik des Risikos zu entsprechen.

Mit einem ökonomischen Modul wurden aus den Grundlagendaten der Gebäudegrundrisse und dem Auszug des Gebäude- und Wohnungsregisters sowie weiteren Grundlagen zur Werteberechnung die monetären Werte aller Objekte (Gebäude) berechnet. Ein Expositions- und Einwirkungsmodul dient der räumlichen Verknüpfung von Gebäude-Lageinformation und Gefahrenzonen. Ein Auswirkungsmodul weist den Gebäuden aufgrund der Information zu Objektkategorien und räumlicher Lage in den Gefahrenzonen entsprechend Verletzlichkeitswerte zu, die Schadensanfälligkeit von Personen wird ebenfalls in diesem Schritt über die Anzahl gefährdeter Personen berechnet und parallel monetarisiert. Anschließend wird in einem Schadensberechnungsmodell das potentiell vorhandene Risiko quantifiziert. Systemabgrenzung und Zusammenführung der Ergebnisse bilden den letzten Schritt, als Endergebnis stehen Informationen zu potentiellen Schadenserwartungswerten bzw. potentiellen Personenschäden auf der gewünschten Skalenebene zur Verfügung. Diese Resultate können einerseits in tabellarischer Form, andererseits in kartographischer Form abgerufen werden. Die modulare Struktur erlaubt die Berechnung mehrerer Szenarien, und die Resultate können miteinander verglichen werden. Aufgrund der Unterschiede in der Anzahl Gebäudegrundrisse (vgl. 2.2) und Adresspunkte (aus dem Gebäude- und Wohnungsregister, vgl. 2.3) wurde im Zuge des Projektes *Vulnerabilitätslandkarte Österreich* entschieden, wie oben beschrieben die Auswertungen rein auf die Informationen des Gebäude- und Wohnungsregisters abzustützen.

4 Ergebnisse

Die hier präsentierten Ergebnisse stellen einen Ausschnitt aus der Studie dar, und sind bezogen auf jene Gebäude in Österreich, die (1) über einen digitalen Gebäudegrundriss verfügen und (2) über einen eindeutig zuordenbaren Adresspunkt (Lagepunkt) mit der Information des Gebäude- und Wohnungsregisters verknüpft werden können (Datenstand: März 2013). Somit konnten von rund 3,7 Mio. Gebäuden in Österreich lediglich rund 2,4 Mio. in die Untersuchung einbezogen werden.

Tabelle 3 zeigt aufbauend auf diesen Überlegungen die Anzahl Gebäude je Bundesland und Gefahrenzone. Insgesamt können österreichweit 2,4 Mio. Gebäude räumlich eindeutig verortet werden, von denen knapp 1,5 Mio. in Gemeinden liegen, die nach ForstG 1975 einen Gefahrenzonenplan benötigen. Bereinigt um Doppelzählungen für jene Gebäude, die sowohl im Bereich einer Gefahrenzone Wildbach als auch Lawine liegen, sind 118.272 Bauten im Bereich von roten und gelben Gefahrenzonen lokalisiert (bei Einzelauswertung: 111.675 Wildbach, 9.009 Lawine). Die Werte für das Bundesland Wien begründen sich in der Tatsache, dass zwar drei Gebäude wildbachgefährdet sind, die zugehörigen Adresspunkte jedoch auf dem Gebiet des Bundeslandes Niederösterreich liegen und bei der räumlichen Verschneidung somit nicht zu Wien gerechnet werden. Somit sind rund 8 % aller Gebäude mit einem Gesamt-Wiederherstellungswert von € 66 Mrd. (Wildbach € 60 Mrd., Lawine € 6 Mrd.) innerhalb von Gefahrenzonen lokalisiert (Flächendeckung Gefahrenzonenplanung Stand März 2013, ohne nur analog vorhandene Gefahrenzonenpläne).

Bundesland	Anzahl Gebäude (alle Gemeinden)	Anzahl Gebäude (Gemeinden) nach ForstG 1975	Gefahrenzone Wildbach (Stand 03/2013)	Gefahrenzone Lawine (Stand 03/2013)	Summe exponierter Gebäude (Anzahl)*	Summe exponierter Gebäude (Prozent)*
Burgenland	133.482	30.889	140	0	140	0,45
Kärnten	185.693	176.463	8.466	188	8.580	4,86
Niederösterreich	648.717	365.315	8.381	6	8.387	2,30
Oberösterreich	425.724	243.970	12.471	137	12.586	5,16
Salzburg	139.377	132.464	23.800	594	24.075	18,17
Steiermark	381.486	252.041	25.695	460	26.025	10,33
Tirol	192.393	192.039	24.633	4.465	28.336	14,76
Vorarlberg	106.099	84.238	8.089	3.159	10.143	12,04
Wien ¹	186.574	0	0	0	0	0,00
Summe	2.399.545	1.477.419	111.675	9.009	118.272	8,01

Tabelle 3: Anzahl Gebäude je Bundesland und Gefahrenzone. *Die Spalten enthalten eine Korrektur um Doppelzählungen, da ein Gebäude gleichzeitig in einer Gefahrenzone Wildbach und Lawine liegen kann. ¹Die Anzahl der Gebäude im Bundesland Wien ist Null, da die zugehörigen Adresspunkte im Bundesland Niederösterreich verortet sind. Flächendeckung der Gefahrenzonenpläne: Stand März 2013.

Insgesamt sich rund 430.000 Personen innerhalb einer Gefahrenzone mit Haupt- oder Nebenwohnsitz gemeldet (Wildbach 399.203, Lawine 30.158), was bei einer Wohnbevölkerung von 5,47 Millionen Personen (in den untersuchten Gemeinden) ebenfalls einem Anteil von rund 8 % entspricht (7,5 % Haupt- und 9 % Nebenwohnsitze). Sektoral nach Gebäudekategorien unterteilt ergibt die Untersuchung, dass in den einzelnen Bundesländern innerhalb von Gefahrenzonen eine deutlich über- bzw. unterdurchschnittliche Anzahl bestimmter Gebäudekategorien zu finden ist. Insbesondere bei den Beherbergungsbetrieben ist dies evident; deren Anzahl ist beispielsweise innerhalb von ausgewiesenen Gefahrenzonen im Bundesland Salzburg doppelt so hoch und in Vorarlberg dreimal so hoch wie außerhalb der Zonen. Das bedeutet in Hinblick auf Risikomanagement-Strategien, dass unter Umständen eine erhebliche Anzahl Personen zusätzlich bei allfälligen Maßnahmen zu berücksichtigen ist. Graphisch sind exemplarische Ergebnisse der Studie in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Abbildung 1 zeigt die in Gefahrenzonen Wildbach exponierten Gebäude in Bezug auf die Gesamtanzahl Gebäude in der jeweiligen Gemeinde.

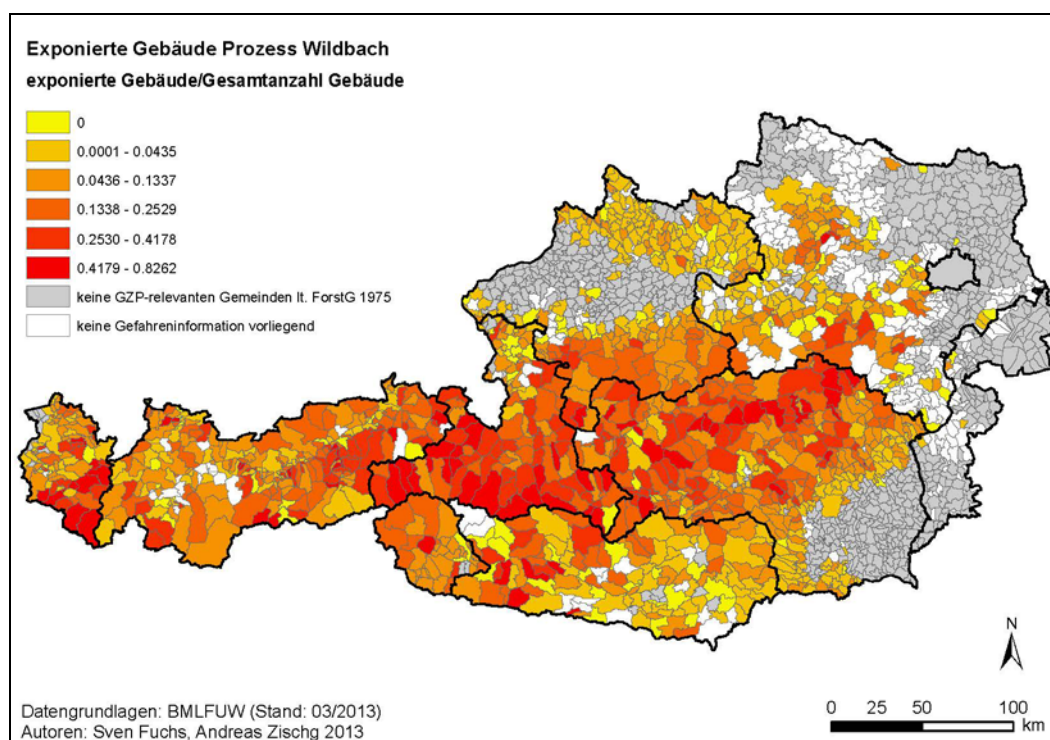


Abbildung 1: Anzahl der in Gefahrenzonen Wildbach (rote und gelbe Gefahrenzone) lokalisierten Gebäude in Bezug auf die Gesamtanzahl Gebäude in der jeweiligen Gemeinde. Flächendeckung Gefahrenzonenplanung und Datenstand März 2013, ohne nur analog vorhandene Gefahrenzonenpläne.

Abbildung 2 beruht auf einer Auswertung der Wohnsitze, hier ist dargestellt, wie viele Personen je Gemeinde in wildbachgefährdeten Bereichen gemeldet sind. Die Auswertung bezieht sich dabei auf den rechnerischen Mittelwert über alle GZP-relevanten Gemeinden in Österreich (256,64 Personen). In blauer Farbgebung werden jene Gemeinden wiedergegeben, die weniger exponierte Personen aufweisen. In unterschiedlichen Rottönen

werden im Gegensatz Gemeinden mit einer überdurchschnittlichen Anzahl exponierter Personen dargestellt.

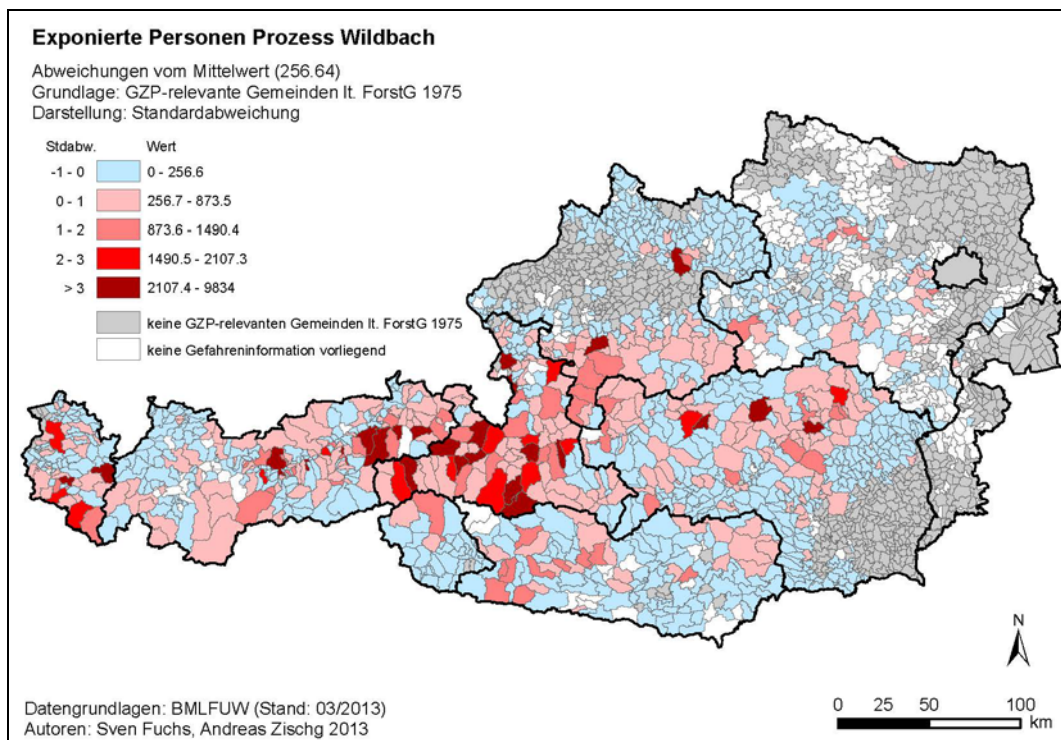


Abbildung 2: Bipolare Darstellung der Anzahl exponierter Personen in Gefahrenzonen Wildbach in Bezug auf den österreichischen Mittelwert (256,64 Personen pro Gemeinde). Flächendeckung Gefahrenzonenplanung und Datenstand März 2013, ohne nur analog vorhandene Gefahrenzonenpläne.

5 Literatur

- Adger N (2006) Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3):268-281
- Bätzing W (2002) Die aktuellen Veränderungen von Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft und Bevölkerung in den Alpen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, vol P26. Umweltbundesamt, Berlin
- BMLFUW (2011) Richtlinien für die Gefahrenzonenplanung. BMLFUW-LE.3.3.3/0185-IV/5/2007. Fassung vom 11. Februar 2011. BMLFUW, Wien
- Commission of the European Communities (2007) Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union* L 288/27
- Cutter S (2010) Social science perspectives on hazards and vulnerability science In: Beer T (ed) *Geophysical hazards*. Springer, Dordrecht, pp 17-30
- Cutter S, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, Webb J (2008) A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change* 18 (4):598-606
- Field CB, Barros V, Stocker TF, Dahe Q, Dokken DJ, Plattner G-K, Ebi KL, Allen SK, Mastrandrea MD, Tignor M, Mach KJ, Midgley PM (2012) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Fuchs S (2008) Klimawandel und sozioökonomische Veränderungen - Herausforderungen des Umgangs mit Naturgefahren im Berggebieten. In: BMLFUW, ÖWAV (eds) *Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft*. BMLFUW, ÖWAV, Wien, pp 117-128
- Fuchs S (2009) Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria – Paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9 (2):337-352
- Fuchs S, Heiss K, Hübl J (2007) Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 7 (5):495-506
- Fuchs S, Kaitna R, Scheidl C, Hübl J (2008a) The application of the risk concept to debris flow hazards. *Geomechanics and Tunnelling* 1 (2):120-129
- Fuchs S, Keiler M, Zischg A (2008b) Multi-temporale skalenabhängige Schadenpotenzialanalyse. *Wildbach- und Lawinenverbau* 158:146-156
- Fuchs S, Keiler M (2013) Space and time: coupling dimensions in natural hazard risk management? In: Müller-Mahn D (ed) *The spatial dimension of risk – how geography shapes the emergence of riskscapes*. Earthscan, London, pp 189-201
- Fuchs S, Keiler M, Sokratov SA, Shnyparkov A (2013) Spatiotemporal dynamics: the need for an innovative approach in mountain hazard risk management. *Natural Hazards* 68 (3):1217-1241
- Hattenberger D (2006) Naturgefahren und öffentliches Recht. In: Fuchs S, Khakzadeh L, Weber K (eds) *Recht im Naturgefahrenmanagement*. StudienVerlag, Innsbruck, pp 67-91
- Holub M, Fuchs S (2009) Mitigating mountain hazards in Austria – Legislation, risk transfer, and awareness building. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9 (2):523-537

- Holub M, Suda J, Fuchs S (2012) Mountain hazards: reducing vulnerability by adapted building design. *Environmental Earth Sciences* 66 (7):1853-1870
- Hübl J, Keiler M, Fuchs S (2009) Risikomanagement für alpine Naturgefahren. *Wildbach- und Lawinverbau* 163:60-74
- Keiler M, Zischg A, Fuchs S (2006) Methoden zur GIS-basierten Erhebung des Schadenpotenzials für naturgefahreninduzierte Risiken. In: Strobl J, Roth C (eds) *GIS und Sicherheitsmanagement*. Wichmann, Heidelberg, pp 118-128
- Kienholz H, Krummenacher B, Kipfer A, Perret S (2004) Aspects of integral risk management in practice – considerations with respect to mountain hazards in Switzerland. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 56 (3-4):43-50
- Republik Österreich (1975) Forstgesetz 1975. BGBl 440/1975
- Republik Österreich (2004) Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz). BGBl 9/2004
- Republik Österreich (2013) Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz). BGBl 9/2004 i.d.F. 1/2013. BGBl 1/2013
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K, Tignor M, Miller H (eds) (2007) *Climate change 2007. The scientific basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge
- Statistik Austria (ed) (2012) *Adress-GWR Online Handbuch, Teil C, Anhang 2: Merkmalskatalog*. Statistik Austria, Wien
- Totschnig R, Fuchs S (2013) Mountain torrents: quantifying vulnerability and assessing uncertainties. *Engineering Geology* 155:31-44
- Totschnig R, Sedlacek W, Fuchs S (2011) A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport. *Natural Hazards* 58 (2):681-703
- United Nations (2013) *Global assessment report on disaster risk reduction*. UNISDR, Geneva
- Varnes D (1984) *Landslide hazard zonation: A review of principles and practice*. UNESCO, Paris
- Zischg A, Fuchs S, Keiler M, Stötter J (2005) Temporal variability of damage potential on roads as a conceptual contribution towards a short-term avalanche risk simulation. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5 (2):235-242