

Flood Risk Reduction through Object Protection Measures - Benefit Analysis on Catchment Scale in Upper Austria

Reduzierung des Hochwasserrisikos durch Objektschutzmaßnahmen – Nutzenanalyse auf Einzugsgebietskala in Oberösterreich

Matthias Huttenlau¹; Stefan Achleitner²; Benjamin Winter³; Manuel Plörer²; Michael Hofer⁴; Felix Weingartner⁵

ABSTRACT

Object-specific protective measures can play a vital role in the framework of flood risk management to reduce flood risk. From a technical point of view, those measures can be divided into waterproof and elevated construction technics. The temporal development of flood risk and the potential benefit of two types of technical protection measures to reduce damages was analysed and assessed within a case study conducted in Upper Austria on mesoscale. The study frameworks applies on the one side the common scenario-based approach considering events with certain return periods and on the other side a stochastic approach. It is shown, that both types of object protection measures are an efficient instrument until the protection goal is reached. If intensities exceed the protection goal of inundation depths with a recurrence interval of 100 years plus 20cm, a significant and swift decrease of the protective effect can be identified, especially with waterproof construction technics. In contrast, the protective effect of elevated construction technics persists significantly longer.

ZUSAMMENFASSUNG

Objektschutzmaßnahmen können bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos im Rahmen des integrierten Hochwasserrisiko-Managements einen effizienten Beitrag leisten. Dabei stehen unterschiedliche Objektschutzmaßnahmen der wasserdichten Bauweise und der erhöhten Bauweise zur Verfügung. Im vorliegenden Beitrag wurde in einem mesoskaligen Einzugsgebiet in Oberösterreich der Frage nachgegangen, wie sich das Hochwasserrisiko über die Zeit möglicherweise verändert und welcher monetäre schadenreduzierende Nutzen von Objektschutzmaßnahmen im Rahmen der baurechtlichen Genehmigungsverfahren zu erwarten ist. Hierbei wurde zum einen der in der Praxis gängige

1 alpS Centre for Climate Change Adaptation, Innsbruck, AUSTRIA, huttenlau@alps-gmbh.com

2 Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck, AUSTRIA

3 alpS GmbH, Innsbruck und Institut für Geographie, Universität Innsbruck, AUSTRIA

4 Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Günter Humer GmbH, Geboltskirchen, AUSTRIA

5 Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft, Gruppe Schutzwasserwirtschaft, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz, AUSTRIA

szenarien-basierte Ansatz über Ereignisse mit bestimmten Eintretenswahrscheinlichkeiten gewählt, zum anderen kam ein stochastischer Ansatz zur Anwendung. Es kann mit der Untersuchung gezeigt werden, dass beide Arten von Objektschutzmaßnahmen ein effizientes Instrument bis zur Erreichung des Schutzzieles (Hochwasserabflussbereich eines 100-jährlichen Ereignisses plus 20cm) darstellen. Ab dem Überschreiten des Schutzzieles ist eine rasche und deutliche Abnahme der Schutzwirkung bis hin zur Unwirksamkeit bei Maßnahmen der wasserdichten Bauweise erkennbar, wohingegen erhöhte Bauweisen ihre positive Schutzwirkung deutlich länger aufrechterhalten und damit generell eine effizientere Maßnahme darstellen.

KEYWORDS

flood risk; risk management; object-specific protective measure

EINFÜHRUNG

Risikoanalysen und –bewertungen sind eine wesentliche Entscheidungsgrundlage bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos. Die EU Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (ABI L 288/27) stellt dabei den rechtlichen Rahmen zu einer langfristigen Reduzierung des Hochwasserrisikos dar. In diesem Zusammenhang können Objektschutzmaßnahmen (OSM) – neben Maßnahmen zur Abflussreduzierung, technischen sowie planerischen Maßnahmen und Bewältigungsmaßnahmen – einen effektiven Beitrag zur Reduzierung von potenziellen Schäden beitragen (z.B. Holub et al., 2012). Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse einer risikobasierten Fallstudie dar, bei der die zeitliche Entwicklung des Schadenpotenzials und der schadenmindernde Effekt von strukturellen Objektschutzmaßnahmen (erhöhte Bauweise und wasserdichte Bauweise) exemplarisch in einem mesoskaligen Einzugsgebiet untersucht wurde.

Das Untersuchungsgebiet umfasst das hydrologische Einzugsgebiet des sogenannten Ottnanger Redls in Oberösterreich (A). Die Siedlungsgebiete der acht in diesem Einzugsgebiet liegenden Gemeinden mit ca. 18.500 Einwohnern sind in regelmäßigen Abständen von Hochwasser betroffen, wobei das Hochwasser im Jahr 2002 den bisher größten Schaden verursachte. Das Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 60 km² in Höhenlagen zwischen 400 und 720 m ü. Adria.

Das Oberösterreichische Bautechnikgesetz 2013 (Oö. BauTG 2013) (LBGl. Nr. 35/2013) sieht in § 47 Hochwassergeschützte Gestaltung von Gebäuden vor, dass Neu-, Zu- und Umbauten von Gebäuden im 100-jährlichen Hochwasserabflussbereich hochwassergeschützt zu planen und auszuführen sind. Unter hochwassergestützter Gestaltung sind insbesondere folgenden Maßnahmen zu sehen: (i) gegenüber dem Untergrund abgedichtete oder aufgeständerte Bauweise, (ii) Abdichtungs- und Schutzmaßnahmen gegen einen Wassereintritt, (iii) auftriebssichere Ausführung aus wasserbeständigen Materialien, (iv) die Fußbodenoberkante von Wohnräumen, Stallungen, Wirtschaftsräumen, etc. muss mindestens 20cm über dem Niveau des 100-jährlichen Hochwasserabflussbereiches liegen. Durch die mit 01.01.2015 in

Kraft getretene Novelle des Oö- BauTG 2013 wurde dieser Grenzwert von 20cm auf 50cm erhöht. Die Auswirkungen dieser Novelle wurde in der vorliegende Studie nicht mehr berücksichtigt.

Auf dem Hintergrund der vorliegenden baurechtlichen Rahmenbedingungen wurden folgende Fragen verfolgt: Welche Schadenpotentiale sind durch Siedlungsentwicklung im Untersuchungsgebiet ausgehend von den 1990er Jahren über 2012 bis 2030 denkbar und wie hoch ist die potenzielle schadenmindernde Wirkung von strukturellen OSM.

METHODEN

Das generelle Untersuchungskonzept folgt dem risikobasierten Ansatz, bei dem sich das Risiko aus der Eintretenswahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ereignisses und dem Schadensmaß zusammensetzt. Der Analyseablauf untergliedert sich in mehrere, aufeinander aufbauende Schritte, basierend auf der grundlegenden Gliederung in Gefahrenanalyse, Expositionsanalyse und Folgenanalyse (z.B. Kienholz, 2005). Ein Überblick über den gesamten Analyseablauf ist in Abbildung 1 gegeben, für weiterführende Sensitivitätsanalysen zu den einzelnen Analysekomponenten wird auf Achleitner et al. (in press) verwiesen.

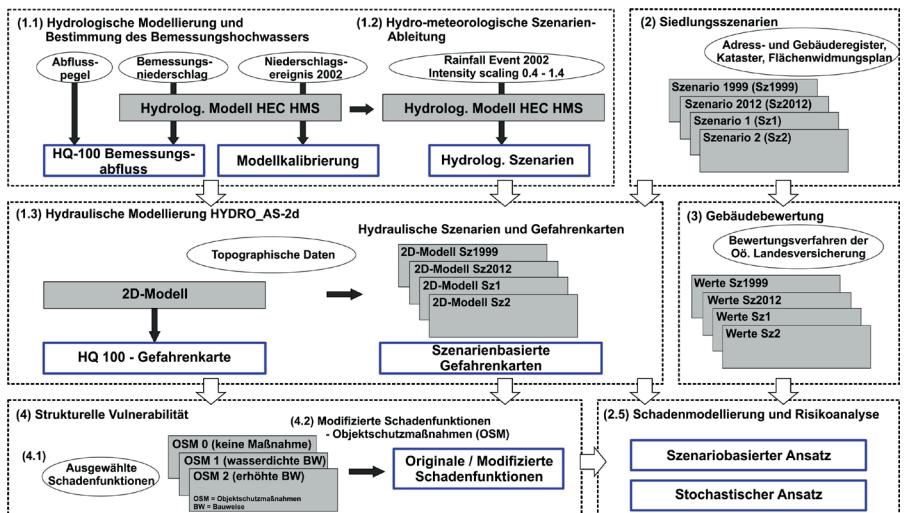


Abbildung 1: Analysekonzept und Ablaufdiagramm der Bearbeitung.

Aufbauend auf der aktuellen Siedlungsstruktur (Szenario Sz2012) wurde die Siedlungsstruktur Ende der 1990er Jahre (Szenario Sz1999) v.a. durch Fernerkundungsdaten rekonstruiert und zwei Szenarien für das Jahr 2030 (Szenarien Sz_mod und Sz_max) mit einem partizipativen Ansatz erarbeitet (Abbildung 1, (2)). Die aktuelle Siedlungsstruktur wurde durch die Kombination einer Vielzahl an Geodaten (Adressdaten inkl. genauer Gebäudeattributierung, Gebäudegrundrisse, Kataster, Flächenwidmungspläne, Geländemodelle DGM/DOM, etc.) und weiterführenden Kartierungen erfasst. Somit konnte neben der Verortung der Gebäude auch

deren Funktionalität und Größe (Bruttogeschossfläche sowie Bruttokubatur) zur weiterführenden monetären Bewertung detailliert erfasst werden. Das Siedlungsszenario Sz_mod stellt ein mittleres, aus heutiger Sicht moderates Entwicklungsszenario dar. Hierzu wurde die statistische Entwicklung in den einzelnen Gemeinden (Statistik Austria), Szenarien der Raumentwicklung Österreichs bis in das Jahr 2030 (ÖROK, 2009), kleinräumige Bevölkerungsprognosen für Österreich bis 2030 (Hainka, 2010), überörtliche Raumentwicklungskonzepte (Land Oberösterreich) bzw. örtliche Entwicklungskonzepte der einzelnen Gemeinden sowie Ausschlusskriterien durch unterschiedliche Zonierungen analysiert und aufbereitet. Die Szenarientwicklung erfolgte in einem zweistufigen Verfahren unter Einbeziehung lokaler Expertenmeinungen (Gemeindeamtsleiter und Raumplaner). Das Siedlungsszenario Sz_max geht dagegen von einer vollständigen Bebauung der ausreichend vorhandenen Baulandreserven unter Berücksichtigung von Bebauungsverbotskriterien aus, wobei auf ein einheitliches Ortsbild durch Nachbarschaftskriterien geachtet wurde.

Die berücksichtigten hydrologischen Szenarien basierend auf dem rekonstruierten Niederschlagsfeld des Ereignisses 2002, welches zur Generierung weiterer Ereignisse skaliert wurde. Hierbei wurde die räumlich-zeitliche Niederschlagsverteilung beibehalten und die Niederschlagssumme mit einem Faktor variiert (Abbildung 1, (1.2)). Die Kalibrierung des hydrologischen Modells (HEC-HMS) erfolgte für das Ereignis 2002 mit einem neuntägigen Zeitraum (Abbildung 1, (1.1)). Die berücksichtigten Gefahrenkarten (Überflutungstiefen mit einem Meter Auflösung) wurde mit einer 2d-hydraulischen Modellierung (Hydra_AS_2d) berechnet, wobei für alle verwendeten Siedlungsszenarien separate hydraulische Netze erstellt wurden (Abbildung 1, (1.3)).

Die monetäre Bewertung der Siedlungsstruktur erfolgte anhand der zur Verfügung gestellten Richtlinien der Oberösterreichischen Landesversicherung zur Gebäude und Inventarbewertung für das Jahr 2012; Werte für das Jahr 2012 stellen allgemein die Referenzwerte für die Untersuchung dar. Die vorhandenen Gebäudeinformationen wurden durch Kartierungen vervollständigt, sodass die Anwendung der versicherungsinternen Richtlinien für private Wohngebäude, für landwirtschaftliche Anwesen sowie für Gewerbe und Industrie durchgeführt werden konnte (Abbildung 1, (3)). Zur Berechnung der potenziellen Schäden wurden die Schadenfunktionen nach BUWAL (Borter et al., 1999) berücksichtigt. Um die Wirkung der OSM (i) wasserdichte Bauweise (bzw. mobile Maßnahmen zur Erreichung der Wasserdichtigkeit) (folgend OSM 1) und (ii) erhöhte Bauweise (folgend OSM 2) zu berücksichtigen, erfolgte eine Modifikation der verwendeten Schadenfunktionen (Abbildung 1, (4) bzw. Abbildung 2). Als Referenzmarke bis zu der die OSM ihre volle Wirksamkeit erfüllen, wurde der in der Gefahrenzonenplanung ermittelte Wasserstand des 100-jährlichen Hochwasserabflussbereiches plus 20 cm herangezogen.

Die abschließende Schadenmodellierung und Risikoanalyse sowie die vergleichende Gegenüberstellung der (i) zeitlichen Entwicklung und (ii) Wirksamkeit von OSM, erfolgte mit zwei Ansätzen. Zum einen mit dem gängigen Ansatz unter Berücksichtigung von Szenarien mit unterschiedlichen Eintretenswahrscheinlichkeiten, zum anderen mit einem stochastischen Ansatz. Für den stochastischen Ansatz wird (i) eine 10.000-jährliche Zeitreihe des jährlichen

Maximalabflusses (AMS) für den Abflusspegel mit einer Monte-Carlo-Simulation generiert, (ii) den jährlichen Maximalabflüssen potenzielle Schäden aus einer Schaden-Wahrscheinlichkeit-Beziehung (Regression aus skalierten Events mit zugeordneten Eintretenswahrscheinlichkeiten und den analysierten Schäden) zugewiesen und (iii) diese Zeitreihe mit einem gleitenden Zeitfenster von 20 Jahren statistisch kumulativ ausgewertet.

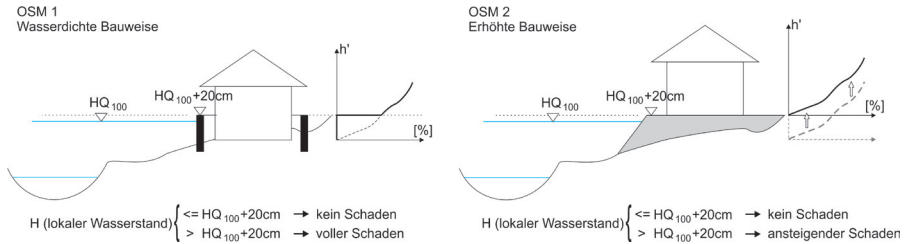


Abbildung 2: Schematische Darstellung der berücksichtigten Objektschutzmaßnahmen (a) wasserdichte Bauweise und (b) erhöhte Bauweise sowie die daraus resultierenden Modifikationen von Schadenfunktionen. Unter erhöhter Bauweise sind sowohl Aufschüttungen als auch aufgeständerte Bauweisen zu verstehen.

ERGEBNISSE

Im Rahmen der Gefahrenanalyse wurden ausgehend vom räumlich differenzierten Niederschlagsereignisses 2002 (Skalierungsfaktor 1,0) fünf weitere synthetische Niederschlagsereignisse skaliert. Die Skalierungsfaktoren erstreckten sich von 0,4 bis 1,4, wobei der Skalierungsfaktor 0,4 in etwa einem 1-jährlichen Abflussereignis und der Skalierungsfaktor 1,4 einem fast 400-jährlichen Abflussereignis entspricht. Aus den daraus abgeleiteten hydrologischen Szenarien wurden 24 hochaufgelöste Hochwassergefahrenkarten erstellt, je sechs Gefahrenkarten für die vier unterschiedlichen Siedlungsszenarien Sz1999, Sz2012, Sz_mod und Sz_max.

Die Ergebnisse zeigen, dass es im Untersuchungsgebiet ohne OSM, oder weiteren Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements, zu einer Zunahme der Schäden über die Zeit kommen wird. Mit den zugrunde gelegten Analyseannahmen treten bei der Analyse eines 100-jährlichen Ereignisses kaum abweichende Schäden zwischen Sz1999 und Sz2012 in Höhe von etwa EUR 8,8 Mio. auf, diese steigen bis ins Jahr 2030 auf EUR 10,1 Mio. (Sz_mod) bzw. EUR 14,4 Mio. (SZ_max) an. Dies entspricht einer Zunahme zwischen 2012 und 2030 von 15 % bei Sz_mod und 64 % bei Sz_max. Für ein Ereignis mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von beinahe 400 Jahren steigt der analysierte Schaden von EUR 22,9 Mio. im Jahr 2012 auf (i) EUR 26 Mio. im Jahr 2030 bei Sz_mod und (ii) EUR 34 Mio. bei Sz_max an. Dies entspricht einer Zunahme von 13 % bzw. 48 % (siehe auch Abbildung 3, Ergebnisdarstellung OSM0).

Da erst seit dem Jahr 2006 Gefahrenzonenpläne vorliegen, wurden in der weiterführenden Auswertung OSM auch erst ab 2006 berücksichtigt. Die Ergebnisse der szenarien-basierten Auswertung (Einzelereignisse definiert über Eintretenswahrscheinlichkeiten) sind in Abbildung 3 dargestellt. Die signifikantesten Nutzeneffekte sind bis zur Erreichung des

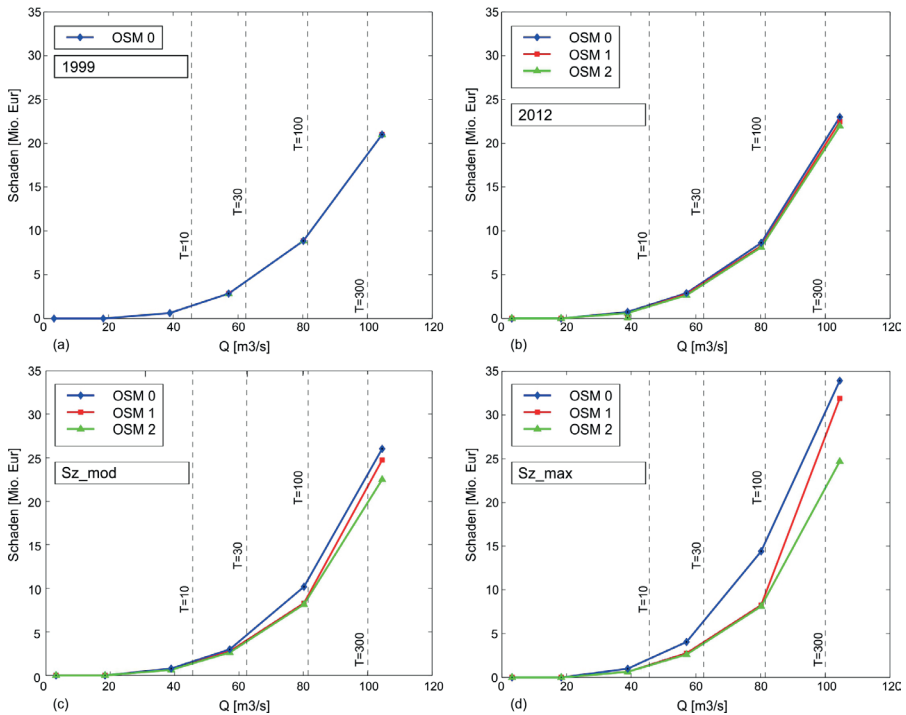


Abbildung 3: Darstellung der Analyseergebnisse für den szenarien-basierten Ansatz für die Siedlungsszenarien (a) Sz1999, (b) Sz2012, (c) Sz_mod und (d) Sz_max unter Berücksichtigung von Objektschutzmaßnahmen.

Schutzzieles ($HQ_{100} + 20 \text{ cm}$) zu verzeichnen. Wie zu erwarten, kommt es ab dem Zeitpunkt der Umsetzung von OSM zu keiner weiteren Erhöhung der Schäden unabhängig der Siedlungsentwicklung bei Ereignissen mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit bis zu 100 Jahren. Bei intensiveren aber selteneren Ereignissen (größer HQ_{100}) wird die Ausführung der OSM immer ausschlaggebender. Je intensiver ein Ereignis (ab HQ_{100}), desto geringer wird die potenzielle Wirkung der OSM1 (wasserdichte Bauweise), bei Ereignissen von beinahe HQ_{400} kann diese Wirkung nur noch als sehr gering eingestuft werden. Dahingegen behält die OSM2 (erhöhte Bauweise) ihre positive Wirkung relativ zu Bautätigkeiten ohne OSM auch bei Ereignissen größer HQ_{100} bei. Der potenzielle Nutzen unterschiedlicher OSM ab der Überschreitung des Schutzzieles ist somit verschieden. Beispielsweise sind die analysierten Schäden bei einem Ereignis von beinahe HQ_{400} (i) für das Szenario Sz_max, keine OSM, EUR 33,9 Mio hoch, (ii) für das Szenario Sz_max, OSM1, EUR 31,8 Mio. hoch und (iii) für das Szenario Sz_max, OSM2, EUR 24,6 Mio. hoch. Die kumulativen Schäden der stochastischen Auswertung an der aktuellen Siedlungsstruktur (Sz2012) zeigen eine große Bandbreite mit einer Standardabweichung von \pm EUR 5 Mio. auf (siehe Abbildung 4), ein Ausdruck des zeitlich stochastischen Auftretens von Hochwasserereignissen. Ohne OSM ist mit einer

entsprechenden Zunahme der Schäden über die Zeit bzw. in Abhängigkeit der betrachteten Siedlungsszenarien zu rechnen. Neben der Berücksichtigung von OSM ab 2006 (Abbildung 4 (a)) wurde auch der (theoretische) Effekt von OSM im gesamten Gebäudebestand (Abbildung 4 (b)) ausgewertet. Unabhängig von der Zunahme des Schadenpotenzials über die Zeit, ist ein konstanter Median der potenziellen Schäden bei Berücksichtigung der beiden betrachteten Varianten von OSM erkennbar. Dies begründet sich in der statistischen Auswirkung von vielen Ereignissen mit geringen Schäden im Vergleich zu wenigen Ereignissen mit sehr hohen Schäden. Die schadenmindernde Wirkung der beiden OSM-Varianten (OSM1 und OSM2) ist in der stochastischen Auswertung (Abbildung 4), ähnlich der Auswertung von Einzelszenarien (Abbildung 3), nachweisbar, der unterschiedliche Effekt jedoch nicht so deutlich akzentuiert.

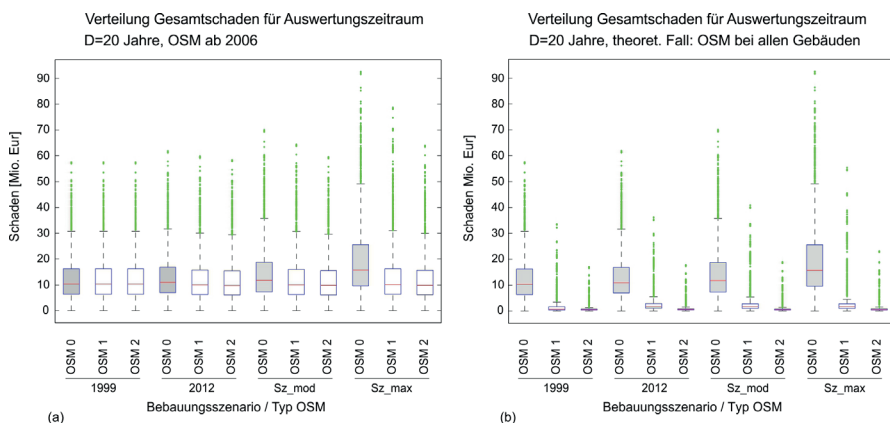


Abbildung 4: Darstellung der Analyseergebnisse für den stochastischen Ansatz mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren unter Berücksichtigung von Objektschutzmaßnahmen (a) ab 2006 bzw. (b) bei allen Gebäuden.

FAZIT

Mit der vorliegenden Arbeit kann aufgezeigt werden, dass OSM bis zu einem Grenzwert der Bemessung als sehr effiziente Hochwasserschutzmaßnahmen angesehen werden können. Ähnliche Schlussfolgerungen wurden bereits für das Risikomanagement alpiner Naturgefahren gezogen (z.B. Holub et al. 2012). Bei seltenen Extremereignissen ist die Ausführung entscheidend, wobei eine erhöhte Bauweise gegenüber einer wasserdichten Bauweise zu einer deutlich höheren Schadenminderung beiträgt. Bei der erhöhten Bauweise durch Aufschüttung ist jedoch zu beachten, dass es durch diese Maßnahme zu keiner Verschlechterung der Hochwasserabflusssituation für weitere Grundstücke kommen darf. Einschränkungen in der Aussagegüte der vorgestellten Ergebnisse ergeben sich aus dem vereinfachten Ansatz bei der Entwicklung von Siedlungsszenarien, den Unsicherheiten betreffend der Analysekomponenten und der Annahme, dass sich hydro-meteorologische Erkenntnisse aus der Vergangenheit in die Zukunft übertragen lassen. Die Unsicherheiten umfassen vor allem (i) statistische Unsicherheiten in der hydrologischen Bearbeitung (Zeitreihen, statistische Methoden) sowie

die den Siedlungsszenarien zugrunde gelegten Prognosen, (ii) Unsicherheiten im Hinblick auf das angewandte Gebäudebewertungsverfahren und (iii) Unsicherheiten in Bezug zu den berücksichtigten Schadenfunktionen. Die vorgestellten absoluten monetären Summen sind deshalb mit nicht-quantifizierten Unsicherheiten behaftet sind, ein relativer Vergleich und die Bewertung von Maßnahmen ist jedoch unabhängig davon möglich.

Allgemein ist anzumerken, dass ausschließlich OSM nicht geeignet sind, um das Hochwasserrisiko bei gleichzeitiger Zunahme des Schadenpotenzials auf einem konstanten Niveau zu halten oder zur Minderung des Hochwasserrisikos beitragen zu können. Schäden können jedoch relativ zur Siedlungsentwicklung reduziert werden. Jegliche Siedlungsentwicklung in potenziell hochwassergefährdeten Gebiet trägt zuerst einmal zu einer Erhöhung des Risikos bei. Eine nachhaltige Reduzierung des Hochwasserrisikos kann nur im Rahmen des integralen Hochwasserrisikomanagements erfolgen, in einem Bündel aus Maßnahmen und politischen Instrumenten (Abflussminderung, Schutzmaßnahmen, Minderung/Reduzierung des Schadenpotenzials und der Vulnerabilität) (siehe z.B. Klijn et al. 2015).

LITERATUR

- ABI L288/27 (Amtsblatt der Europäischen Union): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.
- Achleitner, S., Huttenlau, M., Winter, B., Reiss, J., Plörer, M., Hofer, M. (in press): Temporal development of flood risk considering settlement dynamics and local flood protection measures on catchment scale: An Austrian case study, in: *International Journal of River Basin Management*.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaften BUWAL (Hrsg.) (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Fallbeispiele und Daten, Umwelt-Materialien Nr. 107/II, Bern.
- Hainka, A. (2010): Kleinräumige Bevölkerungsprognosen für Österreich 2010 bis 2030 mit Ausblick bis 2050, Endbericht zur Bevölkerungsprognose, Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), Wien.
- Holub, M., Suda, J., Fuchs, S. (2012): Mountain hazards: reducing vulnerability by adapted building design, in: *Environmental Earth Sciences*, Volume 66, Issue 7, 1853-1870.
- Kienholz, H. (2005). Analyse und Bewertung alpiner Naturgefahren – eine Daueraufgabe im Rahmen des integralen Risikomanagements, in: *Geographica Helvetica*, Issue 1/2005, 3-15.
- Klijn, F., Kreibich, H., de Moel, H., Penning-Rowsell, E. (2015): Adaptive flood risk management planning based on a comprehensive flood risk conceptualisation, in: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Volume 20, Issue 6, 845-864.
- LBG L Nr. 35/2013: Landesgesetz über die bautechnischen Anforderungen an Bauwerke und Bauprodukte (Oö. Bautechnikgesetz 2013 - Oö. BauTG 2013).
- Österreichische Raumordnungskonferenz ÖROK (2009): Szenarien der Raumentwicklung Österreichs 2030. Regionale Herausforderungen & Handlungsstrategien, Schriftenreihe Nr. 176/II, Wien.