Risikoanalysen Hochwasser : volumenbezogene Methoden und Parameter für die robuste Schätzung von Gebäudewerten

Autor(en): **Röthlisberger, Veronika / Zischg, Andreas P. / Keiler, Margreth**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **111 (2019)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941519

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Risikoanalysen Hochwasser: Volumenbezogene Methoden und Parameter für die robuste Schätzung von Gebäudewerten

Veronika Röthlisberger, Andreas P. Zischg, Margreth Keiler

Zusammenfassung

Die im Hochwasserschutz notwendige Priorisierung der Massnahmen basiert in der Schweiz auf quantitativen Risikoanalysen, welche die Zustände mit und ohne Massnahmen vergleichen. Die monetären Werte der potenziell betroffenen Gebäude bilden dabei eine wichtige Eingangsgrösse, sie sind aber oft nicht verfügbar und müssen deshalb geschätzt werden.

Der vorliegende Artikel stellt vier volumenbezogene, praxistaugliche Methoden für die objektgenaue Schätzung von Gebäudewerten vor. Die gleichzeitig präsentierten, aus Daten der Kantonalen Gebäudeversicherungen abgeleiteten Parameterwerte ermöglichen eine robuste Quantifizierung der Wiederherstellungswerte (hochwasser-)exponierter Gebäude in der Schweiz und können in regionalen bis nationalen Risikoanalysen verwendet werden.

Résumé

En Suisse, la nécessaire priorisation des mesures menées dans le cadre de la protection contre les crues s'effectue sur la base d'analyses de risques quantitatives, qui comparent les situations avec ou sans mesures. Les valeurs financières des bâtiments potentiellement touchés constituent des valeurs d'entrée importantes. Rarement disponibles, elles doivent être évaluées.

Le présent article propose quatre méthodes d'évaluation se rapportant au volume et axées sur la pratique qui permettent d'apprécier la valeur d'un immeuble. Les valeurs des paramètres présentées ont été établies sur la base des données des établissements cantonaux d'assurance immobilière. Elles autorisent une solide quantification des valeurs de reconstruction des bâtiments exposés au risque (de crues) en Suisse et peuvent être utilisées pour des analyses de risques régionales et nationales.

1. Einleitung

Wie in anderen hochentwickelten Ländern auch ist in der Schweiz ein bedeutender Anteil der Schäden aus Naturgefahrenereignissen auf Hochwasser zurückzuführen. In jüngster Zeit lag dieser Anteil bei rund einem Drittel, europaweit (*European Environment Agency*, 2017) wie auch in der Schweiz (*Bundesrat*, 2016). Zukunftsszenarien zu Klima und sozioökonomischer Entwicklung der Schweiz lassen den Schluss zu, dass Hochwasserschäden infolge intensiverer Niederschläge und steigendem Schadenpotenzial weiter zunehmen, sofern keine adäquaten Massnahmen, getroffen werden (*CH2018*, 2018; *Price et al.*, 2015). Solche Massnahmen sind jedoch mit erheblichen Kosten verbunden, wobei nicht nur direkte Kosten etwa für den Bau von technischen Schutzmassnahmen sondern auch indirekte Kosten wie entgangener Gewinn infolge Nutzungsverzicht anfallen können. Hohe Kosten bei gleichzeitig beschränkten Budgets erfordern eine stringente Priorisierung der Massnahmen. Basis dieser Priorisierung bilden quantitative Risikoanalysen, wie sie in der Schweiz beispielweise für bundessubventionierte Projekte mit dem Tool EconoMe (*BAFU*, 2015; *Bründl et al.*, 2009) durchgeführt werden. In quantitativen Risikoanalysen wird das Risiko gemeinhin als jährlicher Schadenerwartungswert angegeben. Bestimmt wird dieser Schadenerwartungswert einerseits durch die Häufigkeit und Intensität möglicher (Hochwasser-)Ereignisse und andererseits durch den Wert und die Verletzlichkeit der betroffenen Güter. Verschiedene Studien (z. B. *de Moel* und *Aerts*, 2011; *Koivumäki et al.*, 2010) zeigen, dass die Gründe für Unschärfen in Hochwasserrisikoanalysen eher in der Parametrisierung der betroffenen Güter als in der Modellierung der Überflutungsflächen liegen. Dies gilt insbesondere für Analysen auf regionaler und höherer Ebene, wo die Auflösung der Daten betroffener Güter bis vor Kurzem der limitierende Faktor war. Zumindest für das Gut «Gebäude» aber stehen mit nationalen Datensätzen hochaufgelöster Grundrisse mittlerweile sehr genaue Grundlagen zur Verfügung. So nutzen immer mehr nationale Hochwasserrisiko- oder Hochwasserexpositionsanalysen gebäudegenaue Geometrien (z. B. *Fuchs et al.*, 2017; *Jongmann et al.*, 2014; *Röthlisberger et al.*, 2017). Der individuelle monetäre Wert der Gebäude jedoch ist in der Regel nicht verfügbar und muss geschätzt werden. Eine kürzlich publizierte Arbeit des Mobiliar Lab für Naturrisiken der Universität Bern zeigt, dass für robuste Gebäudewertschätzungen auf regionaler bis nationaler Ebene das Gebäudevolumen eine entscheidende Eingangsgrösse ist (*Röthlisberger et al.*, 2018). Auch im oben erwähnten Tool EconoMe besteht die Option, den Wert der Gebäude über deren Volumen und einen objektspezifischen Kubikmeterpreis zu schätzen. Die Bestimmung des objektspezifischen Kubikmeterpreises ist in der Praxis aber mit Schwierigkeiten verbunden. Der vorliegende Artikel präsentiert und vergleicht vier verschiedene Methoden für die volumenbezogene, objektgenaue Schätzung von Gebäudewerten. Gleichzeitig werden aus raumbezogenen Daten des Bundes und Versicherungswerten der Kantonalen Gebäudeversicherungen Parameterwerte abgeleitet, welche für regionale bis nationale Risikoanalysen in der Schweiz verwendet werden können.

2. Methoden und Daten

Wir präsentieren vier volumenbezogene Methoden, um in regionalen und grösseren Perimetern Gebäudewerte objektgenau zu schätzen, und beschreiben die Daten, welche wir bei der Herleitung der Parameter für die Schweiz verwenden.

Weiter legen wir dar, wie und mit welchen Daten die Hochwasserexposition der Gebäude in unserer Studie bestimmt wird.

2.1 Vier Varianten für die volumenbasierte Schätzung von Gebäudewerten

Wir stellen vier Varianten (V1 bis V4) für die objektgenaue Schätzung von Gebäudewerten auf regionaler oder höherer Ebene vor.

- Variante V1: Multiplikation der Gebäudevolumen mit einem national einheitlichen Wert pro Volumen. Für den Parameterwert V1, einen schweizweit einheitlichen Kubikmeterpreis, wird der Wert sämtlicher Gebäude in der Schweiz durch das gesamte Gebäudevolumen der Schweiz geteilt.
- Variante V2: Multiplikation der Gebäudevolumen mit regional differenzierten Werten pro Volumen. Für die Parameterwerte V2, kantonsspezifische Kubikmeterpreise, wird der Wert sämtlicher Gebäude eines Kantons durch das gesamte Gebäudevolumen desselben Kantons geteilt.
- Variante V3: Multiplikation der Gebäudevolumen mit nutzungsabhängigen Werten pro Volumen. Für die Parameterwerte V3, Kubikmeterpreise differenziert nach Nutzung, wird über Gruppen von Gebäuden mit jeweils identischer Bauzone und Nutzung die Summe der Werte durch die Summe der Volumen geteilt.
- Variante V4: Wert pro Gebäude auf Basis linearer Regression. Der Wert eines Gebäudes wird als lineare Funktion ausgewählter Gebäudeattribute und derer Wechselwirkungen definiert.

Während in den ersten drei Varianten einfache Rechenoperationen angewendet werden, beruht die lineare Funktion der Variante V4 auf einem aufwendigen, mehrstufigen Auswahlverfahren, ausgehend von einem Maximalmodell, welches alle verfügbaren Gebäudeattribute berücksichtigt (für Details vgl. Beschreibung zu Model M5 in *Röthlisberger et al.*, 2018), hin zu einem minimalen, adäquaten Modell. Auch hinsichtlich der Datenanforderungen für die Parametrisierung unterscheiden sich die vier Varianten stark. In den ersten beiden Varianten genügen pauschale Daten zu Gebäudewerten und -volumen; diese müssen aber für ein bestimmtes geografisches Gebiet (V1: Schweiz, V2: Kantone) vollständig sein. Die Herleitung der Parameterwerte in den Varianten V3 und V4 hingegen verlangt gebäudegenau lokalisierte Daten, für die aber keine Vollständigkeit über ein bestimmtes geografisches Gebiet erforderlich ist.

2.2 Verwendete Daten für die Schätzung der Gebäudewerte

2.2.1 Gebäudevolumen

In allen vier Schätzvarianten sind objektgenaue Daten zu den Gebäudevolumen erforderlich. Diese Volumen berechnen wir für alle vier Varianten identisch, indem wir die Grundfläche eines Gebäudes mit der durchschnittlichen Höhe des Gebäudes über Terrain multiplizieren. Das so berechnete Volumen entspricht dem oberirdischen Gebäudevolumen. Die Grundfläche entnehmen wir dem swissTLM3D-Datensatz (*swisstopo, Version V1.4* von 2016). Die durchschnittlichen Gebäudehöhen schätzen wir aus hochaufgelösten Gelände- und Oberflächenmodellen von der swisstopo ab, wobei wir auch objektspezifische Angaben zur Anzahl Stockwerke in der Gebäude- und Wohnungsstatistik (GWS) des Bundesamtes für Statisik (*BFS*, Stand 2012) nutzen. Für die Detailbeschreibung der Herleitung der Gebäudevolumen sei auf Anhang A1 in *Röthlisberger et al.* (2018) verwiesen.

2.2.2 Versicherungswerte

Die Herleitung der Parameterwerte basiert in allen vier Varianten auf Daten der Kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV), welche in 19 Kantonen sämtliche Gebäude gegen Schäden durch Feuer und Naturgefahren versichern (vgl. *Bild 1*). Bedingt durch Versicherungssysteme mit Monopol und Obligatorium, weisen die Datensätze der KGV für sämtliche Gebäude eines Kantons die versicherten Werte einheitlich und vollständig aus. Die versicherten Werte entsprechen in der Regel dem Neubauwert, auch Wiederherstellungswert genannt. Auf Gebäudeebene sind die Versicherungswerte aus Gründen des Datenschutzes und der Geschäftsinteressen nur für einige Kantone und ausschliesslich für Forschungszwecke und unter strengen Vertraulichkeitsauflagen zugänglich. Pauschal über den Kanton hingegen werden die versicherten Werte mindestens einmal jährlich, im Rahmen des Geschäftsberichts, öffentlich kommuniziert. Diese pauschalen Angaben pro Kanton werden in der Variante V2 für die Herleitung der Parameterwerte der 19 KGV-Kantone genutzt. Pro KGV-Kanton wird die Summe der Versicherungswerte (über alle per Ende 2014 fertiggestellten Gebäude, Basis Geschäftsberichte 2014

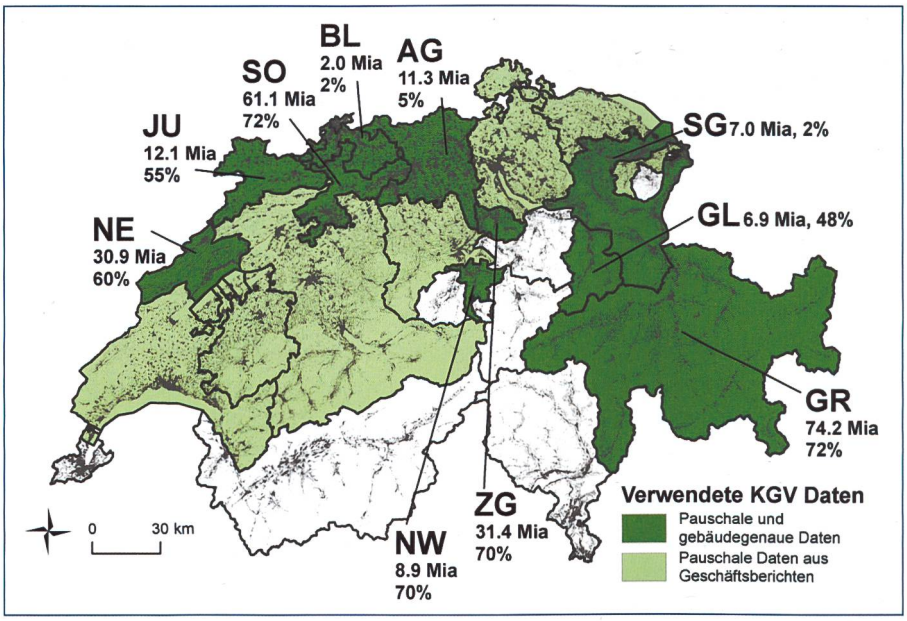


Bild 1. Übersicht über die verwendeten Versicherungsdaten. Die 19 grün gefärbten Kantone verfügen über eine Kantonale Gebäudeversicherung (KGV), in deren Jahresberichten der versicherte Wert aller Gebäude im Kanton verzeichnet ist. Für die Parametrisierung der Varianten V1 und V2 werden diese pauschalen Werte (per Ende 2014) verwendet. Für V3 und V4 werden adressgenau verortete Versicherungsdaten (Wert und Volumen der versicherten Gebäude per Ende 2014) aus den zehn dunkelgrün gefärbten Kantonen verwendet. Unter/neben dem Kürzel des Kantons vermerkt ist die Versicherungssumme der für V3 und V4 verwendeten adressgenauen Gebäudedaten in Mia. CHF sowie deren Anteil am Versicherungswert über alle Gebäude des Kantons. Die grau schattierten Bereiche zeigen die Grundrisse aller Gebäude in der Schweiz an. Kartenquelle: Bundesamt für Landestopografie (swisstopo).

[Kantonale Gebäudeversicherungen, 2015]) durch die Summe der Gebäudevolumen dividiert (vgl. *Tabelle 1*), woraus sich kantonsspezifische Kubikmeterpreise ergeben. Für die sieben Kantone ohne KGV wird der Wert ähnlicher Kantone übernommen (vgl. Bemerkungen in der hintersten Spalte in *Tabelle 1*) und mittels Multiplikation mit der Summe der Gebäudevolumen je Kanton die Summe der versicherten Gebäudewerte abgeschätzt. Die Summe der Versicherungswerte über alle 26 Kantone wiederum bildet – dividiert durch das Volumen aller Gebäude in der Schweiz – die Basis für den Parameterwert der Variante V1, einen schweizweit einheitlichen Kubikmeterpreis (vgl. letzte Zeile in *Tabelle 1*). Für die Varianten V3 und V4 schliesslich werden nur adressgenau verortete Gebäudeversicherungsdaten mit korrekter Zuordnung zu einem Gebäudegrundriss verwendet (bzgl. Prüfung der korrekten Zuordnung siehe Abschnitt 2.4.2 in *Röthlisberger et al.*, 2018). Die Summe der in V3 und V4 verwendeten Gebäudeversicherungswerte beträgt 246 Mia. CHF, was rund 11 % aller durch die KGV versicherten Gebäudewerten entspricht. Die Gebäudeversicherungswerte der Varianten V3 und V4 stammen von zehn KGV. Innerhalb dieser KGV machen die verwendeten Werte zwischen 2 und 72 % Prozent der versicherten Gebäudewerte aus (vgl. *Bild 1*).

2.2.3 Weitere Gebäudeattribute

Die Varianten V3 und V4 berücksichtigen für die Abschätzung der Gebäudewerte neben dem Gebäudevolumen Informationen zur Nutzung des Gebäudes. Verwendet werden folgende Daten: Bauzonen Schweiz, harmonisiert durch das Bundesamt für Raumentwicklung (*ARE*, Stand 2012) und die GWS (*BFS*, Stand 2012). Aus den Bauzonen Schweiz wird der Bauzonentyp, aus der GWS die Information «Wohnzweck ja/nein» genutzt. Das ursprüngliche, maximale Regressionsmodell der Variante V4 enthält zahlreiche weitere Gebäudeattribute: Den Gemeindetyp aus dem Datensatz INFOPLAN (*ARE*, Stand 2014), aus der GWS die Information «Wohnnutzung ja/nein» sowie, abgeleitet aus dem swissTLM3D-Datensatz (*swisstopo*, Version V1.4 von 2016), die Bebauungsdichten in Umkreisen von 50 bis 500 m um die Gebäude. Bei der Herleitung des minimalen, adäquaten Modells der Variante V4 entfallen diese weiteren Gebäudeattribute jedoch alle. Der Hauptgrund für das Entfallen liegt in der Korrelation mit anderen, den Gebäudewert stärker erklärenden Attributen.

2.3 Bestimmung der Hochwasserexposition

Für die Quantifizierung der Hochwasserexposition in der Schweiz werden die Gebäudegrundrisse aus dem swissTLM3-Datensatz (*swisstopo*, Version V1.4 von 2016) nicht nur wie oben beschrieben mit vier verschiedenen Gebäudewerten versehen, sondern auch mit Karten potenzieller Hochwassergebiete verschnitten. Überlagert sich der Grundriss eines Gebäudes ganz oder teilweise mit potenziellen Hochwassergebieten, so klassifizieren wir das ganze Gebäude (und dessen gesamter Wert) als hochwasserexponiert. Als Datengrundlage für die potenziellen Hochwassergebiete nutzen wir in erster Priorität die kommunalen Gefahrenkarten (*Borter*, 1999; *de Moel et al.*, 2009). Diese Karten werden in Absprache mit den zuständigen kantonalen Behörden von der Schweizerischen Mobiliar Versicherungsgesellschaft gesammelt, harmonisiert und dem Mobiliar Lab für Naturrisiken der Universität Bern zur Verfügung gestellt. Wir verwenden die Karten vom Dezember 2016, welche 72 % der Gebäude in der Schweiz abdecken. Als hochwassergefährdet betrachten wir sämtliche Gefahrengebiete der Stufen «gross» (rot), «mittel» (blau) und «gering» (gelb). Mit dieser Auswahl berücksichtigen wir Ereignisse mit Wiederkehrperioden von maximal 300 Jahren. Für die 28 % der Gebäude in der Schweiz, die nicht von den kommunalen Hochwassergefahrenkarten erfasst werden, verwenden wir die gröbere Hochwasserkarte Aquaprotect. Dieser Datensatz wird vom Bundesamt für Umwelt (*BAFU*, 2008) zur Verfügung gestellt. Aquaprotect ist für die ganze Schweiz erhältlich und enthält vier verschiedene Layer mit Wiederkehrperioden von 50, 100, 250 und 500 Jahren. Für unsere Studie verwenden wir den Layer der 250-Jahr-Wiederkehrperiode. Die Zusammenführung der beiden Hochwassergefahrengrundlagen erfolgt mit einem GIS-gestützten Verfahren, wie in *Bernet et al.* (2017) beschrieben. Es resultiert eine schweizweit flächendeckende Karte der

Kanton	Gebäudewerte [10^6 CHF] gerundet auf 10^8	Gebäudevolumen [10^6 m^3]	Wert pro Volumen [$CHFm^{-3}$] gerundet auf 10^1	Bemerkungen
Jura	22 000	53	**420**	
Fribourg	82 800	150	**550**	
Luzern	107 600	192	**560**	
Thurgau	82 000	143	**570**	
St. Gallen (SG)	140 000	237	**590**	
Glarus	14 400	23	**620**	
Schaffhausen	24 600	40	**620**	
Neuenburg	52 000	81	**640**	
Solothurn	84 400	131	**640**	
Bern	335 200	510	**660**	
Nidwalden (NW)	12 800	19	**690**	
Obwalden	13 400	19	**690**	Wert NW
Schwyz	46 700	68	**690**	Wert NW
Uri	12 700	18	**690**	Wert NW
Aargau	207 000	296	**700**	
Appenzell IR	5 900	8	**700**	Ø Werte AR, SG
Basel-Landschaft	85 700	121	**710**	
Waadt	230 000	324	**710**	
Graubünden (GR)	103 000	130	**790**	
Tessin	144 000	182	**790**	Wert GR
Wallis	141 000	178	**790**	Wert GR
Appenzell AR (AR)	20 500	25	**820**	
Zürich	456 000	529	**860**	
Zug	45 000	48	**940**	
Basel-Stadt (BS)	80 100	77	**1 040**	
Genf	159 000	153	**1 040**	Wert BS
Ganze Schweiz	**2 706 000**	**3 755**	**720**	

Tabelle 1. Parameterwerte (Spalte «Wert pro Volumen») der Varianten V1 (Zeile «Ganze Schweiz») und V2 (Zeilen «Jura» bis «Genf»). Grau hinterlegt sind die sieben Kantone ohne kantonale Gebäudeversicherung. Für diese Kantone wird der Kubikmeterpreis von Kantonen mit ähnlicher Gebäudesubstanz übernommen (vgl. Spalte Bemerkungen) und daraus (mittels Multiplikation mit dem Gebäudevolumen) der Wert der versicherten Gebäude abgeschätzt.

hochwassergefährdeten Gebiete mit Wiederkehrperioden von bis zu 250 (nicht in kommunalen Gefahrenkarten erfasste Gebäude) bzw. 300 Jahren (in kommunalen Gefahrenkarten erfasste Gebäude).

Abschliessend summieren wir die Werte hochwasserexponierter Gebäude auf: über die ganze Schweiz, über jeden Kanton und für jedes 10-km^2-Feld eines schweizweiten Hexagonnetzes.

3. Resultate

3.1 Parameterwerte der Varianten V1, V2, V3

Die Parameterwerte für die Modelle, basierend auf Kubikmeterpreisen, sind in *Tabelle 1* (für Varianten V1 und V2) und *Tabelle 2* (für Variante V3) aufgeführt.

Der über die ganze Schweiz pauschal ermittelte Kubikmeterpreis (V1) beträgt 720 [CHF m^3] und liegt damit im obersten Drittel der kantonspezifischen Werte (V2). Die kantonsspezifischen Kubikmeterpreise betragen zwischen 420 [CHF m^3] (Jura) und 1040 [CHF m^3] (Basel-Stadt, Genf), was einem Faktor von 2.5 entspricht. Generell weisen ländliche Kantone des Mittelandes und des Jurabogens eher tiefere Werte, städtisch geprägte Kantone eher höhere Werte auf. Die nach Nutzung (Bauzone und Wohnzweck ja/nein) differenzierten Kubikmeterpreise (V3) liegen zwischen 377 [CHF m^3] (für Gebäude ausserhalb Bauzone und ohne Wohnzweck) und 954 [CHF m^3] (für Gebäude in Zonen öffentlicher Nutzung und mit Wohnzweck), was einem Faktor 2.5 entspricht. Innerhalb der Gebäude mit Wohnzweck liegt der Faktor zwischen dem höchsten (Zonen öffentlicher Nutzung) und tiefsten (Arbeitszone) Kubikmeterpreise bei 1.9. Bei den Gebäuden ohne Wohnzweck beträgt der Faktor 2.2. In allen Bauzonentypen sind die Kubikmeterpreise für Gebäude mit Wohnzweck höher als für Gebäude ohne Wohnzweck, und zwar zwischen 17 % (Zonen öffentlicher Nutzung) und 58 % (ausserhalb Bauzonen).

Alle hier für die Schweiz präsentierten Kubikmeterpreise (Parameterwerte der Varianten V1 bis V3) sind hoch im Vergleich zu Angaben in der internationalen Literatur (bspw. *Arrighi et al.*, 2013; *Fuchs et al.*, 2015). Diese Abweichung lässt sich mit im Vergleich zum Ausland hohem Ausbaustandard der Gebäude und hohen Baukosten erklären. Weiter werden für die Kubikmeterpreise der vorliegenden Studie Neubauwerte für komplette Gebäude (inkl. Kellergeschosse) in Beziehung gesetzt zu oberirdischen Gebäudevolumen (ohne Kellergeschosse). Dies führt zu einer systematischen Überschätzung insbesondere in der Schweiz, welche einen vergleichsweise hohen Anteil an unterirdischen Gebäudevolumen aufweist (*Bresch*, 2019).

Bauzonentyp	Mit Wohnzweck: Gebäudewerte [10^3 CHF]	Mit Wohnzweck: Gebäudevolumen [10^3 m^3]	Mit Wohnzweck: Wert pro Volumen [CHFm^{-3}]	Ohne Wohnzweck: Gebäudewerte [10^3 CHF]	Ohne Wohnzweck: Gebäudevolumen [10^3 m^3]	Ohne Wohnzweck: Wert pro Volumen [CHFm^{-3}]
Öffentliche Nutzung	9 684 445	10 150	**954**	7 068 467	8 640	**818**
Übrige Bauzonen	2 322 506	2 446	**950**	866 757	1 187	**730**
Wohnzone	110 421 355	123 056	**897**	2 263 843	2 960	**765**
Zentrumszone	56 405 627	65 486	**861**	3 452 311	5 351	**645**
Mischzone	15 792 658	19 708	**801**	3 107 297	5 321	**584**
Ausserhalb Bauzone	9 668 384	16 221	**596**	4 908 676	13 062	**376**
Arbeitszone	7 702 381	15 259	**505**	12 140 152	32 234	**377**

Tabelle 2. Parameterwerte (Spalten «Wert pro Volumen») der Variante V3, Kubikmeterpreise, differenziert nach Bauzone (Zeilen «öffentliche Nutzung» bis «Arbeitszone») und Wohnzweck (Block links «mit», Block rechts «ohne Wohnzweck»). Die Berechnungen basieren auf adressgenau verorteten Gebäudeversicherungsdaten aus zehn Kantonen mit einem Versicherungswert von 246 Mia. CHF (vgl. Bild 1). Die Tabelleneinträge sind nach den Kubikmeterpreisen für Gebäude mit Wohnzweck geordnet.

Erklärende Variable	Parameterwert	Standardfehler	t-Wert	Pr(>|t|)
y (Achsenabschnitt)	3.097512	0.00633	489.334	< 2.00E-16
Wzweck ja	0.793809	0.007992	99.323	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*)	0.80819	0.002385	338.9	< 2.00E-16
Bzone Wohnen	-0.51207	0.009017	-56.79	< 2.00E-16
Bzone Arbeit	-0.4035	0.016537	-24.4	< 2.00E-16
Bzone Mischzone	-0.65351	0.015906	-41.087	< 2.00E-16
Bzone Zentrum	-0.70887	0.009651	-73.453	< 2.00E-16
Bzone öffentliche Nutzung	-0.44107	0.017177	-25.678	< 2.00E-16
Bzone Übrige	-0.6658	0.027504	-24.208	< 2.00E-16
Wzweck ja x $\log_{10}$(*Volumen*)	-0.15846	0.002694	-58.815	< 2.00E-16
Wzweck ja x *Bzone* Wohnen	-0.14691	0.003563	-41.23	< 2.00E-16
Wzweck ja x *Bzone* Arbeit	-0.03614	0.005837	-6.192	5.95E-10
Wzweck ja x *Bzone* Mischzone	-0.05128	0.005654	-9.071	< 2.00E-16
Wzweck ja x *Bzone* Zentrum	-0.0001	0.003439	-0.029	0.977
Wzweck ja x *Bzone* öffentliche Nutzung	-0.17378	0.006391	-27.19	< 2.00E-16
Wohnzweck ja x *Bzone* Übrige	-0.07611	0.011406	-6.673	2.52E-11
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* Wohnen	0.258569	0.003217	80.371	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* Arbeit	0.158917	0.004704	33.787	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* Mischzone	0.26366	0.004834	54.542	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* Zentrum	0.263382	0.003448	76.397	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* öff. Nutzung	0.256911	0.005323	48.262	< 2.00E-16
$\log_{10}$(*Volumen*) x *Bzone* Übrige	0.282637	0.009382	30.127	< 2.00E-16

Tabelle 3. Parameterwerte (und deren Standardfehler, t- und p-Werte) der erklärenden Variablen und paarweisen Interaktionen im minimalen adäquaten Regressionsmodell (V4). Die drei erklärenden Variablen sind der Wohnzweck (Wzweck mit den Ausprägungen «ja» / «nein»), das oberirdische Gebäudevolumen (Volumen) in m^3 und der Bauzonentyp (Bzone) in sieben Ausprägungen. Der Achsenabschnitt y steht für die Variablenkombination $\log_{10}$(Volumen) = 0 (d. h. Volumen = 1 m^3), Wohnzweck «nein» und Bauzonentyp «ausserhalb Bauzone».

3.2 Regressionsmodell V4

Das minimale adäquate Regressionsmodell (V4) auf Basis ausgewählter, adressgenauer Gebäudeversicherungsdaten aus zehn Kantonen lautet

$$\log_{10}(Wert) = y + Wzweck \times \log_{10}(Volumen) + Wzweck \times Bzone + \log_{10}(Volumen) \times Bzone$$

Formel 1. Minimales adäquates Regressionsmodell (V4).

wobei *Wert* für den Gebäudewert in [CHF] und *y* für den Achsenabschnitt steht, *Wzweck* (Wohnzweck mit den Ausprägungen «ja» / «nein») aus der GWS abgeleitet wird, *Volumen* dem oberirdischen Gebäudevolumen in [m^3] und *Bzone* den

harmonisierten Bauzonen des ARE entsprechen. Diese erklärenden Variablen (und ihre paarweisen Interaktionen) weisen die in *Tabelle 3* aufgeführten Parameterwerte auf:

Der Achsenabschnitt von 3.098 (= 1250 CHF) bezieht sich auf die Variablenkombination von $\log_{10}(Volumen) = 0$, bzw. *Volumen* = 1 m^3, *Wzweck* = «nein» und *Bzone* = «ausserhalb». Wenn ein identisches theoretisches Gebäude von einem Kubikmeter Volumen einen Wohnzweck hat, erhöht sich die Schätzung des monetären Gebäudewertes um einen Faktor zwischen 4.2 ($10^{(0.793-0.174)}$, in Bauzonen öffentlicher Nutzung) und 6.2 ($10^{0.793}$, ausserhalb von Bauzonen oder in Zentrumszonen). Mit steigendem Gebäudevolumen sinkt dieser Faktor zwischen Gebäuden mit und ohne Wohnzweck jedoch und fällt bei Gebäudevolumen zwischen 8200 m^3 (Bauzonen öffentlicher Nutzung) und 102 000 m^3 (außerhalb von Bauzonen) unter 1. Der Einfluss anderer Bauzonenkategorien als «ausserhalb» und deren Wechselwirkung mit dem Gebäudevolumen ist (mit entgegengesetzten Vorzeichen) ähnlich dem Einfluss des Wohnzweckes.

In jedem Fall führt ein höheres Gebäudevolumen zu einem höheren Gebäudewert, aber bei Gebäuden mit Wohnzweck ist die Zunahme des Wertes geringer als die Volumenzunahme (Δ *Wert* / Δ *Volumen* < 1 , wobei das Verhältnis von Δ *Volumen*$^{-0.350}$ für Gebäude ausserhalb Bauzonen bis Δ *Volumen*$^{-0.067}$ für Gebäude im Bauzonentyp «übrige» reicht). Bei Gebäuden ohne Wohnzweck hingegen steigt der Gebäudewert überproportional zur Zunahme des Volumens, sofern sich das Gebäude in einer Bauzone (aber nicht einer «Arbeitszone», dort gilt Δ *Wert* = Δ *Volumen*$^{-0.033}$) befindet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass vom Achsenabschnitt abweichende Variablenkombinationen im Allgemeinen zu einer Erhöhung des monetären Gebäudewertes führen.

- *Wzweck*: Gebäude mit Wohnzweck haben einen höheren monetären Wert als Gebäude ohne Wohnzweck, zumindest unter einem Volumen von mehreren Tausend Kubikmetern.
- *Bzone*: Gebäude in Bauzonen weisen einen höheren Neubauwert auf als vergleichbare Gebäude ausserhalb von Bauzonen, aber nur, wenn die Gebäude ein minimales Volumen von – je nach Bauzone und Nutzungszweck – mehreren Dutzend bis einigen Hundert Kubikmetern aufweisen.
- *Volumen*: Höhere Gebäudevolumen führen zu höheren monetären Gebäudewerten und in fünf Bauzonentypen («Wohnzone», «Mischzone», «Zentrumszone», «Zone für öffentliche Nutzungen» und «übrige Bauzonen») steigt der monetäre Wert für Gebäude ohne Wohnzweck überproportional zur Veränderung des Volumens.

Die obige Feststellung zum Einfluss des Wohnzwecks auf den Gebäudewert in V4 korrespondiert mit dem Verhältnis der Parameterwerte von Gebäuden mit und ohne Wohnzweck in V3. Abgesehen vom Typ «Arbeitszone» stimmt die Parametrisierung von V3 und V4 auch in Bezug auf den Einfluss der Bauzonentypen überein. Hingegen stehen die in Variante V4 festgestellten, nicht proportionalen Beziehungen zwischen Δ *Volumen* und Δ *Wert* im Widerspruch zu den konstanten Wert-pro-Volumen-Verhältnissen, welche in den ersten drei Varianten verwendet werden.

3.2 Wiederherstellungswerte hochwasserexponierter Gebäude in der Schweiz

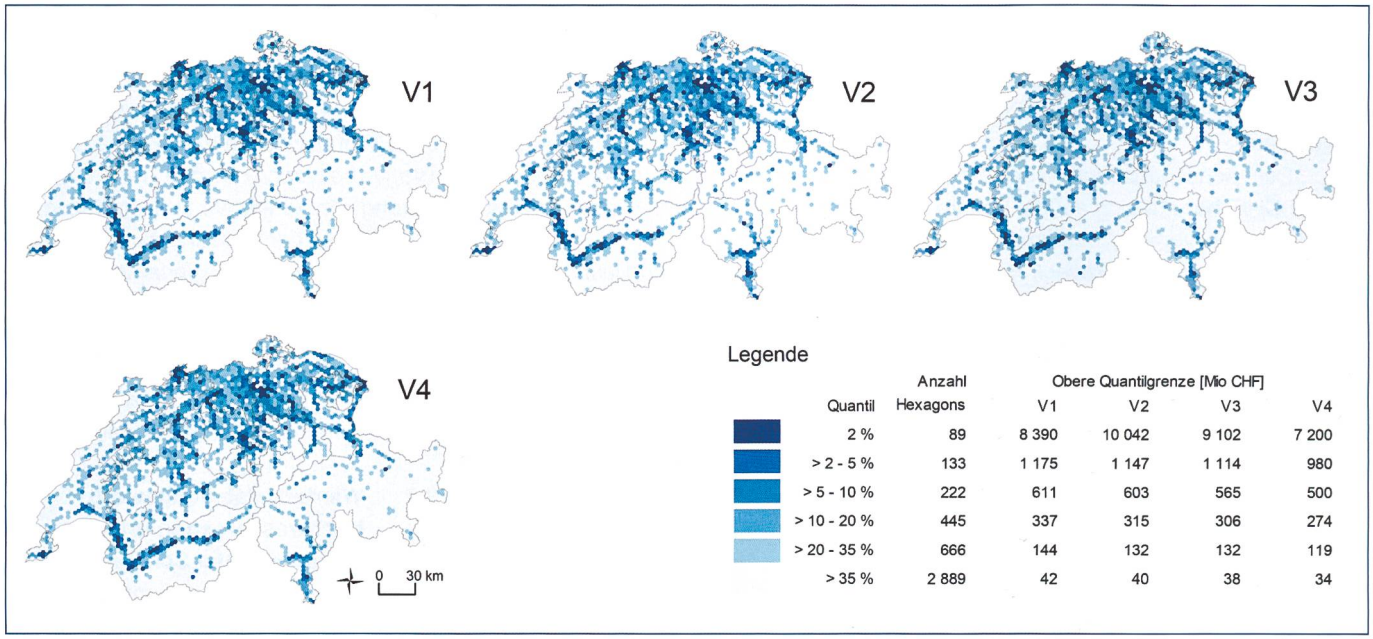
Für jede der vier Schätzvarianten zeigt *Tabelle 4* die je Kanton und über die ganze Schweiz aufsummierten monetären Werte der hochwasserexponierten Gebäude (Spalten «exponiert»). Zusätzlich werden die Wiederherstellungswerte aller Gebäude der Schweiz bzw. eines Kantons aufgeführt (Spalten «total») und wird der Anteil der exponierten Gebäudewerte angegeben (Spalten «%»).

Aufsummiert über die ganze Schweiz, sind die Resultate der vier Methoden sehr ähnlich. Der geschätzte Wert aller Gebäude beträgt mit den ersten drei Varianten jeweils rund CHF 2700 Mia. mit der vierten Variante liegt dieser Wert gut 10 % tiefer bei CHF 2400 Mia. Auch der Wert der

Kanton	Variante V1			Variante V2			Variante V3			Variante V4		
	total*	exponiert*	%	total*	exponiert*	%	total*	exponiert*	%	total*	exponiert*	%
Zürich	381 000	68 000	18%	456 000	81 000	18%	393 000	67 000	17%	345 000	58 000	17%
Bern	368 000	71 000	19%	335 000	65 000	19%	356 000	67 000	19%	319 000	59 000	19%
Luzern	138 000	38 000	28%	108 000	30 000	28%	128 000	34 000	27%	113 000	29 000	26%
Uri	13 000	4 000	28%	13 000	4 000	28%	12 000	3 000	26%	12 000	3 000	25%
Schwyz	49 000	15 000	31%	47 000	14 000	31%	47 000	14 000	30%	43 000	13 000	29%
Obwalden	14 000	5 000	39%	13 000	5 000	39%	13 000	5 000	40%	12 000	5 000	39%
Nidwalden	13 000	6 000	48%	13 000	6 000	48%	13 000	6 000	49%	12 000	6 000	49%
Glarus	17 000	7 000	41%	14 000	6 000	41%	16 000	6 000	39%	15 000	6 000	38%
Zug	35 000	8 000	24%	45 000	11 000	24%	35 000	8 000	24%	30 000	7 000	24%
Freiburg	108 000	11 000	10%	83 000	9 000	10%	104 000	10 000	9%	92 000	8 000	9%
Solothurn	95 000	22 000	23%	84 000	19 000	23%	94 000	19 000	20%	86 000	17 000	20%
Basel-Stadt	56 000	4 000	7%	80 000	5 000	7%	59 000	4 000	7%	47 000	3 000	6%
Basel-Landschaft	87 000	20 000	23%	86 000	20 000	23%	85 000	19 000	22%	78 000	17 000	21%
Schaffhausen	29 000	6 000	19%	25 000	5 000	19%	29 000	5 000	19%	25 000	5 000	18%
Appenzell AR	18 000	2 000	12%	20 000	2 000	12%	17 000	2 000	11%	17 000	2 000	11%
Appenzell IR	6 000	1 000	17%	6 000	1 000	17%	6 000	1 000	18%	5 000	1 000	17%
St. Gallen	171 000	63 000	37%	140 000	52 000	37%	161 000	59 000	37%	148 000	53 000	36%
Graubünden	94 000	13 000	13%	103 000	14 000	13%	94 000	13 000	13%	85 000	11 000	13%
Aargau	213 000	41 000	19%	207 000	40 000	19%	207 000	39 000	19%	187 000	34 000	18%
Thurgau	103 000	20 000	19%	82 000	16 000	19%	98 000	18 000	19%	88 000	16 000	18%
Tessin	131 000	27 000	21%	144 000	30 000	21%	135 000	25 000	19%	124 000	22 000	18%
Waadt	234 000	33 000	14%	230 000	33 000	14%	241 000	31 000	13%	210 000	26 000	13%
Wallis	128 000	53 000	42%	141 000	58 000	42%	133 000	52 000	39%	123 000	47 000	38%
Neuenburg	58 000	6 000	11%	52 000	6 000	11%	60 000	6 000	10%	53 000	5 000	10%
Genf	110 000	13 000	12%	159 000	19 000	12%	114 000	13 000	12%	90 000	10 000	12%
Jura	38 000	9 000	24%	22 000	5 000	24%	37 000	9 000	24%	33 000	8 000	23%
Ganze Schweiz	**2 707 000**	**568 000**	**21%**	**2 706 000**	**556 000**	**21%**	**2 687 000**	**537 000**	**20%**	**2 394 000**	**470 000**	**20%**

* alle absoluten Werte in Millionen CHF, gerundet auf Milliarden

Tabelle 4. Geschätzte Wiederherstellungswerte sämtlicher (Spalte «total») und der hochwasserexponierten (Spalte «exponiert») Gebäude pro Kanton (Zeilen «Zürich» bis «Jura») und über die ganze Schweiz, basierend auf vier Schätzvarianten (V1, V2, V3, V4).



Quantil	Anzahl Hexagons	Obere Quantilgrenze [Mio CHF] V1	V2	V3	V4
2 %	89	8 390	10 042	9 102	7 200
> 2 - 5 %	133	1 175	1 147	1 114	980
> 5 - 10 %	222	611	603	565	500
> 10 - 20 %	445	337	315	306	274
> 20 - 35 %	666	144	132	132	119
> 35 %	2 889	42	40	38	34

Bild 2. Räumliche Verteilung der hochwasserexponierten Gebäudewerte, aufsummiert auf regelmässige Hexagone von 10 km² Fläche. Für jede der vier Schätzmethoden werden sechs Quantile farblich differenziert dargestellt.

hochwasserexponierten Gebäude wird mit allen Varianten ähnlich hoch geschätzt. Er reicht von CHF 470 Mia. (V4) bis CHF 568 Mia. (V1, +20 %) und entspricht einem Anteil von 20 (V3, V4) bis 21 % (V1, V2). Grösser als auf gesamtschweizerischer Ebene sind die Unterschiede zwischen den vier Varianten auf Ebene der einzelnen Kantone. Zwar hat die Methode der Gebäudewertschätzung in den meisten Kantonen kaum einen Einfluss auf den Anteil der exponierten Werte, aber in einigen Kantonen ergeben sich je nach Methode markante Unterschiede in der Höhe der absoluten Gebäudewerte. Am deutlichsten zeigen sich diese Unterschiede zwischen der (auf kantonal differenzierten Werten basierenden) Variante V2 und den drei übrigen Schätzvarianten, und zwar insbesondere in den Kantonen mit vergleichsweise tiefen (Jura) bzw. hohen (Basel-Stadt, Genf) Kubikmeterpreisen. Innerhalb der drei nichtkantonsspezifischen Varianten (V1, V3, V4) fällt auf, dass V1 und V3 sehr ähnliche absolute Gebäudewerte ergeben, während das Regressionsmodell V4 in allen Kantonen für den Gesamtbestand wie auch für die hochwasserexponierten Gebäude zu tieferen Werten als mit den Schätzmethoden V1 und V3 führt. Betrachten wir bei den Resultaten nach Kantonen nicht die Unterschiede zwischen den Schätzmethoden, sondern die Unterschiede zwischen den Kantonen, zeigt sich beim Anteil der exponierten Gebäudewerte eine grosse Spanne. Mit jeder Variante weist der Kanton Nidwalden mit 48 bis 49 % die höchsten Expositionsanteile auf. Diese Anteile sind sieben bis acht Mal höher als die Expositionsanteile im Kanton Basel-Stadt, wo der Anteil der exponierten Gebäudewerte je nach Schätzmethode bei 6 oder 7 % liegt. Generell weisen die Innerschweizer Kantone, St. Gallen und das Wallis hohe Expositionsanteile auf, während die Anteile in den städtischen Kantonen Basel-Stadt und Genf, aber auch in Appenzell AR, Graubünden und einigen Westschweizer Kantonen vergleichsweise tief sind.

Die obigen Feststellungen zu den Resultaten je Kanton widerspiegeln sich auch in *Bild 2*, welches die exponierten Gebäudewerte aufsummiert auf Hexagone von je 10 km² Fläche in Quantilen darstellt. Mit allen vier Schätzmethoden zeigen die Hexagons mit den höchsten Expositionswerten sehr ähnliche räumliche Muster, mit einer Häufung der hohen Werte in der Nordschweiz, dem Rhonetal und dem südlichen Tessin. Alle vier Expositionsmuster entsprechen weitgehend der Besiedlungsstruktur der Schweiz (vgl. *Bild 1*), wobei die Exposition im Kanton Graubünden sowie in der Westschweiz vergleichsweise gering erscheint, was die für diese Kantone tiefen Expositionsanteile in *Tabelle 4* bestätigt.

Auch wenn die räumliche Verteilung der hohen Expositionswerte für alle vier Schätzmethoden sehr ähnlich ist, sind geringe Differenzen zwischen dem Muster von V2 (mit nach Kanton differenzierten Kubikmeterpreisen) und den drei anderen Verteilungsmustern erkennbar. So sind der Kanton Genf oder Zürich, welche beide vergleichsweise hohe kantonspezifische Kubikmeterpreise aufweisen, basierend auf V2 deutlich dunkler eingefärbt als auf Basis der drei anderen Schätzmethoden. Kantone mit tiefen kantonsspezifischen Kubikmeterpreisen wie Jura oder Freiburg hingegen erscheinen in der Quantilenkarte der Variante V2 vergleichsweise hell.

4. Fazit und Ausblick

Die vier untersuchten volumenbasierten Methoden zur Schätzung von Gebäudewerten ergeben – aufsummiert über Hexagons von 10 km², die Kantone und die gesamte Schweiz – sehr ähnliche Expositionswerte und -muster. Wir schliessen daraus, dass volumenbasierte Schätzmethoden die exponierten Gebäudewerte bereits bei einer Aggregation über wenige Quadratkilometer robust quantifizieren und deshalb für regionale bis nationale Risikoanalysen geeignet sind. Für die Praxis besonders relevant erscheint uns die Feststellung, dass die auf pauschalen Angaben in öffentlichen KGV-Geschäftsberichten beruhenden Schätzmethoden (V1, V2) zu ähnlichen Resultaten führen, wie Methoden, welche für die Parametrisierung adressgenaue Daten zu den Gebäudewerten bedingen (V3, V4). Für Analysen auf regionaler und höherer Ebene kann demnach auf die sehr aufwendige Beschaffung und Bearbeitung von adressgenauen Gebäudewerten verzichtet werden. Je kleinräumiger das Analysegebiet und je höher die Auflösung der dargestellten Resultate aber sind, desto eher drängt sich der Einbezug von gebietsspezifischen, hochaufgelösten Daten auf, welche die Kantone und Gemeinden zunehmend zur Verfügung stellen. Unsere Erfahrung ist, dass dabei nicht die Kapazität der Rechenmaschinen

für die Datenverarbeitung limitierend wirkt, sondern vielmehr der personelle Aufwand zur Spezifikation der notwendigen Datenharmonisierung.

Wie andere Studien (*Fuchs, et al.* 2015; *Röthlisberger, et al.* 2018) auch weisen unsere Resultate das Gebäudevolumen als wichtige Einflussgrösse für die Abschätzung von Gebäudewerten aus. Die Bemühungen, auf nationaler Ebene die nächste swissTLM3D-Generation mit gebäudespezifischen Angaben zum (oberirdischen) Gebäudevolumen zu ergänzen, sind vor diesem Hintergrund sehr begrüssenswert. Grosses Potenzial sehen wir zudem in der Nutzung von Daten zu unterirdischen Gebäudevolumen, welche heute für wenige, meist städtische Gebiete erhältlich sind. Die regelmässige Aktualisierung und dokumentierte Archivierung der verwendeten Daten schliesslich ermöglicht vergleichende Analysen über die Zeit. Bei der Aktualisierung der Datengrundlagen ist darauf zu achten, dass Daten, welche miteinander verrechnet werden und sich über die Zeit verändern (bspw. Gebäudevolumen und -werte), jeweils möglichst ähnliche Zeitstände aufweisen, selbst wenn dadurch nicht für alle Eingangsdaten die aktuellste Version verwendet werden kann.

Der vorliegende Artikel stellt praxistaugliche Methoden für die objektgenaue Schätzung von monetären Gebäudewerten vor. Die gleichzeitig präsentierten, aus Daten der KGV abgeleiteten Parameterwerte ermöglichen eine robuste Quantifizierung (hochwasser-)exponierter Gebäudewerte und können damit zu einer Verbesserung regionaler bis nationaler Risikoanalysen in der Schweiz beitragen.

Dank

Wir danken der Schweizerischen Mobiliar Versicherungsgesellschaft für die Harmonisierung der kommunalen Gefahrenkarten und den Kantonalen Gebäudeversicherungen für die zur Verfügung gestellten Daten. *Markus Mosimann* und der WEL-Redaktion danken wir für die konstruktiv kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

Arrighi, C., Brugioni, M., Castelli, F., Franceschini, S., Mazzanti, B. Urban micro-scale flood risk estimation with parsimonious hydraulic modelling and census data, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 1375–1391, doi:10.5194/nhess-13-1375-2013, 2013.

BAFU, Bundesamt für Umwelt, Terms of Use Aquaprotect, http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/14186/14801/16598/16600/index.html?lang=en, 2008.

BAFU, Bundesamt für Umwelt, EconoMe 4.0 Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren: Handbuch/Dokumentation, https://econome.ch/eco_work/doc/Handbuch_EconoMe_4.0_Version_Dez2016_D.pdf, 2015.

Bernet, D. B., Prasuhn, V., Weingartner, R. Surface water floods in Switzerland: What insurance claim records tell us about the damage in space and time, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 17, 1659–1682, doi:10.5194/nhess-17-1659-2017, 2017.

Borter, P. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren: Methode, Umwelt-Materialien, Nr. 107/I, 117 pp., 1999.

Bresch, D. ESP wohin: Wo sind die Schwerpunkte? Welche Forschungsfelder?, Vortag Lenzerheide, 2019.

Bründl, M., Romang, H. E., Bischof, N., Rheinberger, C. M. The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 801–813, 2009.

Bundesrat, Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz – Bericht des Bundesrates, Bern, 131 pp., 2016.

CH2018, Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/technical-report.html, 2018.

European Environment Agency, Economic losses from climate-related extremes, IND-182-en, CSI042, CLIM 039, 16 pp., 2017.

Fuchs, S., Keiler, M., Zischg, A. A spatiotemporal multi-hazard exposure assessment based on property data, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 2127–2142, doi:10.5194/nhess-15-2127-2015, 2015.

Fuchs, S., Röthlisberger, V., Thaler, T., Zischg, A., Keiler, M. Natural Hazard Management from a Coevolutionary Perspective: Exposure and Policy Response in the European Alps, Annals of the American Association of Geographers, 107, 382–392, doi:10.1080/24694452.2016.1235494, 2017.

Jongman, B., Koks, E. E., Husby, T. G., Ward, P. J. Increasing flood exposure in the Netherlands: Implications for risk financing, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 1245–1255, doi:10.5194/nhess-14-1245-2014, 2014.

Kantonale Gebäudeversicherungen, Geschäftsberichte 2014, 2015.

Koivumäki, L., Alho, P., Lotsari, E., Käyhkö, J., Saari, A., Hyyppä, H. Uncertainties in flood risk mapping: A case study on estimating building damages for a river flood in Finland, Journal of Flood Risk Management, 3, 166–183, doi:10.1111/j.1753-318X.2010.01064.x, 2010.

Moel, H. de, van Alphen, J., Aerts, J. C. J. H. Flood maps in Europe - methods, availability and use, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 289–301, 2009.

Moel, H. de and Aerts, J. C. J. H. Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates, Nat Hazards, 58, 407–425, doi:10.1007/s11069-010-9675-6, 2011.

Price, B., Kienast, F., Seidl, I., Ginzler, C., Verburg, P. H., Bolliger, J. Future landscapes of Switzerland: Risk areas for urbanisation and land abandonment, Applied Geography, 57, 32–41, doi:10.1016/j.apgeog.2014.12.009, 2015.

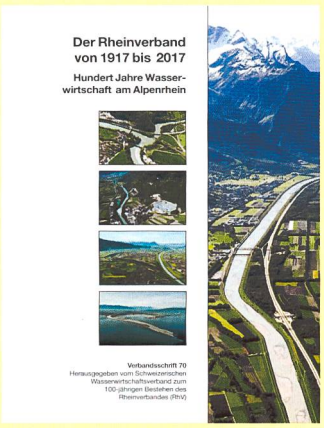
Röthlisberger, V., Zischg, A. P., Keiler, M. Identifying spatial clusters of flood exposure to support decision making in risk management, The Science of the total environment, 598, 593–603, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.03.216, 2017.

Röthlisberger, V., Zischg, A. P., Keiler, M. A comparison of building value models for flood risk analysis, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18, 2431–2453, doi:10.5194/nhess-18-2431-2018, 2018.

Anschrift der Verfasser

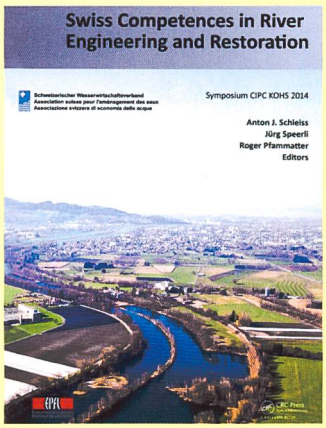
Veronika Röthlisberger, Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Geographisches Institut, Mobiliar Lab für Naturrisiken, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern, veronika.roethlisberger @giub.unibe.ch

Bestellen Sie unsere Verbandsschriften direkt unter: www.swv.ch



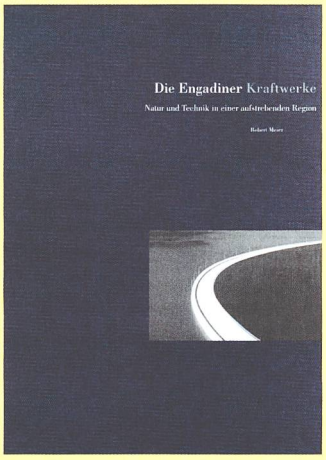
VS 70: ***Der Rheinverband von 1917 bis 2017 – Hundert Jahre Wasserwirtschaft am Alpenrhein***, von Michelangelo Giovannini und Roger Pfammatter, ISBN 978-3-033-06777-6, CHF 10.–.

VS 69: ***Der Verband Aare-Rheinwerke 1915 bis 2015 – Rückblick auf ein Jahrhundert Wasserwirtschaft***, von Hans Bodenmann und Roger Pfammatter, ISBN 978-3-033-05079-2, CHF 10.–.

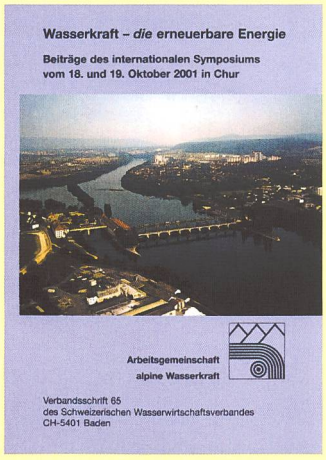


VS 68: ***Swiss Competences in River Engineeringand Restortation,*** von Anton Schleiss, Jürg Speerli, Roger Pfammatter, ISBN 978-1-138-02676-6, CHF 50.–.

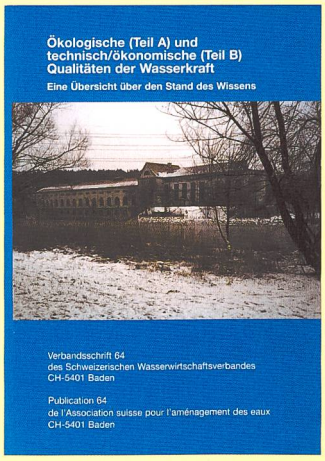
VS: Nr. 67, ***Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband 1910–2010***, ein Portrait, von Walter Hauenstein, 2010, 156 S. Format 17×24 cm, ISBN 978-3 85545-155-5, CHF 40.–.



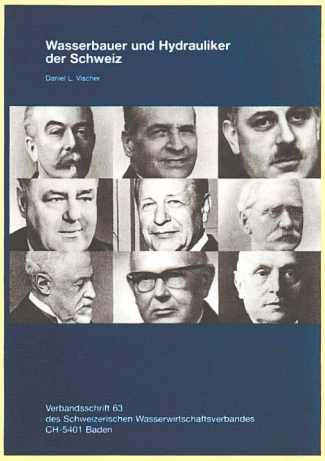
VS: Nr. 66, ***Die Engadiner Kraftwerke – Natur und Technik in einer aufstrebenden Region***, von Robert Meier, 2003, 207 S., Format 28.5 × 20.5 cm, ISBN 3-85545-129-X, CHF 60.–.



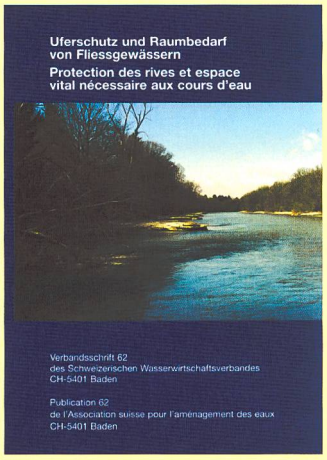
VS: Nr. 65, ***Wasserkraft – die erneuerbare Energie***. Beiträge des internationalen Symposiums vom 18./19. Okt. 2001 in Chur, CHF 30.–.



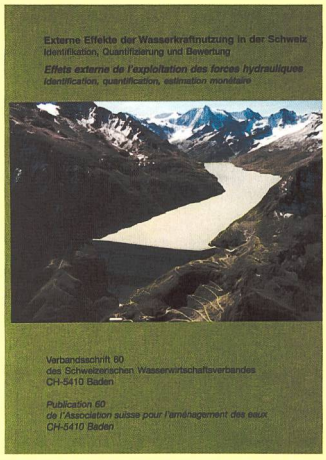
VS: Nr. 64, ***Ökologische (Teil A) und technisch/ökonomische Qualitäten der Wasserkraft***. ecoconcept, Zürich und Schnyder Ingenieure AG, Ottenbach, CHF 40.–.



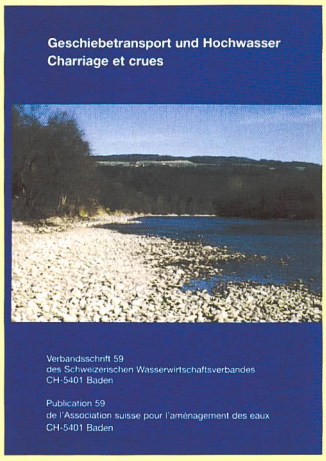
VS: Nr. 63, ***Wasserbauer und Hydrauliker der Schweiz***. Kurzbiographien ausgewählter Persönlichkeiten, 2001, von Daniel L. Vischer, CHF 50.–.



VS: Nr. 62, ***Uferschutz und Raumbedarf von Fliessgewässern/Protection des rives et espace vital nécessaire aux cours d'eau***, 2001, Vorträge in Biel, CHF 40.–.



VS: Nr. 60, ***Externe Effekte der Wasserkraftnutzung / Effets externe de l'exploitation des forces hydrauliques***, 1999, CHF 50.–.



VS: Nr. 59, ***Geschiebetransport und Hochwasser/Charriage et crues***, Vorträge in Biel, 1998, CHF 50.–.

VS: Nr. 57, ***Betrieb und Wartung von Wasserkraftwerken***, 1998, Bernard Comte, CHF 120.–.