

Spatial and temporal exposure of elements at risk in Austria

Räumliche und zeitliche Exponiertheit von Gebäuden in Österreich

Sven Fuchs, PD Dr.¹; Andreas Zischg, Dr.²; Margreth Keiler, PD Dr.³

ABSTRACT

The paper presents a nation-wide spatially explicit object-based assessment of buildings exposed to natural hazards in Austria. The assessment was based on two different datasets, (a) hazard information providing input to the exposure of elements at risk, and (b) information on the building stock combined from different spatial data available on the national level. It is shown that the repeatedly-stated assumption of increasing exposure due to continued population growth and related increase in assets has to be carefully evaluated by the local development of building stock. While some regions have shown a clearly above-average increase in assets, other regions were characterised by a below-average development. In sum, around 5 % of all buildings are exposed to torrential flooding, and around 9 % to river flooding, with around 1 % of the buildings stock being multi-exposed. In conclusion, the presented object-based assessment is an important and suitable tool for nation-wide exposure assessment and may be used in operational risk management.

ZUSAMMENFASSUNG

Aussagen zur Exposition von Wertobjekten gegenüber Naturgefahren hängen von der Verfügbarkeit entsprechender Datengrundlagen ab, insbesondere von einer genauen Bewertung der so genannten Risikoelemente und ihrer räumlichen und zeitlichen Dynamik. Bislang waren derartige Daten flächendeckend nicht verfügbar, und in Folge waren Untersuchungen zur Exposition auf die lokale Skalenebene einzelner Fallstudien beschränkt. Für alpine Naturgefahren wurden langfristige Änderungen des Schadenpotentials einem signifikanten Anstieg der Anzahl und Werte gefährdeter Gebäude zugeschrieben und können sowohl in Agglomerationen als auch im ländlichen Raum nachgewiesen werden (Fuchs et al. 2013). Kurzfristige Veränderungen im Schadenpotential variieren den beobachteten langfristigen Trend, vor allem in Bezug auf gefährdete Personen (Keiler et al. 2005; Zischg et al. 2005). Die meisten der aktuellen Studien basieren auf lokalen Daten oder auf aggregierter Information zur Landnutzung (Zischg et al. 2013), was zu substantiellen Unsicherheiten bei der Risikoberechnung führt (de Moel & Aerts 2011). Im Folgenden wird aufgezeigt, wie eine objektbasierte

1 University of Natural Resources and Life Sciences, Institute of Mountain Risk Engineering, Vienna, AUSTRIA, sven.fuchs@boku.ac.at

2 Universität Bern Geographisches Institut, Mobiliar Lab, Bern, SWITZERLAND

3 Universität Bern Geographisches Institut, Bern, SWITZERLAND

Expositionsanalyse auf nationalem Maßstab in hoher räumlicher Auflösung durchgeführt werden kann, und wie sich die Exposition gegenüber Naturgefahren räumlich und zeitlich entwickelt hat.

KEYWORDS

Exposure; building stock; spatial analysis; temporal analysis; risk management

EINFÜHRUNG

Aussagen zur Exposition von Wertobjekten gegenüber Naturgefahren hängen von der Verfügbarkeit entsprechender Datengrundlagen ab, insbesondere von einer genauen Bewertung der so genannten Risikoelemente und ihrer räumlichen und zeitlichen Dynamik. Bislang waren derartige Daten flächendeckend nicht verfügbar, und in Folge waren Untersuchungen zur Exposition auf die lokale Skalenebene einzelner Fallstudien beschränkt. Für alpine Naturgefahren wurden langfristige Änderungen des Schadenpotentials einem signifikanten Anstieg der Anzahl und Werte gefährdeter Gebäude zugeschrieben und können sowohl in Agglomerationen als auch im ländlichen Raum nachgewiesen werden (Fuchs et al. 2013). Kurzfristige Veränderungen im Schadenpotential variieren den beobachteten langfristigen Trend, vor allem in Bezug auf gefährdete Personen (Keiler et al. 2005; Zischg et al. 2005). Die meisten der aktuellen Studien basieren auf lokalen Daten oder auf aggregierter Information zur Landnutzung (Zischg et al. 2013), was zu substantiellen Unsicherheiten bei der Risikoberechnung führt (de Moel & Aerts 2011). Im Folgenden wird aufgezeigt, wie eine objektbasierte Expositionsanalyse auf nationalem Maßstab in hoher räumlicher Auflösung durchgeführt werden kann, und wie sich die Exposition gegenüber Naturgefahren räumlich und zeitlich entwickelt hat.

METHODEN

Die zeitlich-räumliche Analyse der Exposition folgt im Ansatz dem Risikokonzept für die Analyse und Bewertung von Naturgefahren, und basiert auf einer Verschneidung zwischen den gefährdeten Flächen und der Gebäudeinformation. Zwei unterschiedliche Datensätze wurden verwendet, (a) Gefahreninformation als Input für die Exposition, und (b) Informationen aus dem digitalen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR II). Um ein vollständigeres Bild zur Exposition zu bekommen, wurden die Prozesse „Überschwemmung“, „Wildbachprozesse“ und „Lawinen“ analysiert und die Ergebnisse miteinander verglichen, da diese Prozessgruppen – neben Sturmwind und Hagel, die in vorliegender Studie jedoch nicht weiter analysiert werden – für die Mehrheit der Schäden im Alpenraum verantwortlich zeichnen (Hilker et al. 2009).

Für alpine Naturgefahren (Wildbäche und Lawinen) wurden vorhandene Gefahrenzonenpläne verwendet. Gefahrenzonenpläne beziehen sich in der Regel auf eine einzelne Gemeinde, und auf den von einem Bemessungsereignis mit einer Wiederkehrperiode von 150 Jahren betroffenen Bereich (Republik Österreich 1976). Die roten und gelben Gefahrenzonen

enthalten mit Stand 09/2014 rund 92% aller Gemeinden mit einer Verpflichtung zur Gefahrenzonenplanerstellung nach ForstG 1975 (Republik Österreich 1975). Zur Darstellung der von Überschwemmung betroffenen Flächen wurden Daten aus der digitalen eHORA Plattform (<http://www.hochwasserrisiko.at/>) verwendet. Diese Daten zeigen überschwemmungsgefährdete Bereiche und wurden gemeinsam vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und dem österreichischen Versicherungsverband auf mehr als 25.000 Flusskilometern modelliert (Stiefelmeyer & Hlatky 2008). Aufgrund der Diskussion über die Harmonisierung der Gefahrenkartierung in Österreich (Rudolf-Miklau & Sereinig 2009) wurde das modellierte hundertjährige Hochwasser-Szenario für die Studie verwendet.

Die Exposition wurde mit Hilfe des GWR II ermittelt. Seit der Umsetzung des Bundesgesetzes über das Gebäude und Wohnungsregister (Republik Österreich 2009, 2013) sind Gemeinden in Österreich für die Sammlung und Verarbeitung von digitalen Informationen für den gesamten Gebäudebestand verantwortlich. Diese Informationen werden zentral in einer Datenbank gespeichert und enthalten Angaben über die Lage und Größe der einzelnen Gebäude, sowie die Baukategorie und die Bauperiode (vor 1919, 1920-1944, 1945-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000) bzw. das Baujahr (seit 2001).

Es erfolgte eine räumliche Verschneidung zwischen der Gefahreninformation und dem GWR II-Datensatz. Mit Ausnahme von Sakralbauten wurde ein ökonomisches Modell zur Berechnung des Wertes der Gebäude angewendet unter Verwendung von (a) den vorliegenden Informationen des GWR II in Bezug auf Gebäudetyp, Anzahl der Geschosse und Nutzung, und (b) regional gemittelten Baukosten beruhend auf einer Kombination der Ansätze aus Keiler et al. (2006) und Kranewitter (2002). Die Baukosten wurden auf Neuwerte anstelle von Marktwerten gerechnet, was allgemeinen Versicherungsgrundsätzen entspricht, und wurden mit dem jeweiligen Index der Baukosten (Statistik Austria 2013) inflationsangepasst. Die räumlichen und zeitlichen Analysen des Schadenpotentials wurden aufgrund der Information zu Bauperiode und Baujahr der aktuell bestehenden Gebäude getätigt. Die Analyseergebnisse können demnach nicht dazu verwendet werden, um beispielsweise die tatsächliche (historische) Bevölkerungsentwicklung oder die tatsächliche (historische) Werteentwicklung in gefährdeten Bereichen abzuleiten, da diese Information nicht im Datensatz enthalten ist. Die Analyse stützt sich lediglich auf den Bauzeitpunkt der heute bestehenden Gebäude ab.

ERGEBNISSE

Im Folgenden werden Ergebnisse präsentiert, zunächst in Bezug auf die räumliche und anschließend in Bezug auf die zeitliche Analyse. Auffallend ist die generell bestehende Heterogenität zwischen einzelnen Gemeinden und Gebäudekategorien.

In Österreich konnten 2.399.500 Gebäude eindeutig einer Information im GWR II zugeordnet werden, davon sind 319.026 (13,3 %) gegenüber den untersuchten Naturgefahren exponiert

Tabelle 1: Exponierte Gebäude in Österreich (Einfach- und Mehrfachgefährdung).

Bundesland	Gebäude [N]	Nicht-exponierte Gebäude [N]	Exponierte Gebäude [N]	Exponierte Gebäude [%]	Einfachgefährdung			Mehrfachgefährdung			
					Überschwemmung [N]	Wildbach [N]	Lawine [N]	Überschwemmung und Wildbach [N]	Wildbach und Lawine [N]	Überschwemmung und Lawine [N]	Überschwemmung, Wildbach und Lawine [N]
Burgenland	133.482	123.905	9.577	7,2	9.439	140	0	2	0	0	0
Kärnten	185.693	161.782	23.911	12,9	17.012	8.466	188	1.660	95	10	10
Niederösterreich	648.693	569.085	79.608	12,3	73.239	8.381	6	2.018	0	0	0
Oberösterreich	425.718	378.307	47.411	11,1	37.836	12.471	137	2.950	22	71	10
Salzburg	139.377	99.662	39.715	28,5	20.360	23.800	594	4.684	319	128	92
Steiermark	381.484	331.065	50.419	13,2	27.953	25.695	460	3.530	130	52	23
Tirol	192.381	141.735	50.646	26,3	25.635	24.631	4.465	2.975	924	276	90
Vorarlberg	106.098	91.910	14.188	13,4	4.334	8.089	3.159	270	1.105	31	12
Wien	186.574	183.023	3.551	1,9	3.551	0	0	0	0	0	0
Summe	2.399.500	2.080.474	319.026	13,3	219.359	111.673	9.009	18.089	2.595	568	237

(Tabelle 1). Von diesen knapp 2,4 Mio. Gebäuden sind 9 % (219.359) überschwemmungsgefährdet, und 5 % gegenüber alpinen Naturgefahren exponiert (Wildbach 111.673 und Lawine 9.009). Insgesamt sind 298.248 Gebäude (93,5 % der exponierten Gebäude und 12,4 % des gesamten Gebäudebestandes) gegenüber einem Naturgefahrenstyp exponiert, und 20.778 Gebäude (6,5 % der exponierten Gebäude und 0,9 % des gesamten Gebäudebestandes) gegenüber mehr als einem Naturgefahrenstyp (multi-exposure): 18.089 Gebäude sind von Flusshochwasser und Wildbächen betroffen, 2.595 von Wildbach- und Lawinengefahren, 568 von Lawinen und Flusshochwasser, und 237 von allen drei Prozesstypen.

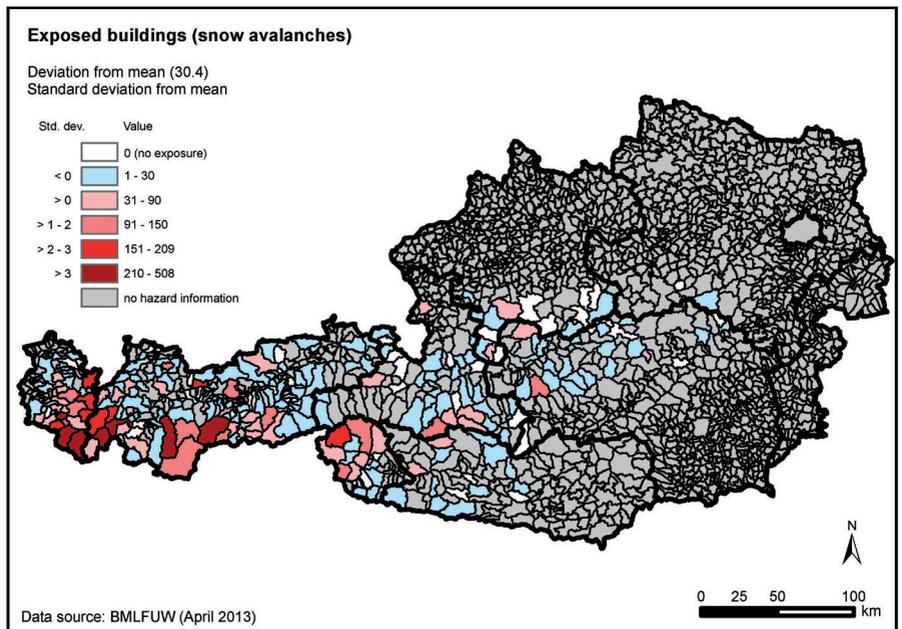
Wird der Datensatz nach den unterschiedlichen Gebäudekategorien analysiert, ergibt sich folgendes Bild (vgl. Tabelle 2): Der Großteil der exponierten Gebäude entfällt auf Wohngebäude (Kategorien 1-3), aber es ist auch ein erheblicher Anteil an Hotels und ähnlichen Gebäuden (Gastgewerbe, Kategorie 4) und Gewerbebauten (Kategorien 5-8) exponiert.

- Die insgesamt 2.056.322 Wohngebäude entsprechen 85,7 % des Gebäudebestandes in Österreich, und 12,62 % davon (259.687) sind exponiert.
- Die insgesamt 140.470 Gewerbebauten entsprechen 5,86 % des Gebäudebestandes in Österreich, und 21,06 % davon (29.593) sind exponiert.
- Die insgesamt 37.272 Gebäude des Gastgewerbes entsprechen 1,55 % des Gebäudebestandes in Österreich, und 23,04 % davon (8.589) sind exponiert.

Die räumliche Abfrage auf Gemeindeebene ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Die Referenzgröße der Abbildung sind die von den jeweiligen Prozessen betroffenen Gemeinden. In Bezug auf Lawinen beträgt die mittlere Anzahl exponierter Gebäude 30,4 pro Gemeinde (für von Lawinen gefährdete Gemeinden). Die höchste Exposition mit > 3 Standardabweichungen findet sich in Gemeinden Westösterreichs nahe des Alpenhauptkamms (Vorarlberg und Tirol). Die mittlere Anzahl wildbach-exponierter Gebäude beträgt 87,7 pro Gemeinde (für wildbachgefährdete Gemeinden). Gemeinden mit einer hohen Exposition finden sich vor allem im Bundesland Salzburg, sowie in einigen Gemeinden des Tiroler Unterlandes. Überschwemmung entlang der Flüsse betrifft größere Landesflächen, und im Mittel sind 97,1 Gebäude je

Tabelle 2: Exponierte Gebäude in Österreich (nach Gebäudekategorien).

Gebäudekategorie	Gebäude [N]	Gebäude [%]	Nicht-exponierte Gebäude [N]	Exponierte Gebäude [N]	Exponierte Gebäude [%]	Einfachgefährdung			Mehrfachgefährdung			
						Überschwemmung [N]	Wildbach [N]	Lawine [N]	Überschwemmung und Wildbach [N]	Wildbach und Lawine [N]	Überschwemmung und Lawine [N]	Überschwemmung, Wildbach und Lawine [N]
Gebäude mit einer Wohnung (1)	1.510.151	62,94	1.335.938	174.213	11,54	119.189	60.424	4.607	8.600	1.280	221	94
Gebäude mit zwei oder mehr Wohnungen (2)	542.118	22,59	457.359	84.759	15,63	56.195	32.477	2.308	5.421	681	177	58
Wohngebäude für Gemeinschaften (3)	4.053	0,17	3.338	715	17,64	528	204	38	37	18	3	3
Hotels und ähnliche Gebäude (4)	37.272	1,55	28.683	8.589	23,04	4.217	4.622	994	695	302	82	35
Bürogebäude (5)	31.420	1,31	25.551	5.869	18,68	4.815	1.325	63	315	17	5	3
Groß- und Einzelhandelsgebäude (6)	32.583	1,36	25.646	6.937	21,29	5.612	1.761	73	461	25	5	2
Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens (7)	4.319	0,18	3.525	794	18,38	544	295	53	73	24	9	8
Industrie- und Lagergebäude (8)	72.148	3,01	56.155	15.993	22,17	12.874	4.113	248	1.139	86	30	13
Gebäude für Kultur-/Freizeit Zwecke, Bildungs- und Gesundheitswesen (9)	21.082	0,88	17.041	4.041	19,17	3.142	1.113	90	264	35	11	6
Landwirtschaftliches Nutzgebäude (10)	18.496	0,77	17.341	1.155	6,24	624	501	121	66	24	4	3
Privatgarage (11)	48.819	2,03	43.412	5.407	11,08	3.686	1.811	136	193	31	5	3
Kirchen, sonstige Sakralbauten (12)	4.384	0,18	3.896	488	11,13	289	200	47	33	15	2	2
Pseudobauhlichkeit (13)	4.536	0,19	3.683	853	18,81	797	71	3	18	0	0	0
Sonstiges Bauwerk (14)	68.119	2,84	58.906	9.213	13,52	6.847	2.756	228	554	57	14	7
Summe	2.399.500	100	2.080.474	319.026	13,30	219.359	111.673	9.009	18.089	2.595	568	237



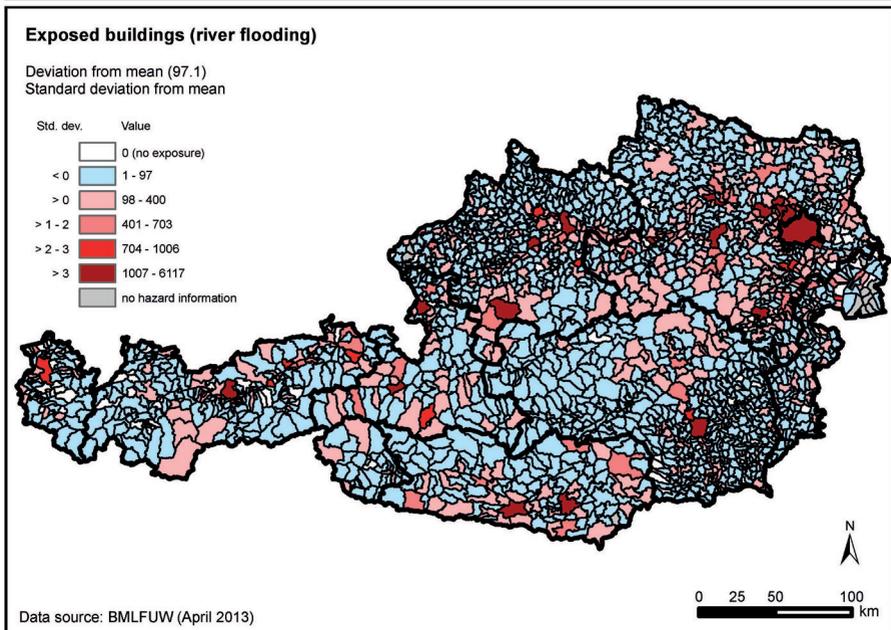
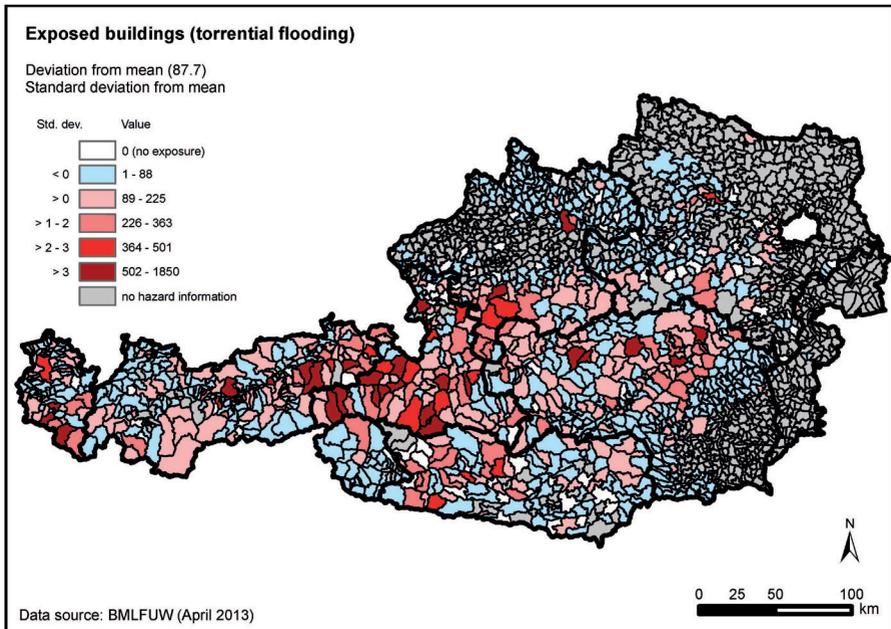


Abbildung 1: Anzahl der gegenüber Überschwemmung, Wildbächen und Lawinen exponierten Gebäude, dargestellt auf Gemeindeebene und in Form der Abweichung vom Mittelwert.

Gemeinde exponiert. Aufgrund der hohen Anzahl an Gebäuden im Bereich der HORA-Mo-
dellierung sticht die Stadt Wien heraus, ebenso wie die Gemeinden entlang der Donau.

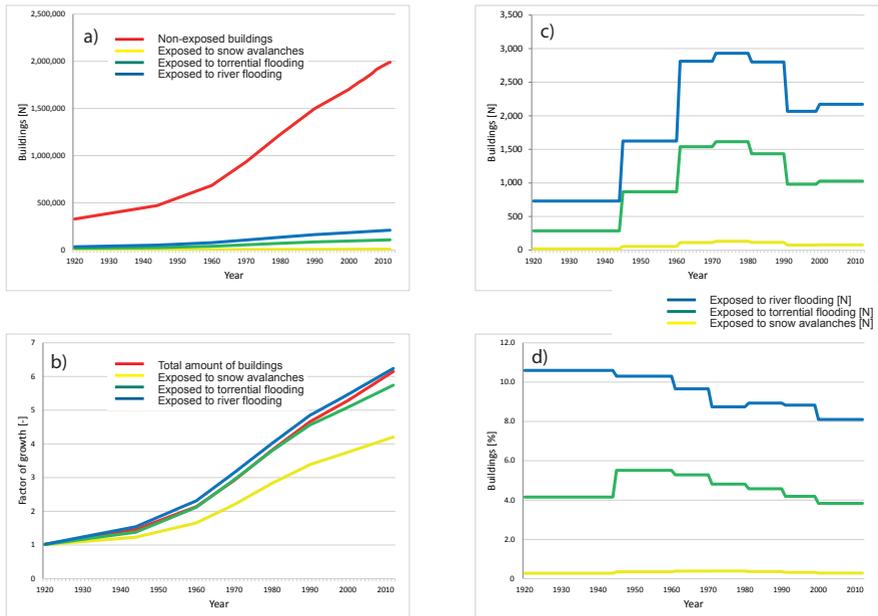


Abbildung 2: Zeitliche Kennzahlen des Gebäudebestandes in Österreich.

In Abbildung 2 ist die zeitliche Analyse des Gebäudebestandes in Österreich zusammenge-
fasst. Insgesamt steigen über den Untersuchungszeitraum sowohl der Gesamtgebäudebestand,
als auch die Anzahl der in den drei Gefahrengruppen exponierten Gebäude kontinuierlich an.
Weder im Bereich der Überschwemmungen, noch im Bereich der Wildbäche sind besonders
hohe Steigerungsraten auffallend (Abbildung 2a), hingegen ist seit den 1950er Jahren die
Anzahl der nicht-exponierten Gebäude stark gestiegen. Darüber hinaus zeigt sich, dass die
Anzahl der gegenüber Lawinen exponierten Gebäude gemessen am Gesamtbestand der
Gebäude vernachlässigbar ist, diese Gruppe wurde aus diesem Grund in vorliegendem Bericht
nicht weiter beschrieben. Seit 1919 ist die Anzahl der Gebäude in Österreich um den Faktor
6,4 von 373.067 auf 2,4 Millionen gestiegen. Da für rund 4,2 % der Gebäude das Baujahr in
der Datengrundlage fehlt, wurden diese von der weiteren Analyse ausgeschlossen.
Die Anzahl der gegenüber Überschwemmung exponierten Gebäude ist um den Faktor 6,5
gestiegen (von 33.697 auf 219.359), siehe auch Abbildung 2b, die Anzahl der gegenüber
Wildbachgefahren exponierten Gebäude um den Faktor 5,9 (von 18.797 auf 111.673).
In Abbildung 2b ist die kumulative Steigerungsrate des Gebäudebestandes dargestellt, zum
einen für den Gesamtgebäudebestand und zum anderen für die gegenüber den drei Prozess-
gruppen exponierten Gebäude. Während die Steigerungsrate für die überschwemmungsge-

fährdeten Gebäude leicht über jener des Gesamtbestandes liegt, ist die Rate für die wildbachgefährdeten Gebäude seit 1990 abnehmend und liegt unterhalb jener des Gesamtbestandes. In Abbildung 2c ist die durchschnittliche jährliche Summe der Neubauten für die Exposition gegenüber den drei Gefahrengruppen dargestellt. Bis in die 1970er Jahre ist diese deutlich angestiegen, ab 1980 nimmt diese leicht ab und in der letzten Dekade ist wiederum eine leichte Zunahme zu verzeichnen. Auffallend ist, dass die Kurven für Überschwemmung und Wildbachgefährdung einem ähnlichen Muster folgen. Im letzten untersuchten Jahr (2012) wurden 78 Gebäude in lawinengefährdeten, 1.028 in wildbachgefährdeten, und 2.172 in überschwemmungsgefährdeten Bereichen errichtet. Die zeitliche Entwicklung der Bautätigkeit in gefährdeten Bereichen ist in Abbildung 2d dargestellt als Verhältnis zwischen den jährlichen Neubauten innerhalb von Gefahrenzonen und der Gesamtzahl jährlicher Neubauten. Über den gesamten Untersuchungszeitraum nahm der Prozentsatz von 10,6 auf 8,1 % (Überschwemmung), und von 4,2 auf 3,8 % (Wildbach) ab.

FAZIT

Eine detaillierte und räumlich verortete Bewertung der gegenüber Naturgefahren exponierten Gebäude in Österreich wurde durchgeführt für überschwemmungs-, wildbach- und lawinengefährdete Bauwerke. Insgesamt ist im Zeitverlauf ein Anstieg des Schadenpotentials nachweisbar. Die räumliche Analyse zeigt, dass einige Gemeinden einen deutlich überdurchschnittlichen Anstieg und andere einen unterdurchschnittlichen Anstieg der Gebäudezahlen aufweisen (vgl. auch Fuchs et al. 2015). Dies spiegelt einerseits die Topographie des Landes wider, aber auch die unterschiedlichen wirtschaftlichen Aktivitäten: Beherbergungsbetriebe sind vor allem in den westlichen Bundesländern gegenüber alpinen Naturgefahren exponiert, während Gewerbebauten und Gebäude der Freizeitnutzung vor allem von Überschwemmung betroffen sind. Wohngebäude zeigen demgegenüber eine durchschnittliche Exposition. Eine flächendeckende objektbasierte Bewertung hat Vorteile im Vergleich zu kleinräumigen fallstudienbasierten Analyseansätzen, da kleinskalige Verteilungsmuster und unterschiedliche Auftretensmuster von gefährlichen Prozessen zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen können. Die dargestellten Ergebnisse können genutzt werden, um flächendeckende Risikoabschätzungen (beispielsweise im Rahmen der Umsetzung der EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie) durchzuführen. Darüber hinaus können flächendeckende Aussagen zum Schadenausmaß zukünftiger Naturgefahrenereignisse getätigt werden.

LITERATUR

- de Moel H., Aerts J. (2011). Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Natural Hazards* 58: 407-425.
- Fuchs S., Keiler M., Sokratov S., Shnyparkov A. (2013). Spatiotemporal dynamics: the need for an innovative approach in mountain hazard risk management. *Natural Hazards* 68: 1217-1241.
- Fuchs S., Keiler M., Zischg A. (2015). A spatiotemporal multi-hazard exposure assessment based on property data. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15: 2127-2142.
- Hilker N., Badoux A., Hegg C. (2009). The Swiss flood and landslide damage database 1972-2007. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9: 913-925.
- Jongman B., Koks E., Husby T., Ward P. (2014). Increasing flood exposure in the Netherlands: implications for risk financing. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14: 1245-1255.
- Keiler M., Zischg A., Fuchs S., Hama M., Stötter J. (2005). Avalanche related damage potential – changes of persons and mobile values since the mid-twentieth century, case study Galtür. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5: 49-58.
- Keiler M., Zischg A., Fuchs S. (2006b). Methoden zur GIS-basierten Erhebung des Schadenpotenzials für naturgefahreninduzierte Risiken. In: Strobl J., Roth C. (eds) *GIS und Sicherheitsmanagement*. Wichmann, Heidelberg: 118-128.
- Kranewitter H. (2002). *Liegenschaftsbewertung*. GESCO, Wien.
- Republik Österreich (1975). *Forstgesetz 1975*. BGBl 440/1975.
- Republik Österreich (1976). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne*. BGBl 436/1976.
- Republik Österreich (2009). *Bundesgesetz, mit dem das Registerzählungsgesetz, das Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister, das Bundesstatistikgesetz 2000 und das E-Government-Gesetz geändert werden*. BGBl 125/2009.
- Republik Österreich (2013). *Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz)*. BGBl 9/2004 i.d.F. 1/2013.
- Rudolf-Miklauer F., Sereinig N. (2009). Festlegung des Bemessungshochwassers: Prozessorientierte Harmonisierung für Flüsse und Wildbäche. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 61: 27-32.
- Statistik Austria (2013). *Baupreisindex für den Hoch- und Tiefbau*. Statistik Austria, Wien.
- Stiefelmeyer H., Hlatky T. (2008). HORA - An Austrian platform for natural hazards as a new way in risk communication. In: Mikoš M., Hübl J., Koboltschnig G. (eds) *Internationales Symposium Interpraevent, Band 1*, Dornbirn: 229-236.
- 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: 235-242.

- Zischg A., Schober S., Sereinig N., Rauter M., Seymann C., Goldschmidt F., Bäk R., Schleicher E. (2013). Monitoring the temporal development of natural hazard risks as a basis indicator for climate change adaptation. *Natural Hazards* 67: 1045-1058.

DANKSAGUNG

Die Studie wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie vom Versicherungsverband Österreich unterstützt.