



Auftraggeber:

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Wasserwirtschaft
Kärntnerstraße 10-12
4021 Linz

Ansprechpartner:

HR DI Dr. Franz Überwimmer
DI Harald Huber

**Hochwasserschadenspotenzial 2018:
Evaluierung und Prognose der
wasserwirtschaftlichen Entwicklung**

BERICHT

November 2018



Auftragnehmer

Univ.Prof. Dr. Karsten Schulz

Universität für Bodenkultur, Wien
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven
Wasserbau

Dipl.-Ing. Katharina Lebiedzinski

Dipl.-Ing. Claire Brenner

Dipl.-Ing. Benjamin Apperl

Dipl.-Ing. Frederik Kratzert

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	1
1 Projektziel	1
2 Projektgebiet	5
3 AP 1 – Einheitliche Datengrundlagen für APSFR	9
3.1 Digitale Katastralmappe	9
3.2 Flächenwidmungsplan.....	9
3.3 Orthofotos für zwei Aufnahmezeitpunkte (2010, 2014)	9
3.4 Überflutungsflächen	10
3.5 Einheitsschäden.....	10
3.5.1 Askontierung der Schadensdaten aus BUWAL	12
3.5.2 Pauschalschäden für Keller.....	12
4 AP2 – Gebäudeerkennung	15
4.1 Datengrundlage.....	15
4.2 Methodik	16
4.2.1 Exposition	16
4.2.2 Gebäudeerkennung basierend auf spektralen Eigenschaften.....	16
4.2.3 Gebäudeerkennung basierend auf Machine Learning	19
4.3 Ergebnisse	20
5 AP 3 – Entwicklungsanalyse	27
5.1 Entwicklungsanalyse für die Untersuchungsjahre 2010 und 2014	27
5.1.1 Steyr	36
5.1.2 Schleißheim	36
5.2 Gebiete mit hoher Schadenspotenzialdynamik.....	36
5.2.1 Schwertberg.....	37
5.2.2 St. Florian.....	38
5.3 Erfassung umgesetzter Hochwasserschutzmaßnahmen	39

6	AP4 – Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung	41
6.1	Datengrundlage	41
6.2	Methodik	42
6.2.1	Bevölkerungsentwicklung	42
6.2.2	Bebauungsentwicklung	42
6.3	Ergebnisse	46
6.3.1	Bevölkerungsentwicklung	46
6.3.2	Bebauungsentwicklung	46
7	AP5 – Entwicklungsprognose	51
7.1	Abschätzung des zukünftigen Schadenspotenzials	51
7.1.1	Methodik	51
7.1.2	Ergebnisse	52
7.2	Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel	57
7.2.1	Methodik	58
7.2.2	Ergebnisse	62
8	Fazit	67
9	Ausblick und Empfehlungen	69
9.1	Sicherung der DKM und des Flächenwidmungsplans	69
9.2	Sicherung von Überflutungsdatensätzen	69
9.3	Zyklische Bewertung der Maßnahmen im HWRMP	69
10	Literaturverzeichnis	71

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Schematische Darstellung des Projektkonzepts.	2
Abbildung 2 Schematische Darstellung der zyklischen Bewertung des Schadenpotenzials und der Einbindung der Schadenpotenzialanalyse in HWRRL.	2
Abbildung 3 Projektgebiet "Hochwasserschadenspotenzial 2018: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung" sowie Darstellung der Projektgebiete 2016 und 2017.	5
Abbildung 4 Gebäudeschutz bei Hochwasser und Grundwasserhochstand.	13
Abbildung 5: Wesentliche Arbeitsschritte der Gebäudeextraktion aus Orthofotos nach Brenner et al. (2016): a) Orthofoto in HW-Risikozone, b) Entfernung grüner Vegetation, c) Segmentierung, d) Objektklassifizierung und e) Überlagerung eines Orthofotos mit einem shp-Layer der erkannten Gebäude unterschiedlicher Flächenformen.	17
Abbildung 6: Verknüpfung von NDVI und PSRI: a) Orthofoto in HW-Risikozone und b) Entfernung grüner Vegetation (weiße Flächen) und großer brauner Felder (türkise Flächen) bei Erhaltung schwarzer Dächer im Datensatz.	18
Abbildung 7 Vereinfachtes Prozessschema der Klassifizierung eines Orthofotos mittels CNN bestehend aus mehreren Faltungsschichten (2xConvolution) und Sub-Sampling-Schichten (Max-Pooling).	19
Abbildung 8: Entwicklung der Exposition zwischen 2010 und 2014 innerhalb der Überflutungsflächen unterschiedlicher Jährlichkeiten in ha (links) bzw. in Prozent der Gesamtgebäudefläche je HQ und Jahr (rechts).	21
Abbildung 9: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Gemeinden und Betroffenheit bei 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen (Bebauungszustand in 2010).	23
Abbildung 10: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Gemeinden und Betroffenheit bei 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen (Bebauungszustand in 2014).	24
Abbildung 11: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Nutzungsart und Betroffenheit bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis (Bebauungszustand in 2014).	25
Abbildung 12 Absolutes Schadenspotenzial 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ30.	30
Abbildung 13 Absolutes Schadenspotenzial 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ100.	31
Abbildung 14 Absolutes Schadenspotenzial 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ300.	32
Abbildung 15 Relative Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ30.	33
Abbildung 16 Relative Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ100.	34
Abbildung 17 Relative Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ300.	35
Abbildung 18 Schadenspotenzial von Steyr in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.	36
Abbildung 19 Schadenspotenzial von Schleißheim in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.	37
Abbildung 20 Gegenüberstellung der betroffenen Gebäude (rot) im Überflutungsgebiet (blau) eines 300-jährlichen Hochwassers der Aist in Schwertberg 2010 (a) und 2014 (b).	37
Abbildung 21 Schadenspotenzial von Schwertberg in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.	38
Abbildung 22 Gegenüberstellung der betroffenen Gebäude (rot) im Überflutungsgebiet (blau) eines 100-jährlichen Hochwassers des Ipfbaches in St. Florian 2010 (a) und 2014 (b).	38

Abbildung 23 Schadenspotenzial von St. Florian in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.	39
Abbildung 24: Darstellung des gewidmeten, nicht bebauten und bebauten Baulands in Grein (2014).	44
Abbildung 25: Trendextrapolierte Bevölkerungsentwicklung bis 2030 (rot: <-10%, orange: -10 - -2%; gelb: -2 – 2%, hellgrün: 2 – 10%; dunkelgrün: >10%).	46
Abbildung 26: Prozentueller Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet (HQ300) zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland je Gemeinde.	47
Abbildung 27: Darstellung der Häufigkeitsverteilung des prozentuellen Anteils des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland der Gemeinden.	48
Abbildung 28: Zu erwartende Bebauung im Überflutungsgebiet bis 2030 (basierend auf Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung).....	49
Abbildung 29: Darstellung der Häufigkeitsverteilung des zusätzlichen Schadenspotenzials unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und dem Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.	52
Abbildung 30: Zu erwartende Zunahme des Schadenspotenzials unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und dem Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.....	53
Abbildung 31: Potentielle Zunahme des Schadenspotenzials bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.	53
Abbildung 32 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotenzials bis 2030 innerhalb der HQ30-Überflutungsfläche.	54
Abbildung 33 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotenzials bis 2030 innerhalb der HQ100-Überflutungsfläche.	55
Abbildung 34 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotenzials bis 2030 innerhalb der HQ300-Überflutungsfläche.	56
Abbildung 35: Schema zur Methodik der Maßnahmenbewertung: Drei Matrizen (Werte-, Gefährdungs- und Maßnahmenmatrix) enthalten nach Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich differenzierte Informationen zur Vulnerabilität, Exposition und Maßnahmenwirksamkeit.	59
Abbildung 36: Wertematrix. Die Zahlen für die Kombinationen aus Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich ergeben sich durch Multiplikation der Faktoren zur Bewertung der HQ-Bereiche (3,2,1) und der Nutzungsarten (3, 1.2, 0.6). Je höher die Zahl, desto nachteiliger werden die Folgen im Falle eines Hochwasserereignisses für diese Kombination aus HQ-Bereich und Nutzungsart eingeschätzt.	60
Abbildung 37: Gefährdungsmatrix beispielhaft für die Gemeinde Regau dargestellt. Jede Zahl innerhalb der Matrix stellt den relativen Anteil einer HQ-Bereich/Nutzungsart – Kombination an der Gesamtbetroffenheit dar. Sie weisen in diesem Beispiel 11 % (0.11) der Bebauung die Nutzung „Industrie“ auf und befinden sich in der HQ30- Überflutungsfläche... 60	60
Abbildung 38: Beispiel einer Maßnahmenmatrix für das Maßnahmenbündel M08 für die bereits bestehende Bebauung. 1 bedeutet in diesem Fall, dass 100 % des in dieser Kategorie auftretenden Schadenspotenzials verhindert werden können. 0 bedeutet, dass diese Maßnahme keinen Einfluss auf diese Kategorie hat.	61
Abbildung 39: Vergleich der gemeindebezogenen Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung der Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung.	64

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1</i> Untersuchte APSFR, Gewässer und Gemeinden nach „Hochwasser-Risikogebiete (APSFR) in Oberösterreich“ (www.land-oberoesterreich.gv.at , 2017), modifiziert	6
<i>Tabelle 2</i> Kategorisierung der Relevanz in Prozent	11
<i>Tabelle 3</i> Zusammenstellung der Einheitsschäden inkl. deren Relevanz für die monetäre Bewertung des Schadenspotenzials	11
<i>Tabelle 4</i> Zusammenstellung der aktualisierten Einheitsschäden für Neubauten hinter HWS-Anlagen	14
<i>Tabelle 5:</i> Nutzungsarten nach Kategorien des Flächenwidmungsplans.....	24
<i>Tabelle 6</i> Ermitteltes Schadenspotenzial 2010 und 2014	27
<i>Tabelle 7</i> Absolute und relative Änderung des Schadenspotenzials im Vergleich zwischen 2010 bis 2014	29
<i>Tabelle 8:</i> Eigenschaften raumplanerischer und statistischer Datensätze zur Bewertung derer Nutzen und Verwendung bei großflächigen, automatisierten Untersuchungen (Schulz et al., 2016)	41
<i>Tabelle 9:</i> Kategorisierung der Flächenwidmung zu Nutzungskategorien nach Schulz et al., Modul 2, 2015 (modifiziert)	43
<i>Tabelle 10:</i> Synthese aus Baulandanalyse und Bevölkerungsentwicklung zur Erstellung der Prognose der potentiellen Bebaulandentwicklung.....	50
<i>Tabelle 11:</i> Zusammenstellung von Maßnahmenbündeln	57
<i>Tabelle 12:</i> Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung der Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung	63
<i>Tabelle 13:</i> Maßnahmenbewertung bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet	65

Zusammenfassung

Im Projekt „Hochwasserschadenspotenzial 2018 – Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ wird eine dynamische Analyse des Hochwasserschadenspotenzials in 14 ausgewählten APSFR-Gebieten durchgeführt. Dabei wird das Schadenspotenzial für verschiedene Zeiträume erhoben, die vergangene Raumentwicklung bzw. die Entwicklung des Schadenspotenzials analysiert, sowie eine Abschätzung über die zukünftige Entwicklung des Schadenspotenzials vorgenommen. Aufbauend auf dieser Entwicklungsprognose wird eine Bewertung von geeigneten Maßnahmen des Hochwasserrisiko-managements vorgenommen.

Als Schadenspotenzial wird die Summe aller monetären Werte, welche potenziell von einer Überflutung bestimmten Gefährdungsgrades betroffen werden könnten, angesehen. Die zyklische Erfassung des Schadenspotenzials erfordert die korrekte Erfassung der Exposition, also von Anlagen im Überflutungsgebiet, sowie eine Klassifizierung nach Nutzungsart. Multipliziert mit Einheitsschäden errechnet sich daraus das Schadenspotenzial.

Um eine zyklisch konsistente Erfassung des Schadenspotenzials zu gewährleisten ist es notwendig, eine landesweit einheitliche Grundlage für die Berechnung des Schadenspotenzials zu schaffen. Dafür wurde im Vorprojekt eine Vereinheitlichung der Einheitsschäden vorgenommen, welche auch die Basis für diese Analysen bildet.

Die Erfassung der Exposition umfasste die Gebäudeerkennung für die Jahre 2010 und 2014 im Projektgebiet. Dabei wurden alle Gebäude und Anlagen in der Überflutungsfläche eines 30, 100 sowie 300 jährlichen Ereignisses aus der digitalen Katastralmappe erfasst, mit der Gebäudeerkennung aus Orthofotos verglichen und gegebenenfalls ergänzt. Die bereits in den Vorgängerprojekten entwickelte Methodik zur Gebäudeerkennung wurde im Rahmen dieses Projektes unter Anwendung von Ansätzen aus dem Bereich des Machine Learning optimiert.

In der Entwicklungsanalyse wurde das Schadenspotenzial für zwei unterschiedliche Zeitpunkte (2010 und 2014) errechnet und dessen vergangene Entwicklung in diesem Zeitraum analysiert. Dabei ist einerseits von Interesse wo sich das Schadenspotenzial in der Vergangenheit durch Flächennutzungsänderungen erhöht hat, sowie wo sich das Schadenspotenzial durch die Umsetzung hochwasserrelevanter Maßnahmen verringert hat. Im Zuge dieser Analyse wurden außerdem Gebiete ausgewiesen, in denen sich das Schadenspotenzial außergewöhnlich stark verändert hat.

Im Rahmen der Entwicklungsprognose wurden Bebauungsszenarien erstellt und ihre Auswirkung auf die zukünftige Entwicklung des Schadenspotenzials abgeschätzt. Dafür wurde einerseits eine Prognose der Bevölkerungsentwicklung bis 2030 durchgeführt. Zusätzlich

wurde mit Hilfe digitaler Raumordnungsinformation sowie Daten der Gebäudeerkennung eine Prognose der Bebauungsentwicklung im Überflutungsgebiet bis 2030 erstellt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Entwicklungsanalyse und der Entwicklungsprognose wurde eine gemeindespezifische Bewertung vorgenommen und Empfehlungen über die Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen hinsichtlich des Schadenspotenzials getroffen. Diese Empfehlungen werden anhand einer Kombination aus Gefährdung, allgemeiner Maßnahmenwirkung und Vulnerabilität abgeleitet.

Das gegenständliche Projekt stellt eine weitere großflächige Anwendung einer innovativen Methode zur zyklischen Erfassung der Dynamik des Schadenspotenzials dar. Außerdem konnte eine wirkungsbedingte Maßnahmenpriorisierung angewendet werden, welche anhand der Bewertung der Bebauungs-, Bevölkerungs- und Schadenspotenzialentwicklung ausgearbeitet wurde.

1 Projektziel

Das Ziel dieses Projektes und aller vorangegangenen Projekte zum Thema „Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten“ ist es, die Entwicklung des Schadenspotenzials in Überflutungsgebieten anhand einer zyklischen Analyse zu beobachten. Durch diese zyklische Beobachtung soll die Dynamik des Schadenspotenzials erfasst werden, um anhand dieser Information die zukünftige Entwicklung des Schadenpotenzials besser abschätzen zu können. Es soll ein Werkzeug zur Entscheidungshilfe im Hochwasserrisiko-management entwickelt werden, welches Informationen aus vorhandenen digitalen Daten zusammenführt und die Analyse der wasserwirtschaftlichen Entwicklung in Überflutungsgebieten ermöglicht. Um das Ziel einer zyklischen Evaluierung des Hochwasserschadenspotenzials zu erreichen, wurde die Auswertung von ebenfalls periodisch erstellten Orthofotos gegenüber einer Analyse von LIDAR-Daten vorgezogen.

Im gegenständlichen Projekt wird die im Projekt „Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten – Raumnutzung und Maßnahmenwirkung“ entwickelte, und in den Projekten „Hochwasserschadenspotenzial 2016: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ sowie „Hochwasserschadenspotenzial 2017: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ eingesetzte Methodik, auf weitere Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko (APSFRR) angewendet. Die Methodik der Orthofotoauswertung wird hinsichtlich ihrer Anwendung optimiert.

Folgende Arbeitspakete werden behandelt:

- AP1 – Einheitliche Datengrundlagen für APSFR
- AP2 – Gebäudeerkennung
- AP3 – Entwicklungsanalyse
- AP4 – Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung
- AP5 – Entwicklungsprognose

In Abbildung 1 ist das Projektkonzept, mit dem modularen Aufbau, schematisch dargestellt. Die Projektgenese gliedert sich in zwei Module.

Das *Modul 1* beinhaltet eine erste Machbarkeitsstudie. Dabei wurde zum einen eine Analyse von raumplanerischen Datensätzen durchgeführt und zum anderen die Entwicklung einer Methode zur zyklischen Gebäudeextraktion aus Orthofotos erarbeitet.

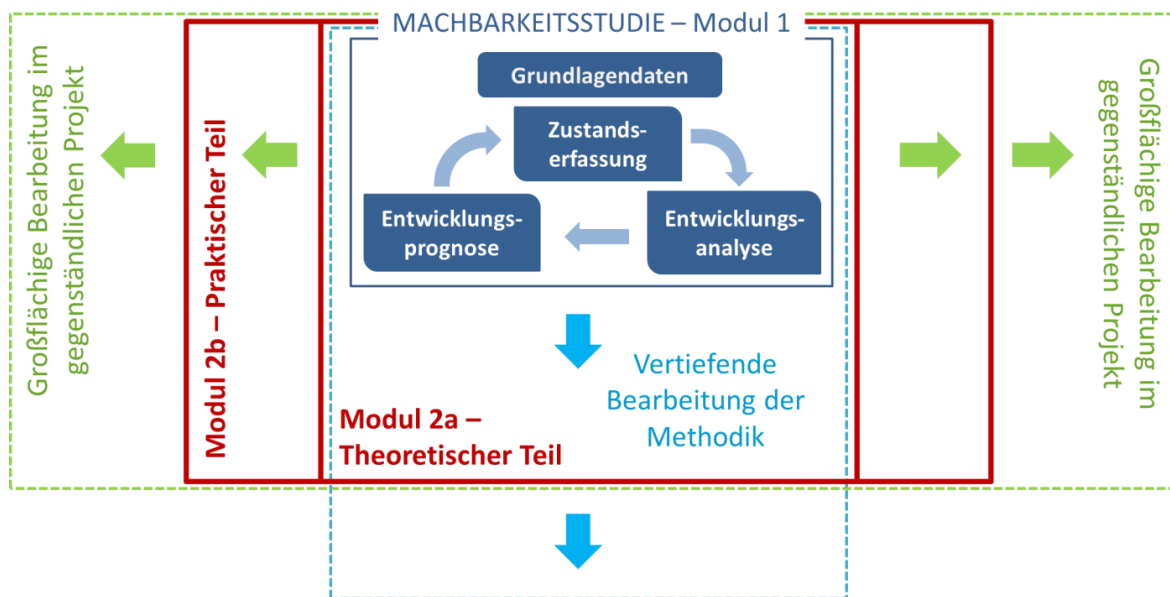


Abbildung 1 Schematische Darstellung des Projektkonzepts.

Das „Modul 2 – Theoretischer Teil“ baute auf Ergebnissen aus der Machbarkeitsstudie auf. Ziel war hier die Weiterentwicklung der in Modul 1 entwickelten Methode und die Schaffung der Basis für eine regionale Anwendung in Oberösterreich. Der theoretische Teil des zweiten Moduls gilt somit als Basis für eine regionale Anwendung in Oberösterreich und für den praktischen Teil des zweiten Moduls. In „Modul 2 – Praktischer Teil“ kamen die vorangegangenen Entwicklungen erstmals zur regionalen Anwendung. Hierfür wurden Orthofotos der Jahre 2010 und 2014 sowie Nahinfrarot-Daten für 2010 und 2014 für 19 Gemeinden an der Trattnach sowie dem Eferdinger Becken verwendet. Weiters wurde das unbebaute Bauland im Fallstudiengebiet zur besseren Abschätzung der Bebauung ausgewiesen.

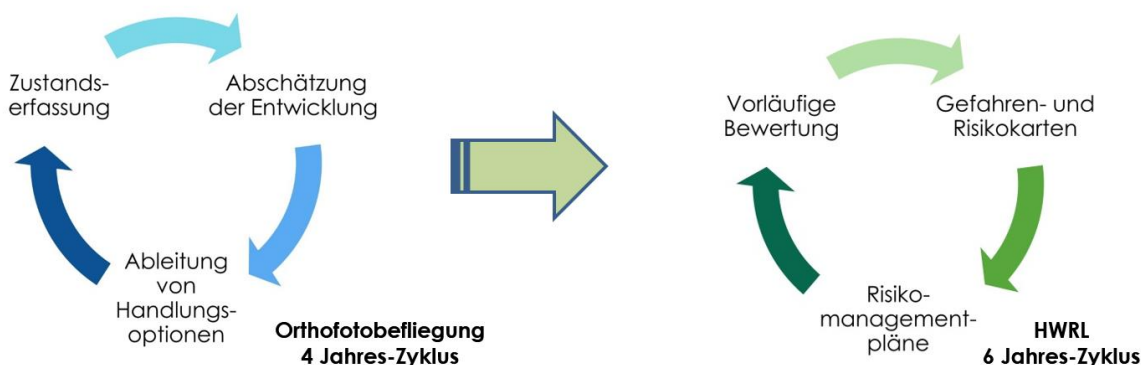


Abbildung 2 Schematische Darstellung der zyklischen Bewertung des Schadenpotenzials und der Einbindung der Schadenpotenzialanalyse in HWRRL.

Die großflächige Anwendung gibt anhand ihrer Erkenntnisse durch die zyklische Bewertung Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen, die auf einer risikobedingten Priorisierung

basieren. Dabei werden unter anderem die Treiber des Schadenspotenzials auf Gemeinde- bzw. APSFR-Ebene identifiziert. Darauf aufbauend wird eine risikobedingte Priorisierung von Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements vorgenommen. Anhand der Abschätzung der Bebauungs- und Bevölkerungsentwicklung wird das mögliche zukünftige Schadenspotenzial ausgewiesen.

2 Projektgebiet

Im Projekt „Hochwasserschadenspotenzial 2018: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ wird das Schadenspotenzial für ein großräumiges Gebiet in Oberösterreich analysiert. Hierfür wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber 14 Risikogebiete (APSFR – Areas with Potentially Significant Flood Risk) ausgewählt. Diese Risikogebiete wurden bei der Umsetzung der EU Hochwasserrichtlinie (2000/60/EG) im Rahmen der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos ausgewiesen. In Abbildung 3 sind die Gemeinden der untersuchten APSFR gebiete der im Detail dargestellt.

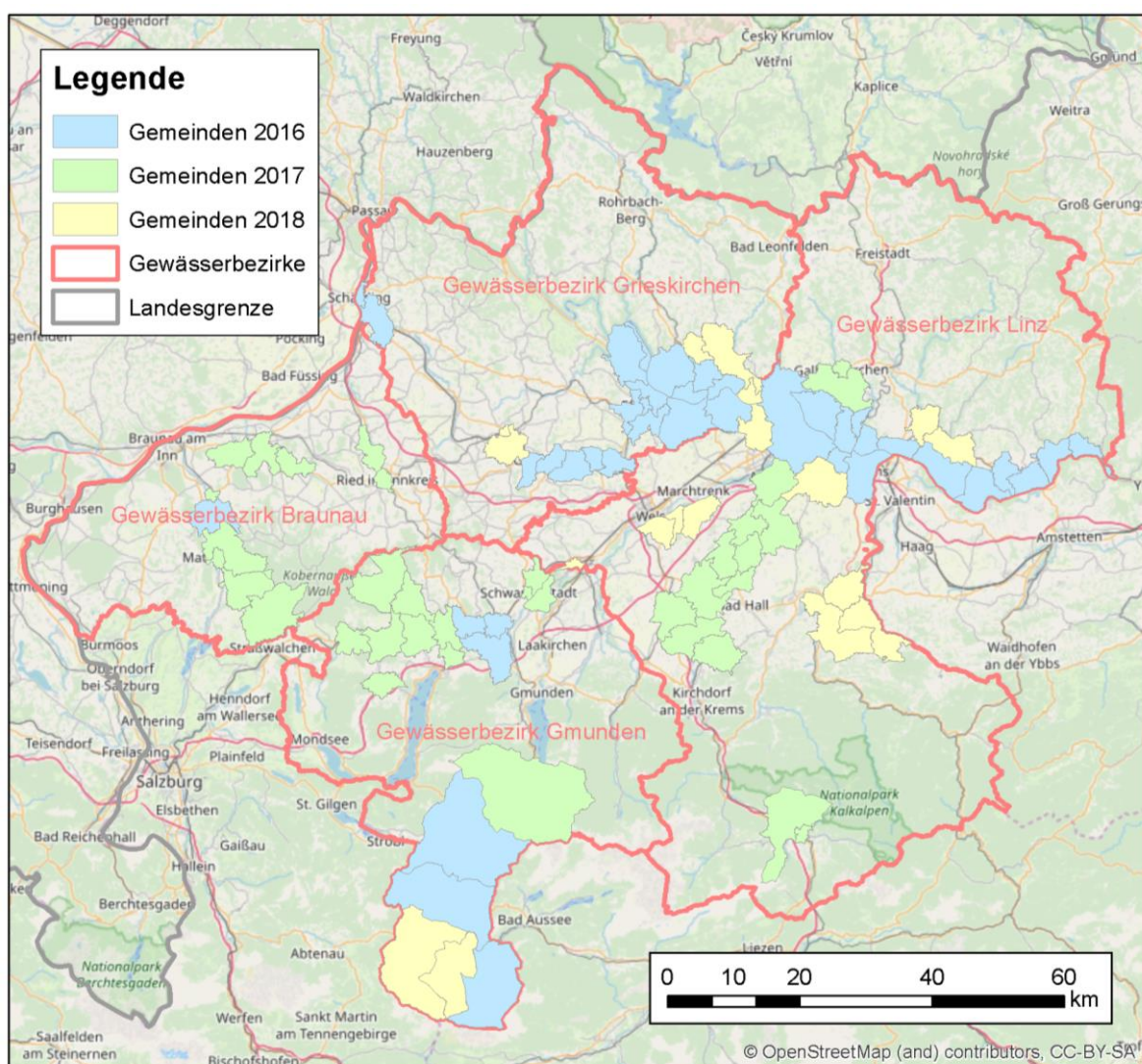


Abbildung 3 Projektgebiet "Hochwasserschadenspotenzial 2018: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung" sowie Darstellung der Projektgebiete 2016 und 2017.

In den vorangegangenen Projekten der Jahre 2016 und 2017 wurden bereits 37 der insgesamt 59 ausgewiesenen APSFR untersucht. Die Auswahl der Risikogebiete erfolgte nach der unterschiedlichen Charakteristik der Einzugsgebiete, der unterschiedlichen Siedlungstypen,

Empfehlungen der Landesverwaltung sowie auf Grundlage der Verfügbarkeit und Qualität der benötigten Daten. Von den 22 noch offenen APSFR Gebieten sind nach Überarbeitung durch das Land Oberösterreich 4 APSFR entfallen (4011 Wambach – Linz, 4053 Salzach – Tittmoning, 4058 Grünbach – Offenhausen sowie 4059 Steyr – Hinterstoder). Einige der Gemeinden der offenen APSFR Gebiete wurden bereits in den Vorprojekten bearbeitet, da hierfür immer alle relevanten Überflutungsflächen innerhalb der Gemeinde herangezogen worden sind und die Auswertung Gemeinde bezogen erfolgt ist. Daher sind weitere 4 APSFR entfallen, deren Gemeinden bereits 2016 bearbeitet worden sind (4003 Große Gusen – St. Georgen, 4010 Seltenbach – Alkoven, 4017 Stahlbach – Enns sowie 4054 Enns – Enns). In Tabelle 1 sind die 14 untersuchten APSFR Gebiete beschrieben. Die bereits im Rahmen des Vorprojektes 2016 bearbeitete Gemeinden sind entsprechend gekennzeichnet (*). Die Tabelle basiert auf der vom Land Oberösterreich herausgegebenen Übersicht über „Hochwasser-Risikogebiete (APSFR) in Oberösterreich“ (www.land-oberoesterreich.gv.at, 2017).

Tabelle 1 Untersuchte APSFR, Gewässer und Gemeinden nach „Hochwasser-Risikogebiete (APSFR) in Oberösterreich“ (www.land-oberoesterreich.gv.at, 2017), modifiziert

ID	APSFR	Gewässer	Gemeinde	Jahr der Bearbeitung
4001	Große Naarn - Perg	Große Naarn	Perg	2018
4002	Aist-Schwertberg	Aist	Schwertberg	2018
			Perg	
4006	Donau – Ottensheim bis Puchenau	Donau	Puchenau	2018
		Hammerbach	Ottensheim*	
		Puchenuerbachl	Leonding	
		Klingbergbachl	Wilhering*	
		Gusenbach	Gramastetten	
		Füchselbachkanal		
		Staudacher Bach		
4007	Große Rodl - Rottenegg	Große Rodl	Walding*	2018
		Eschlbach	St. Gotthard / Mkr	
4012	Weyerbach - Weißkirchen	Weyerbach	Weißkirchen / Traun	2018
4015	Tagerbach – Pichlinger See	Mitterwasser	Linz*	2018
			Asten*	
			St. Florian	

ID	APSFR	Gewässer	Gemeinde	Jahr der Bearbeitung
4016	Ipfbach – St. Florian	Ipfbach	Asten*	2018
			St. Florian	
4018	Enns/Steyr - Steyr	Enns	Steyr	2018
		Steyr	Garsten	
		Ramingbach	St. Ulrich/Steyr	
4023	Hallstätter Mühlbach - Hallstatt	Hallstätter Mühlbach	Hallstatt	2018
		Waldbach		
4024	Gosaubach - Gosau	Gosaubach	Gosau	2018
4038	Schwaigerbach - Lambach	Schwaiger Bach	Lambach	2018
4041	Dürre Aschach - Neumarkt	Dürre Aschach	Neumarkt / Hausruckkr.	2018
		Damberger Bach	Taufkirchen / Trattnach	
4056	Thalbach - Thalheim	Thalbach [Traun]	Schleißheim	2018
			Thalheim / Wels	
4057	Schleißbach - Schleißheim	Schleißbach	Weißkirchen / Traun	2018
			Schleißheim	

3 AP 1 – Einheitliche Datengrundlagen für APSFR

Mit dem langfristigen Ziel einer Entwicklungsanalyse aller 59 Risikogebiete in Oberösterreich (Stand 01.01.2018) ist es notwendig, eine möglichst landesweit einheitliche Datengrundlage für die Berechnung des Schadenspotenzials zu schaffen. Frühere Projekte zur wasserwirtschaftlichen Entwicklung zeigen, dass eine großräumige Berechnung des Schadenspotenzials eine einheitliche Datenbasis zu einem bestimmten Zeitpunkt – z.B. für ein Jahr – voraussetzt. Dazu zählen neben der Digitalen Katastralmappe und dem Flächenwidmungsplan detaillierte Daten zu Überflutungsflächen.

In Arbeitspaket 1 werden für die zu bearbeitenden Gemeinden einheitliche Datengrundlagen erhoben und aufbereitet. Dieses Projekt nützt dabei folgende Datensätze bzw. Tabellen:

- Digitale Katastralmappe (DKM)
- Flächenwidmungsplan
- Orthofotos
- Überflutungsflächen
- Einheitsschäden

3.1 Digitale Katastralmappe

Die digitale Katastralmappe (DKM) enthält alle Informationen der analogen Katastralmappe und wird fortlaufend aktualisiert, wobei nur Neubauten hinzugefügt werden und es sich bei der Aktualisierung nicht um Neuvermessungen handelt. Diese Datensätze werden als vektorbasierte Datensätze geliefert und können problemlos in ein Geografisches Informationssystem (GIS) integriert werden.

Die Katastralmappe stellt das juristisch bindende Werkzeug zur Liegenschaftsermittlung dar und ist somit für die Schadenspotenzialanalyse das Referenzprodukt.

3.2 Flächenwidmungsplan

Der Flächenwidmungsplan besteht aus einem Textteil, welcher die Gemeindeplanung für das Gemeindegebiet beschreibt, und einer kartografischen Darstellung der Widmungen. Hier werden die vektorbasierten Shapefiles in das GIS integriert und zur weiteren Analyse mit anderen Daten verschnitten.

3.3 Orthofotos für zwei Aufnahmezeitpunkte (2010, 2014)

Seit 2010 werden in Österreich in einem 3- bis 4-Jahres-Zyklus flächendeckende Befliegungen zur Aufnahme von digitalen Orthofotos durchgeführt. Diese georeferenzierten Luftbilder ermöglichen durch die zusätzliche zeitliche Referenzierung der Momentaufnahme den Vergleich von Zeitpunkten und können so zum Beispiel die Entwicklung der Bebauung

aufzeigen. Dies stellt den wesentlichen Vorteil gegenüber der Verwendung von Airborne-Laserscan-Daten dar (siehe 4.1 in AP 2).

Orthofotos werden in zwei Formen aufgenommen: Echtfarbbilder und sogenannte Falschfarbbilder, die nicht wie Echtfarbbilder den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts, sondern des Nahinfrarotbereichs (NIR) abbilden. NIR-Bilder eignen sich besonders zur Vegetationserkennung, wodurch sich Vegetation mit wenigen Berechnungsschritten von versiegelten Flächen im Bild trennen lässt.

3.4 Überflutungsflächen

Die Ermittlung des Schadenspotenzials erfolgte im gesamten Gemeindegebiet entlang jener Gewässer, an denen das APSFR Gebiet ausgewiesen wurde. Die Daten der Überflutungsflächen wurden deshalb auf die Fläche der untersuchten Gemeinden zugeschnitten und Zubringer, die nicht zum Risikogebiet gehören, entfernt.

Da detaillierte Ausweisungen der Überflutungsflächen nicht für alle Fließgewässer zum selben Zeitpunkt erfolgen können, liegen hierfür Daten unterschiedlicher Herkunft und Erstellungszeitpunkte vor. Die verwendeten Daten setzen sich zusammen aus:

- Bundesdatensatz für Überflutungsflächen
- Datensatz für Überflutungsflächen – Land Oberösterreich
- Bestands- und Projektmodellierungen inkl. Zeitpunkt der Umsetzung
- Modellierungen für Gefahrenzonenplanungen

3.5 Einheitsschäden

Die Beträge der Einheitsschäden wurden aus dem Vorprojekt „Hochwasserschadenspotenzial 2016: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ übernommen und auf das Jahr 2018 askontiert. Die genaue Methodik der Aufzinsung ist in Kapitel 3.5.1 beschrieben. Die Zusammenstellung der Einheitsschäden wird in Tabelle 3 gezeigt. Diese Tabelle informiert ebenso über die Relevanz der jeweiligen Nutzungskategorie auf das gesamte Schadenspotenzial der analysierten APSFR. Die Relevanz ist somit abhängig von den untersuchten Gemeinden und den betroffenen Widmungen vor Ort. Die Tabelle 2 zeigt die Kategorisierung der Relevanz.

Tabelle 2 Kategorisierung der Relevanz in Prozent

Relevanz	Anteil des Schadenspotenzials am gesamten Schadenspotenzial
sehr niedrig	< 1%
niedrig	1% bis < 5%
mittel	5% bis < 10%
hoch	10% bis < 20%
sehr hoch	> 20%

Tabelle 3 Zusammenstellung der Einheitsschäden inkl. deren Relevanz für die monetäre Bewertung des Schadenspotenzials

Widmung	Einheitsschaden €/m ²		Quelle	Relevanz*
	2016	2018		
Altmaterial, Fahrzeugwracks	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Bestehende Wohngebäude im Grünland	146	153	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Betriebsbaugebiet	371	390	BUWAL	sehr hoch
Biogasanlage	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Campingplatz	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Dauerkleingärten	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Dorfgebiet	146	153	abgeleitet aus BUWAL	niedrig
Eingeschränktes gemischtes Baugebiet	259	272	abgeleitet aus BUWAL	niedrig
Ergänzungsmöglichkeit für Erholungsflächen	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Ergänzungsmöglichkeit für Grünflächen	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Ergänzungsmöglichkeit für Sonderformen lw. U. fw	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Erwerbsgärtnerei	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Fachmärkte ohne Lebens- und Genussmittel	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Freibad	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Friedhof	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Gemischtes Baugebiet	259	272	abgeleitet aus BUWAL	mittel
Geschäftsgebiet Bestand - gemischtes Warenangebot	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Geschäftsgebiete neu - Gemeinde	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Geschäftsgebiete neu - ROP	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Golfplatz	259	272	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Grünzug	40	42	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Heizkraftwerk	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Industriegebiet	371	390	BUWAL	sehr niedrig
Kerngebiet	170	179	BUWAL	hoch
Kurgebiet	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Land- und Forstwirtschaft, Ödland	146	153	abgeleitet aus BUWAL	niedrig
Ländefläche	371	390	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Landwirtschaftliche Nutztierhaltung	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Müll	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Parkanlage	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Parkplatz	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Reines Wohngebiet	146	153	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Reitsportanlage	100	105	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Schießstätte (Fläche)	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Sondergebiete des Baulandes	371	390	abgeleitet aus BUWAL	hoch
Spiel- und Liegewiese, Spielplatz	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
Sport- und Spielfläche	40	42	Experteneinschätzung	sehr niedrig
technische Widmung gem. § 30 ROG	146	153	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Tennishalle	60	63	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Trenngrün	40	42	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Widmung - förderbare mehrgeschoßige Wohngebäude	170	179	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig
Wohngebiet	146	153	BUWAL	sehr hoch
Zweitwohngebiet	146	153	abgeleitet aus BUWAL	sehr niedrig

* Die Relevanz ist abhängig von den untersuchten Gemeinden und ihren Widmungen (nicht absolut zu verstehen).

3.5.1 Askontierung der Schadensdaten aus BUWAL

Die Einheitsschäden aus BUWAL, die bereits im Vorprojekt verwendet wurden, werden im gegenständlichen Projekt auf das Jahr 2018 askontiert. Dies ist notwendig, um aktuell gültige Ergebnisse des Schadenspotenzials zu erhalten und somit Aussagen treffen zu können, die sich auf das Erscheinungsjahr des Projekts beziehen. Der dabei gewählte Zinssatz liegt bei 2,5% p.a., analog zur Anpassung der Schadensdaten aus BUWAL an österreichische Verhältnisse (siehe Nachtnebel et al., 2013). Da die Verzinsung nur über ein Jahr berechnet wird, müssen Zinseszinsseffekte nicht berücksichtigt werden. Die im Folgenden dargestellte exponentielle Verzinsung lässt sich also auf eine lineare Askontierung reduzieren:

$$BW_0 = BW_1 * AF$$

BW_0 Barwert des Schadens im Jahr 2018

BW_1 Barwert des Schadens im Eintrittsjahr (2017)

AF Askontierungsfaktor

$$AF = (1 + z)^{t_2}$$

z Zinssatz (z.B. 2,5%)

t_2 Anzahl der Jahre

3.5.2 Pauschalschäden für Keller

Keller zählen bei Hochwasser zu den am frühesten betroffenen Gebäudeteilen. Durch die Anhebung des Grundwasserspiegels bei Hochwasser werden solche Schäden auch durch Eintritt von Grundwasser in den Keller hervorgerufen, die Überflutungsfläche muss somit häufig nicht direkt bis zum Gebäude selbst heranreichen. Dieses Schadensbild kann im Projekt derzeit in der Ermittlung des Schadenspotenzials nicht berücksichtigt werden, da die Feststellung der voraussichtlichen Betroffenheit der Gebäude schwierig bis nicht durchzuführen ist. Bei jenen Gebäuden, die derzeit als „vom Hochwasser betroffen“ ausgewiesen werden, sind Kellerschäden generell in den Einheitsschäden nach BUWAL mitberücksichtigt.

Relevant wird die Ausweisung eines Pauschalschadens für Keller in der Abschätzung des zukünftigen Schadenspotenzials bei Neubauten innerhalb der vormaligen HQ100-Überflutungsfläche hinter Hochwasserschutzmaßnahmen. Diese sind gem. § 47 Abs. 5 Oö. BauTG 2013 hochwassergeschützt auszuführen. Konkret muss die Fußbodenoberkante des untersten, zu Wohnzwecken genutzten Geschoßes mindestens 50 cm über dem Niveau der Wasserspiegellagen HQ100 vor Errichtung der technischen Hochwasserschutzmaßnahme

liegen. Keller dürfen in diesem Bereich weiterhin errichtet und genutzt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Fußbodenoberkante von Räumen, die zur Lagerung wassergefährdender Stoffe bestimmt sind, ebenfalls 50 cm über dem Niveau der Wasserspiegellagen HQ100 vor Errichtung der technischen Hochwasserschutzmaßnahme liegen oder solche Räume so ausgeführt werden, dass ein Austritt der gelagerten Stoffe verhindert wird. Des Weiteren müssen jene Gebäudeteile, die Unterhalb der Fußbodenoberkante des untersten, zu Wohnzwecken genutzten Geschoßes zu liegen kommen, jedenfalls mit wasserbeständigen Baustoffen ausgeführt werden. Aus den Vorschriften des Oberösterreichischen Bautechnikgesetzes geht somit hervor, dass im Überlastfall bei Neubauten zwar die Wohnflächen des Gebäudes vor Hochwässern geschützt sind, die Kellerbereiche aber nach wie vor vom Hochwasser betroffen sein können.

Folgende planerische Maßnahmen können nach BMLFUW (2010) ergriffen werden, um den Schaden an Gebäuden durch Hochwasser zu minimieren:

- Bauen in erhöhter Lage
- Verzicht auf Kellergeschoße
- Gründung des Gebäudes auf Stützen

Diese und weitere planerische und bautechnische Maßnahmen zur Minimierung der hochwasserspezifischen Gebäudeschäden sind in Abbildung 4 zusammengeführt. Die in ehemaligen Überflutungsflächen errichteten Gebäude in Oberösterreich entsprechen, sofern sie nicht auf Stützen errichtet werden, der Wasserhaltung ohne Verankerung. Dabei werden die unteren Stockwerke einer gezielten Flutung unterzogen, um ein Aufschwimmen des Gebäudes zu unterbinden. Die Gebäude sind dabei aus wasserbeständigen Baustoffen herzustellen. Bei Ausführung einer Dichtwanne ist das Gebäude mittels Verankerung gegen aufschwimmen zu sichern.

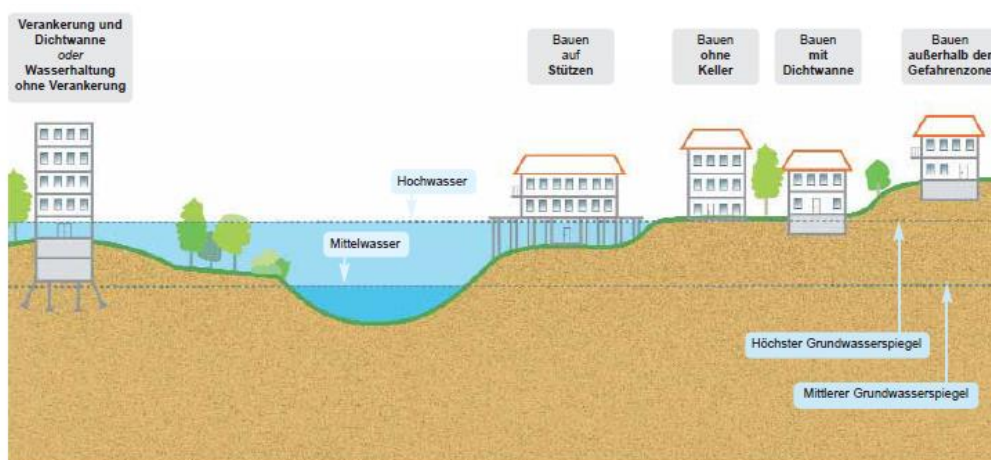


Abbildung 4 Gebäudeschutz bei Hochwasser und Grundwasserhochstand.

Nach Egli (2002) kann das Schadenspotenzial von Gebäuden durch angepasste Nutzung um 30 bis 40 % gesenkt werden. Dabei wird auf empfindliche Nutzungen von Gebäuden oder Geschoßen unterhalb der Überschwemmungshöhe verzichtet. Eine weitere Reduktion des Schadenspotenzials um 15 bis 35 % ist durch eine angepasste Ausstattung (z.B. wasserresistente und unempfindliche Baustoffe etc.) der vom Hochwasser betroffenen Geschoßebenen zu erreichen, wobei die angepasste Ausstattung in § 47 Abs. 5 Z 2 Oö. BauTG 2013 berücksichtigt ist.

Gebäude mit angepasster Nutzung und Ausstattung, wie sie hinter Hochwasserschutzdämmen in Oberösterreich als Neubau errichtet werden dürfen, weisen somit eine Reduktion des Schadenspotenzials um 45 - 75 % auf. Hauptsächlich wird der verbleibende Schaden durch Gebäudeschäden an Bodenbelägen, Heizung und Einrichtungsgegenständen generiert. Eine weitere Schadensposition umfasst die Reinigung und Trocknung des überfluteten Gebäudebereiches.

Im Zuge des Projektes wird angenommen, dass eine Reduktion des Schadenspotenzials bei Neubauten um 65 % erreicht werden kann. In Tabelle 4 ist das Schadenspotenzial für Neubauten hinter technischen Hochwasserschutzmaßnahmen zusammengestellt.

Tabelle 4 Zusammenstellung der aktualisierten Einheitsschäden für Neubauten hinter HWS-Anlagen

	Schadenspotenzial - BUWAL	Schadensreduktion	Schadenspotenzial - Neubau
	[€/m ²]	[%]	[€/m ²]
Wohngebäude	150	65	53
Dichtes Siedlungsgebiet	174	65	61

4 AP2 – Gebäudeerkennung

In diesem Arbeitspaket wird der Bebauungszustand in den Überflutungsflächen von 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen der untersuchten APSFR-Gebiete zu den beiden Zeitpunkten 2010 und 2014 ermittelt. Nachfolgend werden die Datengrundlage, Methodik und Ergebnisse diskutiert.

4.1 Datengrundlage

Für die Ermittlung von Hochwasser betroffener Gebäude in Überflutungsgebieten werden die digitale Katastralmappe (DKM), Orthofotos zweier Aufnahmezeitpunkte und Überflutungsflächen von 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen herangezogen.

Die **digitale Katastralmappe (DKM)** stellt das juristisch bindende Werkzeug zur Liegenschaftsermittlung dar und unterliegt dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV). Die zugrundeliegenden Grundstücksvermessungen werden gemäß § 44 VermG durch die verpflichtende Bekanntgabe von Neubauten und Veränderungen (Grundstücksgrenze, Benützungsort) laufend aktualisiert. Da es bei der Einarbeitung beträchtliche Nachlaufzeiten gibt, entspricht der Informationsgehalt der DKM oft nicht dem tatsächlichen aktuellen Zustand. Die laufende Aktualisierung hat zur Folge, dass eine zeitliche Referenzierung des Bebauungszustandes mittels DKM allein nicht möglich ist. Diese ist jedoch notwendig, um die Bebauungsentwicklung zwischen mehreren Zeitpunkten abschätzen zu können und auf deren Grundlage die Änderung des Schadenspotenzials zu bestimmen. Die Bebauungsentwicklung kann zwar nicht mittels DKM allein ermittelt werden, jedoch in Kombination mit Orthofotos.

Digitale **Orthofotos** sind georeferenzierte Luftbilder mit einem zeitlichen Bezugssystem. Jedem Pixel eines Orthofotos kann eine bestimmte Koordinate zugeordnet werden. Oberösterreich wird seit 2010 landesweit im 3- bis 4-Jahres-Zyklus befliegen, um Orthofotos im sichtbaren Wellenlängenbereich (Echtfarbbilder) sowie auch im nahinfraroten Wellenlängenbereich (Falschfarbbilder) herzustellen. Orthofotos informieren über den Bebauungszustand zu einem bestimmten Zeitpunkt. Wird die DKM mit diesen Informationen ergänzt, kann die Entwicklung des Bebauungszustandes ermittelt werden.

Durch die landesweite periodische Befliegung ist es möglich anhand der Informationen aus Orthofotos eine zyklische Schadensbewertung durchzuführen. Die Einbindung dieser Methodik in die wiederkehrende Bewertung des Hochwasserrisikos im 6-jährigen Zyklus der EU Hochwasserrichtlinie (2007/60/EG) ermöglicht die Ermittlung der Dynamik und Entwicklung des Schadenspotenzial über mehrere Aufnahmezeitpunkte.

In vorangegangenen Arbeiten wurde der Einsatz von **Laserscan-Datensätzen (LiDaR)** überprüft. Für eine wasserwirtschaftliche Interpretation sind sie besonders aufgrund der

Information zur Höhe interessant, die eine höhendifferenzierte Schadenspotenzialanalyse ermöglichen würde. Problematisch für den zyklischen Ansatz der entwickelten Methode ist die inhomogene Umsetzung: Laserscans stehen nicht landesweit zur Verfügung und werden in unterschiedlichen Zeitintervallen aufgenommen. Zusätzlich wird die eindeutige zeitliche Referenzierung erschwert, da bei Überschneidungen von Überfliegungen zu verschiedenen Zeitpunkten die Datensätze aktualisiert werden. Im Sinne einer großräumigen, zyklischen Analyse, die auf die Entwicklung und Dynamik des Schadenspotenzials ausgerichtet ist, haben Orthofotos in diesen Punkten eindeutig bessere Voraussetzungen. (Schulz et al., Modul 2, 2015)

4.2 Methodik

4.2.1 Exposition

Das Schadenspotenzial für ein bestimmtes Ereignis wird anhand der betroffenen Gebäude im Überflutungsgebiet abgeleitet (Exposition). Grundsätzlich kann sich die Exposition durch Veränderung des Gebäudebestandes im Überflutungsbereich als auch durch Veränderung der Überflutungsfläche durch schutzwasserwirtschaftliche Maßnahmen verändern.

4.2.2 Gebäudeerkennung basierend auf spektralen Eigenschaften

In den vorangegangenen Projekten wurde ein methodisches Verfahren zur automatisierten Erkennung und Extraktion von Gebäuden aus Orthofotos entwickelt, welches auf den spektralen Eigenschaften von Fernerkundungsdaten beruht. Dieses Verfahren wurde für die Untersuchung der APSFR-Gebiete angewandt und erweitert. Im Wesentlichen umfasst es die Reduktion der Datenmenge, Segmentierung und Objektklassifizierung.

Orthofotos liegen in sehr hoher Auflösung (derzeit 0,2 m) vor, weshalb jede Bearbeitung mit hohem Rechenaufwand verbunden ist. Für die nachfolgenden Berechnungen wird die Datenmenge auf ein Maß reduziert, dass die Rechenzeit deutlich verkürzt ohne signifikante Qualitätsverluste zu verursachen. Die **Reduktion der Datenmenge** wird erreicht, indem die Auflösung der Orthofotos verringert (0,5 m) und grüne Landschaftsausschnitte mit (chlorophyllreicher) Vegetation entfernt werden. Letzteres erfolgt unter Anwendung des Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI), einem Vegetationsindex, der vegetationsbedeckte Flächen an ihrer Strahlungsdifferenz im roten (Rot) und infraroten (NIR) Wellenlängenbereich erkennt.

$$NDVI = \frac{NIR - Rot}{NIR + Rot}$$

Der NDVI beruht auf der Eigenschaft, dass die Vegetation im Nahen-Infrarotbereich Strahlung wesentlich stärker reflektiert als im roten Bereich des sichtbaren Wellenlängenbereiches. Bei

einer flächenhaften Anwendung können vegetationsfreie Flächen und Flächen mit Vegetation unterschieden werden. Zur Ermittlung des NDVI und anschließenden Entfernung der grünen Vegetation von Orthofotos werden sowohl Echtfarbbilder (Rot, Grün, Blau) als auch Falschfarbbilder (NIR, Rot, Grün) herangezogen.

In der nachfolgenden **Segmentierung** werden die übrig gebliebenen Objekte in Flächen mit ähnlichen Farbinformationen unterteilt. Dabei werden die pixelbezogenen Informationen in vektorbasierte Objekte (Polygone) umgewandelt. Für diesen Schritt wird die von der französischen Raumfahrtagentur CNES (Centre National d'Études Spatiales) frei zur Verfügung stehende Software „Orfeo Toolbox“ angewandt.

Die Farb- und Forminformationen der segmentierten Objekte werden statistisch ausgewertet und in die anschließende **Objektklassifizierung** eingebunden. Bei der Klassifizierung der segmentierten Objekte werden diese anhand eines Algorithmus (Random Forest) in die Klassen „Gebäude“ und „nicht Gebäude“ unterteilt. Zuletzt werden die klassifizierten Gebäude einer manuellen Kontrolle unterzogen.

In Abbildung 5 sind die wesentlichen Arbeitsschritte der Gebäudeerkennung nach Brenner et al. (2016) dargestellt. Für eine ausführliche Beschreibung der angeführten Arbeitsschritte wird auf die Berichte der vorangegangenen Projekte verwiesen (Schulz et al. 2014, Schulz et al., Modul 2, 2015; Schulz et al. 2016).

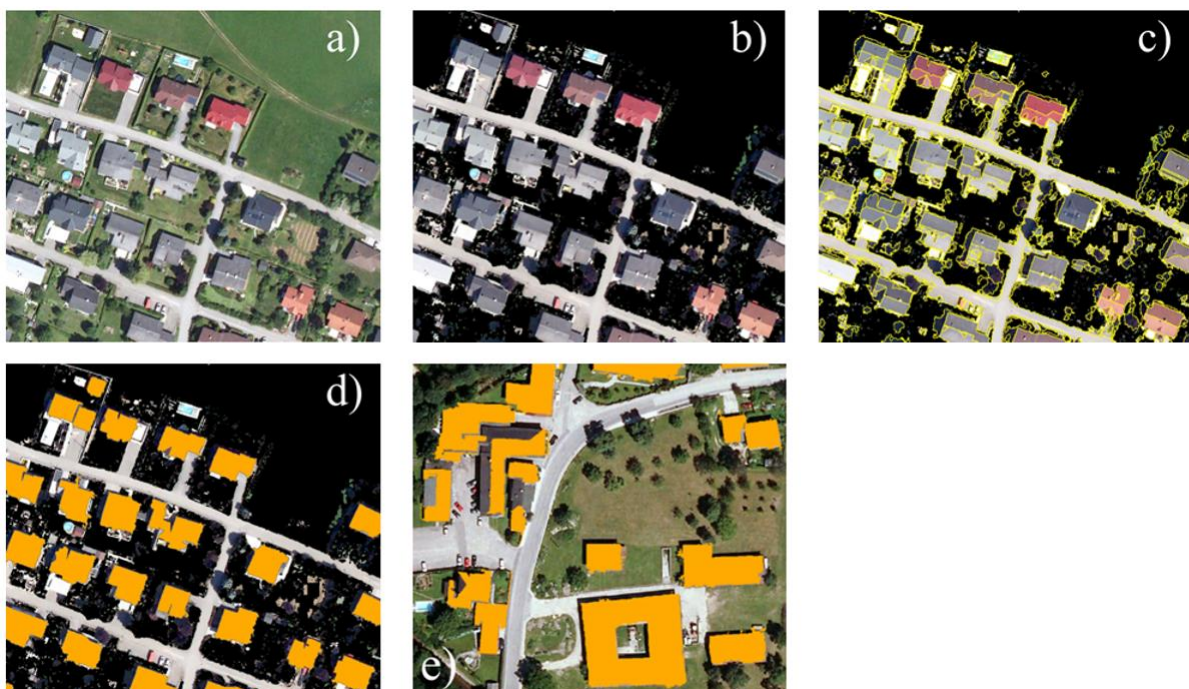


Abbildung 5: Wesentliche Arbeitsschritte der Gebäudeextraktion aus Orthofotos nach Brenner et al. (2016):
a) Orthofoto in HW-Risikozone, b) Entfernung grüner Vegetation, c) Segmentierung, d) Objektklassifizierung und
e) Überlagerung eines Orthofotos mit einem shp-Layer der erkannten Gebäude unterschiedlicher Flächenformen

Im Rahmen des Projektes von 2017 wurde die **Methodik weiterentwickelt**, um die Segmentierung und damit auch das Endresultat zu verbessern. Vor dem Arbeitsschritt der Segmentierung wird der Plant Senescence Reflectance Index (PSRI) berechnet, der das Verhältnis von Karotinoiden zu Chlorophyll in der Pflanze anhand des Verhältnisses der rot-grünen-Strahlungsdifferenz (Rot-Grün) zum infraroten Wellenlängenbereich (NIR) beschreibt (Hatfield & Prueger, 2010).

$$PSRI = \frac{Rot - Grün}{NIR}$$

Allgemein wird der PSRI zur Ertragsanalyse, Kontrolle der Getreideproduktion sowie Ermittlung des Alterungsprozesses bzw. Entwicklungsstadiums der Vegetation eingesetzt (Merzlyak et al., 1999). Im gegenständlichen Projekt werden mithilfe des PSRI Flächen unterschiedlicher Brauntöne aus den Orthofotos extrahiert. Da nicht nur Vegetationsflächen mit geringem Chlorophyllgehalt („hellbraune Felder“) entfernt werden, sondern auch hellbraune Dachflächen, ist es notwendig den Extraktionsvorgang auf große Flächen („Felder“) zu beschränken. Dadurch wird die Entfernung von braunen Dachflächen ausgeschlossen.

Ein zweites Einsatzgebiet des PSRI ist die Verknüpfung mit dem Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Der NDVI dient bereits im Vorfeld zur Identifikation und Entfernung von grüner (chlorophyllreicher) Vegetation. Durch die ähnlichen Eigenschaften des NDVI von grüner Vegetation und schwarzen Dachflächen ist es möglich, dass mit der grünen Vegetation auch schwarze Dachflächen entfernt werden. Durch die Verknüpfung von NDVI und PSRI werden schwarze Dachflächen erkannt und von der Extraktion ausgenommen. In Abbildung 6 ist das Zwischenergebnis der Entfernung grüner Vegetation und großer brauner Felder anhand der Kombination von NDVI und PSRI dargestellt.

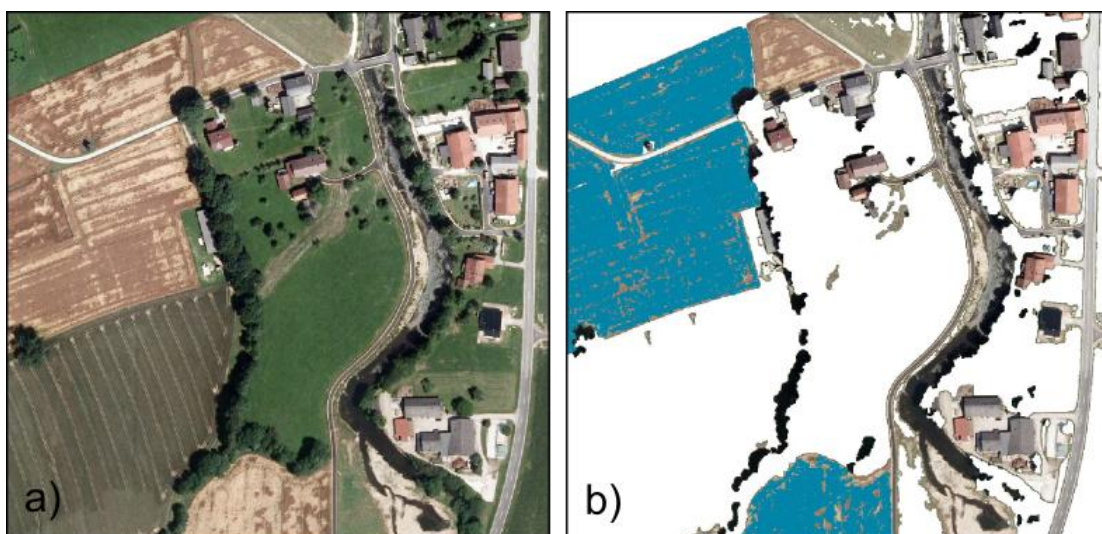


Abbildung 6: Verknüpfung von NDVI und PSRI: a) Orthofoto in HW-Risikozone und b) Entfernung grüner Vegetation (weiße Flächen) und großer brauner Felder (türkise Flächen) bei Erhaltung schwarzer Dächer im Datensatz.

Das Verfahren zur Gebäudeextraktion wird für die beiden Aufnahmezeitpunkte 2010 und 2014 durchgeführt. Anschließend werden die Gebäude der DKM und die klassifizierten Gebäude der Orthofotos zu einem neuen Datensatz zusammengefasst. Um sicherzustellen, dass nur ganzjährig benutzbare Gebäude in die Analyse einfließen, werden nur Gebäude mit einer Grundfläche von mindestens 50 m² berücksichtigt.

4.2.3 Gebäudeerkennung basierend auf Machine Learning

Da der Prozess der Gebäudeerkennung basierend auf spektralen Eigenschaften sowohl rechnerisch wie auch für die Umsetzung und Betreuung ein sehr aufwändiger Vorgang ist, wurde er im Rahmen dieses Projektes im Hinblick auf eine effiziente Anwendung optimiert. Die Methodik wurde unter Anwendung des **Convolutional Neural Network** weiterentwickelt und für die neuen Projektgebiete angewandt.

Das Convolutional Neural Network (CNN) ist ein künstliches neuronales Netz und gehört zu dem Gebiet des Machine Learning. Das CNN wird anhand eines Lernalgorithmus trainiert, um bestimmte Muster und Eigenschaften zu „erlernen“ und diese dann bei der maschinellen Verarbeitung von Daten durch Lerntransfer zu erkennen.

CNNs bestehen aus einem Netzwerk mehrerer Schichten verbundener gewichteter „Neuronen“. Für die digitale Bildverarbeitung von Orthofotos (Echtfarbbilder) und somit dreidimensionalen Matrizen (mit den Farbinformationen für Rot, Grün und Blau) wird ein CNN bestehend aus mehreren Faltungsschichten (2D Convolutional Layern) und Sub-Sampling-Schichten (Max-Pooling Layern) verwendet. Ein Schema des Klassifizierungsprozesses ist in Abbildung 7 dargestellt.

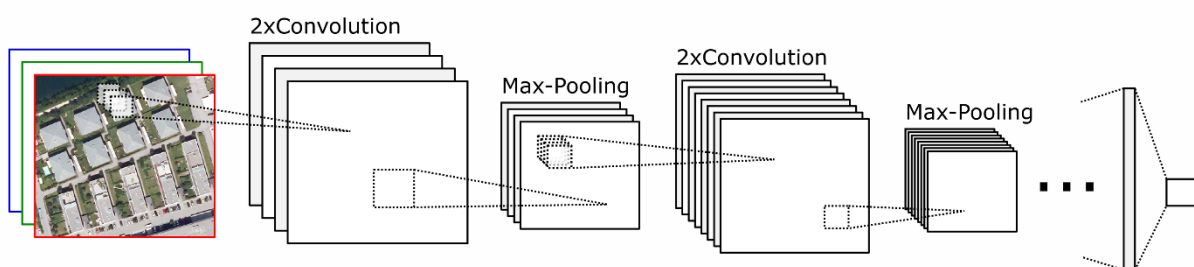


Abbildung 7 Vereinfachtes Prozessschema der Klassifizierung eines Orthofotos mittels CNN bestehend aus mehreren Faltungsschichten (2xConvolution) und Sub-Sampling-Schichten (Max-Pooling).

Dieses Netzwerk bedient sich der diskreten Faltung (bzw. Konvolution, von lat. convolvere – zusammenrollen) aus der Funktionsanalyse, um die relevante Information aus den Bildern zu extrahieren. Bei der diskreten Faltung

$$(f * g)(n) = \sum_{k \in D} f(k)g(n - k)$$

werden zwei diskrete Funktionen f und g durch Summenbildung im Definitionsbereich D gefaltet. Es entsteht eine dritte Funktion (Faltungssumme), die einer „Überlappung“ von f und einer gespiegelten und verschobenen Version von g entspricht.

Nach Aufbau des Netzwerkes umfasst die Gebäudeerkennung basierend auf CNN im Wesentlichen die Schritte Trainieren, Klassifizieren und Konvertieren. Beim **Trainieren** des Netzwerkes wird die Gewichtung der Neuronenverbindungen optimiert, um die Merkmale des Trainingsdatensatzes möglichst gut zu bestimmen. Für das Trainieren des Netzwerkes kommt der Gebäudedatensatz des Projektes 2017 als Trainingsdatensatz zum Einsatz. Anhand dieses Datensatzes erlernt das Netzwerk Gebäude von „Nicht-Gebäuden“ zu unterscheiden.

Beim **Klassifizieren** werden die Orthofotos des gegenständlichen Projektes untersucht. Anhand der erlernten Merkmale werden Gebäude auf den aktuellen Orthofotos erkannt, extrahiert und als Matrix in der Ausdehnung des Inputs wiedergegeben. Diese Matrix wird beim **Konvertieren** in eine Datei im Shape-Format übergeführt und ist nun bereit für die Arbeitsschritte der nachfolgenden Arbeitspakete.

Für die Implementierung des CNN wurde das von Google entwickelte und als Open-Source-Produkt zur Verfügung gestellte TensorFlow verwendet. TensorFlow ist eine Software library für maschinelles Lernen, welche die Anwendung des Deep Learning mittels Python-Programmierung unterstützt.

4.3 Ergebnisse

Die Erfassung der Lage und Größe von exponierten Gebäuden und Anlagen erfolgte unter der Anwendung der automatisierten Gebäudeextraktion von Orthofotos basierend auf Machine Learning. Der Bebauungszustand in den Überflutungsflächen von 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen der untersuchten APSFR-Gebiete wurde zu den Zeitpunkten 2010 und 2014 ermittelt. Dieser dient als Grundlage für die Ermittlung des Schadenspotenzials und der Analyse seiner Entwicklung in allen nachfolgenden Arbeitspaketen. Durch eine Ergebniskontrolle nach der automatisierten Gebäudeerkennung konnte die hohe Genauigkeit erkannter Gebäudeflächen verifiziert werden. Es kann von einer über 90%igen Treffsicherheit ausgegangen werden, die durch Kontrolle und Bereinigung kleinerer Unstimmigkeiten noch einmal auf 96-98% gesteigert wird. Nicht erkannt werden Gebäude, die sich auf Flächen mit besonders dichter Baumvegetation befinden und daher auch nicht mit dem freien Auge auf Orthofotos erkennbar sind. Sonderfälle dieser Art sind im Siedlungsgebieten jedoch nicht bis sehr selten anzutreffen.

In den untersuchten Gemeinden kam es zwischen den Analysezeitpunkten nur zu einer geringen Zunahme des Gebäudebestandes. Eine Veränderung des Schadenspotenzials ist direkt auf eine Veränderung der Gebäudeentwicklung zurückzuführen, da keine Veränderung

der Gefährdung (z.B. unterschiedliche Überflutungsflächen durch Errichtung von Hochwasserschutzmaßnahmen innerhalb des Vergleichszeitraumes) aufgetreten ist.

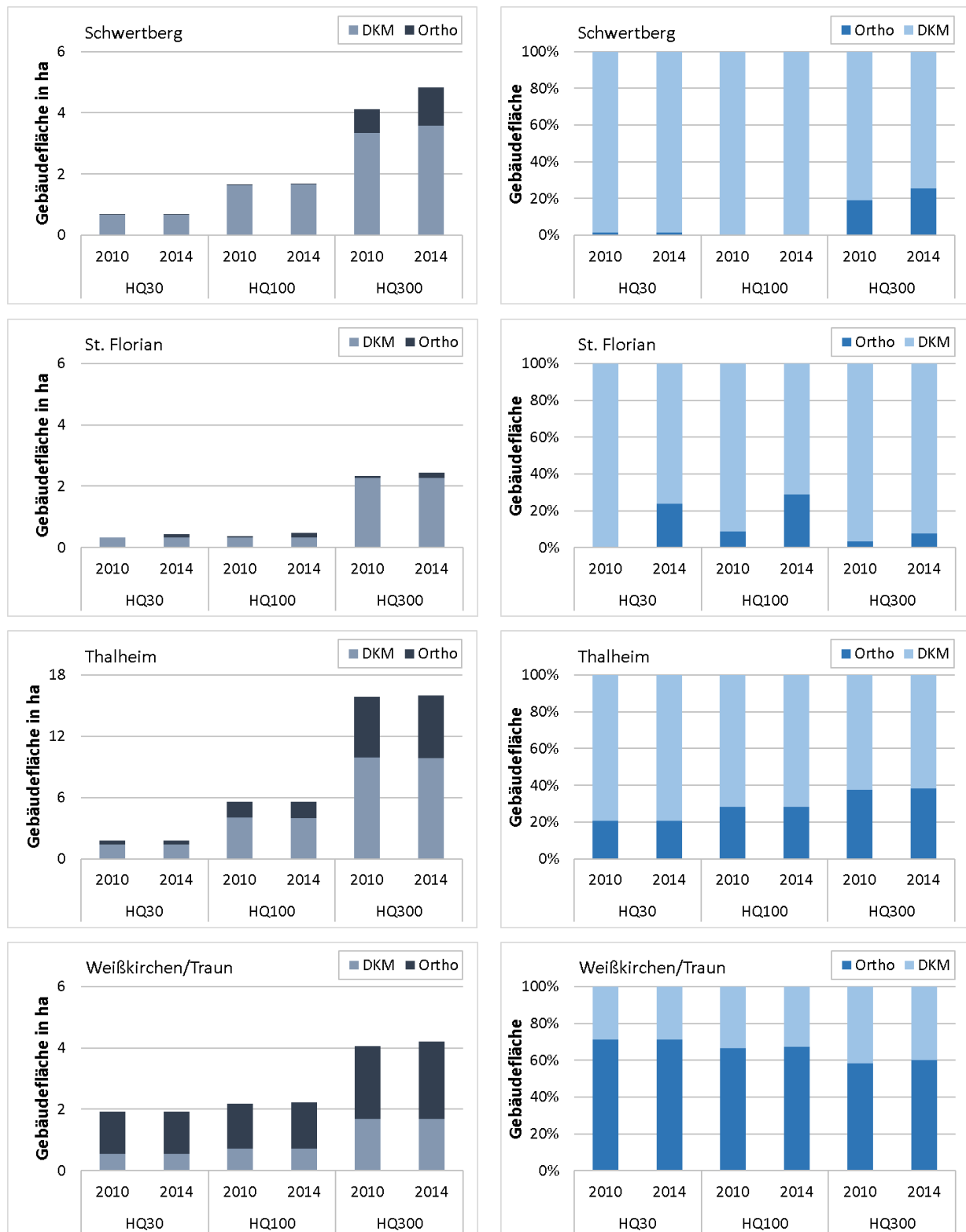


Abbildung 8: Entwicklung der Exposition zwischen 2010 und 2014 innerhalb der Überflutungsflächen unterschiedlicher Jährlichkeiten in ha (links) bzw. in Prozent der Gesamtgebäudefläche je HQ und Jahr (rechts).

In Abbildung 8 sind die betroffenen Gebäudeflächen im Überflutungsgebiet von Hochwasserereignissen unterschiedlicher Jährlichkeiten (HQ) für die Gemeinden Schwertberg, St. Florian,

Thalheim und Weißkirchen/Traun dargestellt. Die Flächen stammen aus der Gebäudeerkennung (Ortho) sowie der DKM und werden in ha sowie Prozent der betroffenen Gesamtgebäudefläche je HQ und Zeitpunkt gezeigt. Die gestapelten Säulen stellen die Anteile jener betroffenen Gebäudeflächen in den Überflutungsflächen dar, die in der DKM (hellblau bzw. hellgrau) enthalten sind bzw. nicht von der DKM erfasst werden und nur dank der Orthofotoauswertung (dunkelblau bzw. dunkelgrau) berücksichtigt werden können.

In Schwertberg ist eine Zunahme der betroffenen Gebäudefläche bei HQ300 von 2010 auf 2014 zu erkennen. Auch der Anteil der anhand von Orthofotos bestimmten Gebäudegrundflächen nimmt hier ebenfalls zu. In St. Florian ist die Zunahme der betroffenen Gebäudefläche, die durch die Orthofotoauswertung bestimmt werden konnte, auffällig. In Thalheim und Weißkirchen/Traun ist nicht die Zunahme der Gebäudefläche, sondern der hohe Anteil der anhand von Orthofotos bestimmten Gebäudegrundflächen je HQ besonders hoch.

In den nachfolgenden Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die exponierten Gebäudeflächen differenziert nach Gemeinde und Betroffenheit bei Hochwasserereignissen mit 30-, 100- und 300-jährlicher Auftrittswahrscheinlichkeit für die Jahre 2010 sowie 2014 abgebildet. Für diese Darstellungen wurden die betroffenen Gebäudeflächen aus der Gebäudeerkennung (Ortho) sowie der DKM zusammengefasst. Die Zuteilung der Gebäudeflächen zu den Hochwasserereignissen unterschiedlicher Jährlichkeiten erfolgt für diese Darstellungen nicht kumulativ wie bei den vorangegangenen Abbildungen. Es werden die jeweils hinzukommenden Flächenanteile je Hochwasserereignis gesondert dargestellt. Die insgesamt betroffene Gebäudefläche bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis entspricht somit der Summe der Flächenanteile.

Die Betroffenheit exponierter Gebäudeflächen im Jahr 2010 wird in Abbildung 9 gezeigt. In Abbildung 10 wird die Betroffenheit exponierter Gebäudeflächen für das Jahr 2014 dargestellt.

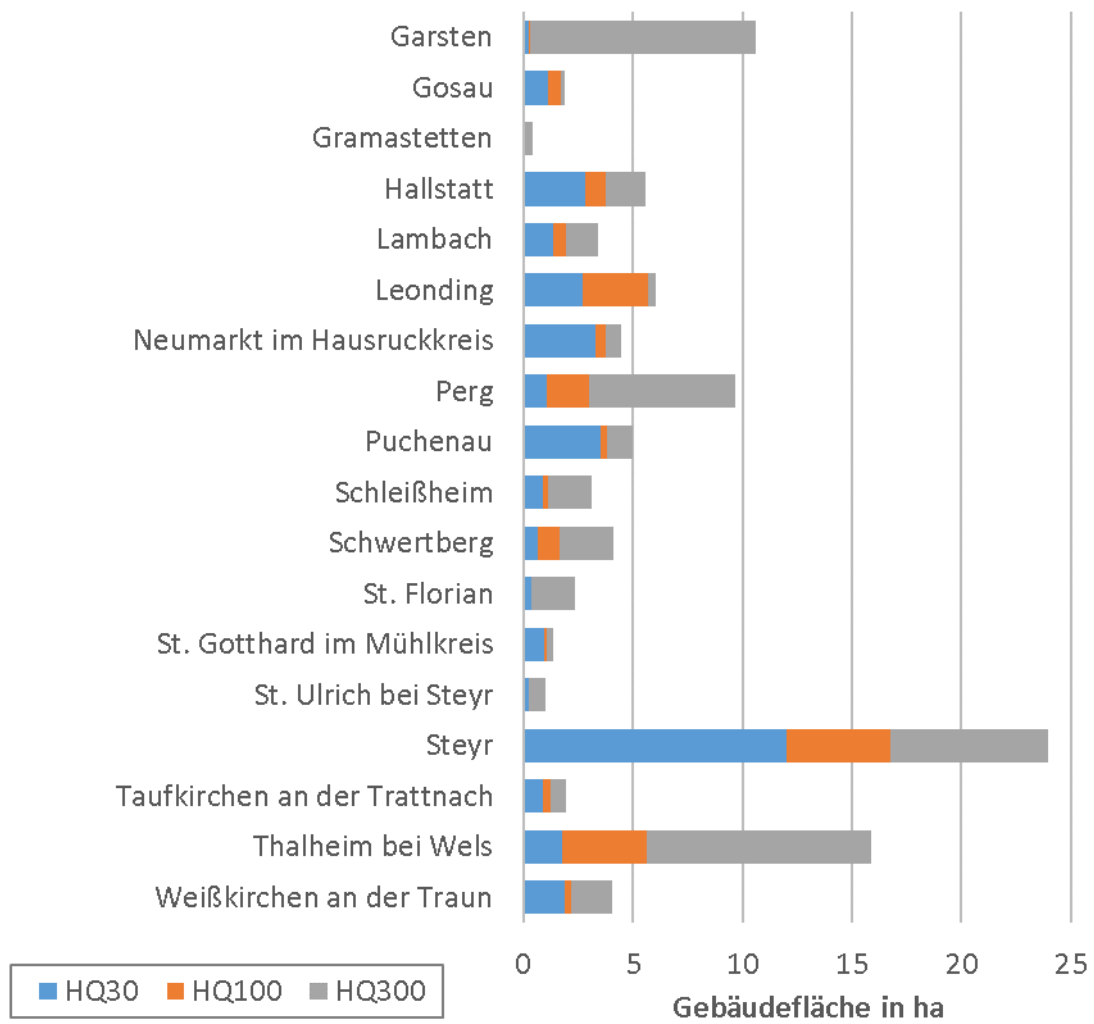


Abbildung 9: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Gemeinden und Betroffenheit bei 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen (Bebauungszustand in 2010).

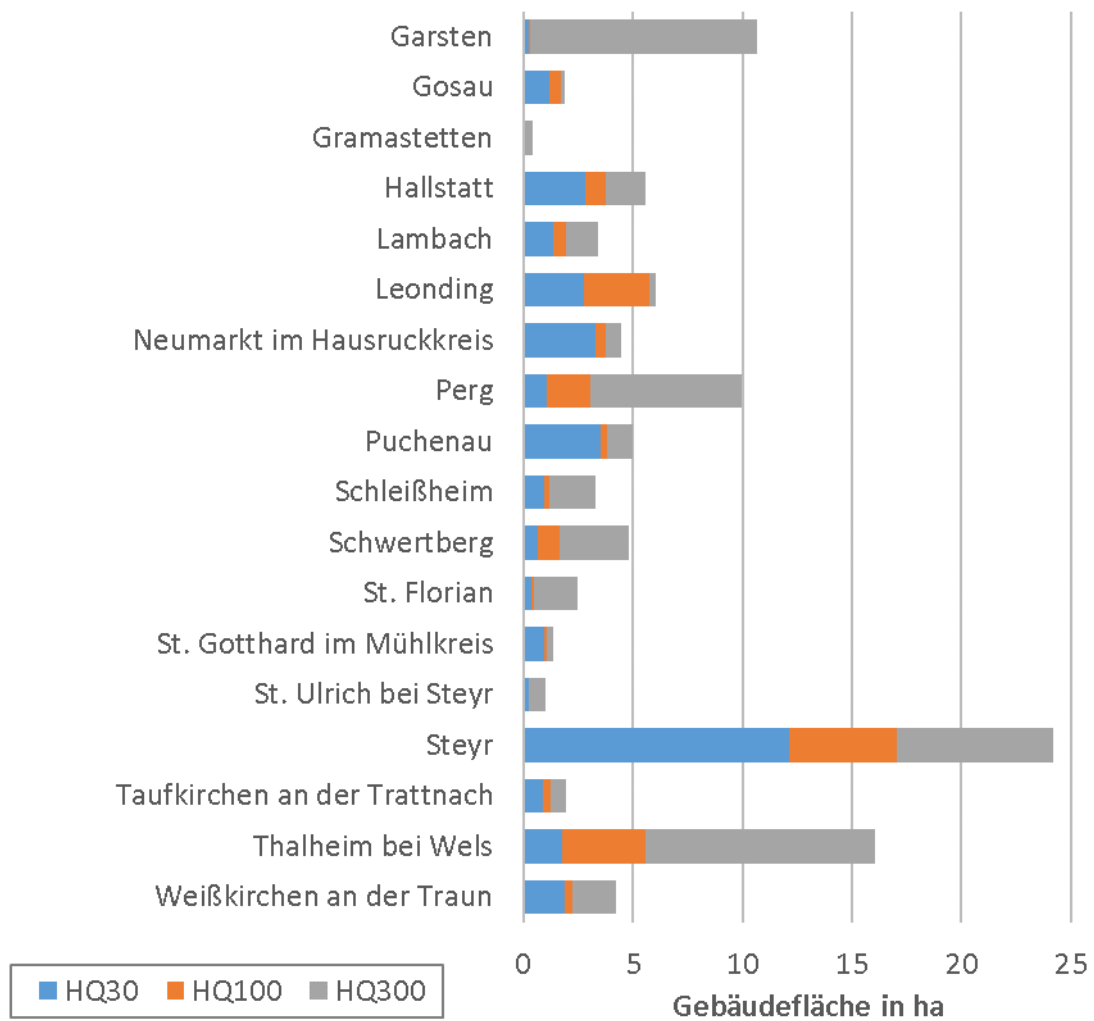


Abbildung 10: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Gemeinden und Betroffenheit bei 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen (Bebauungszustand in 2014).

Die Unterscheidung nach Nutzungsarten (siehe Tabelle 5) ist ein wesentlicher Bestandteil der risikobasierten Maßnahmenbewertung in AP5 (siehe 7.2 Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel). In Abbildung 11 sind daher die exponierten Gebäudeflächen nach Nutzungsart und Betroffenheit bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis für den Bebauungszustand in 2014 dargestellt.

Tabelle 5: Nutzungsarten nach Kategorien des Flächenwidmungsplans

Wohnen	Industrie	Anderes
Wohn-, Dorf- und Kerngebiet, Zweitwohnungsgebiet, Kurgebiet, gemischtes und eingeschränkt gemischtes Baugebiet, Wohngebiet für Mehrgeschoßwohnbauten	Industriegebiet, Betriebsbaugebiet, Ländefläche	Sonstige Flächen im gewidmeten Bauland

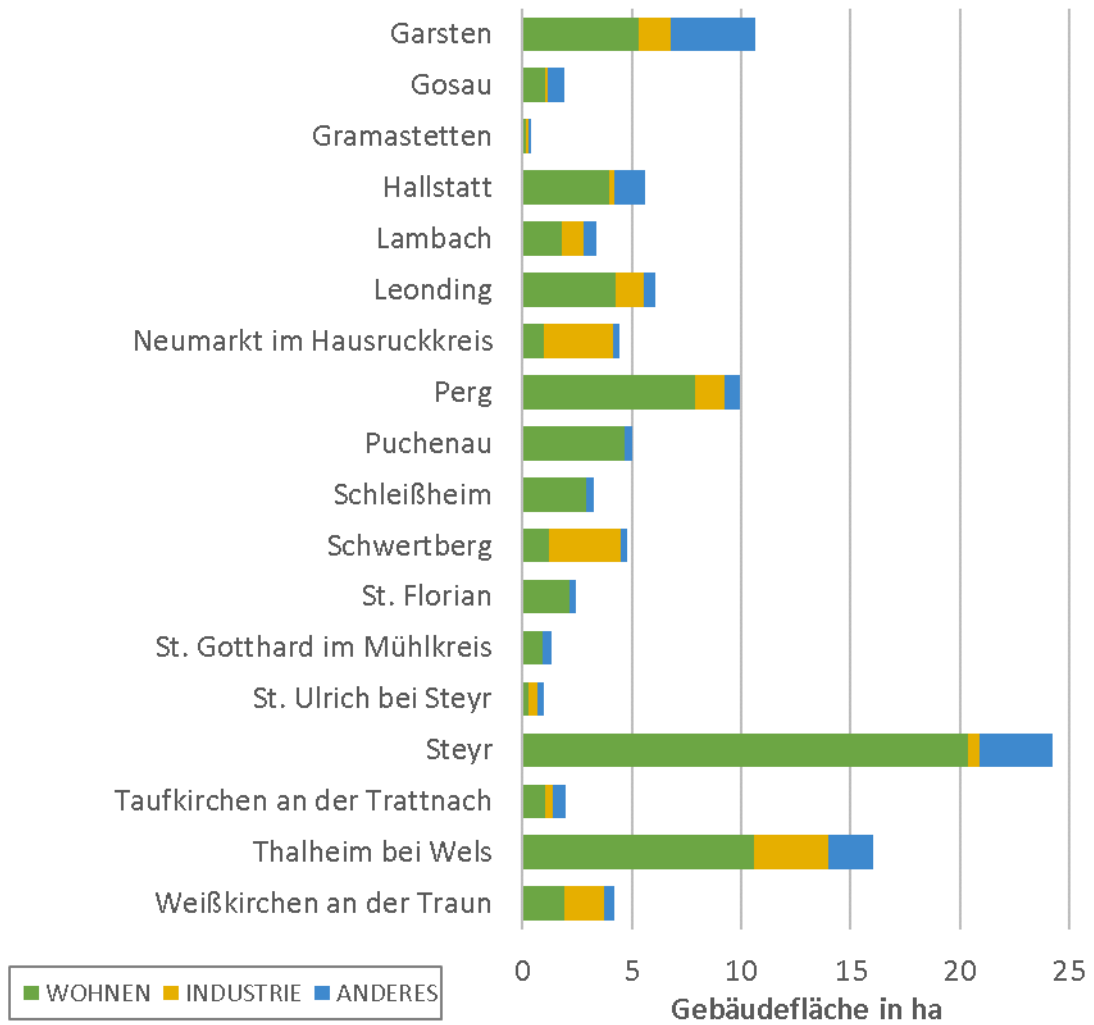


Abbildung 11: Exponierte Gebäudefläche in ha differenziert nach Nutzungsart und Betroffenheit bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis (Bebauungszustand in 2014).

5 AP 3 – Entwicklungsanalyse

Basierend auf den in Kapitel 3.5 angeführten Einheitsschäden und der in Kapitel 4 beschriebenen Gebäudeerkennung wird hier die Entwicklung des Schadenspotenzials im Untersuchungszeitraum zwischen 2010 und 2014 untersucht.

Der monetäre Wert des Schadenspotenzials ist das Produkt der Grundfläche der von einem Hochwasser bestimmter Jährlichkeit betroffenen Gebäude und dem zugehörigen Einheitsschaden. Dafür wird jedem Gebäude mit Hilfe des Flächenwidmungsplans eine Nutzung zugewiesen. Anschließend werden die potenziellen Gebäudeschäden je Gemeinde summiert. Durch die Analyse zu zwei Zeitpunkten lässt sich die Entwicklung des Schadenspotenzials darstellen sowie auch Gebiete mit hoher Schadenspotenzialdynamik. Eine Detailanalyse dieser Gebiete ermöglicht es, die treibenden Faktoren für eine außergewöhnliche Entwicklung des Schadenspotenzials zu erkennen.

5.1 Entwicklungsanalyse für die Untersuchungsjahre 2010 und 2014

Die Entwicklung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 wurde für 18 Gemeinden in 14 Risikogebieten untersucht. Die Tabelle 6 zeigt das ermittelte Schadenspotenzial der untersuchten Gemeinden.

Tabelle 6 Ermitteltes Schadenspotenzial 2010 und 2014

Nr.	Gemeinde	2010			2014			Jahr der Bearbeitung
		HQ30	HQ100	HQ300	HQ30	HQ100	HQ300	
		[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	
1	Garsten	0,40	0,47	27,99	0,40	0,47	28,07	2018
2	Gosau	2,55	3,43	3,80	2,50	3,37	3,73	2018
3	Gramastetten	-	-	0,86	-	-	0,88	2018
4	Hallstatt	5,71	7,66	11,13	5,71	7,66	11,14	2018
5	Lambach	3,88	5,17	8,51	3,88	5,17	8,51	2018
6	Leonding	6,03	14,46	15,22	6,04	14,49	15,28	2018
7	Neumarkt im Hausruckkreis	11,87	12,82	14,73	11,87	12,82	14,73	2018
8	Perg	1,91	5,56	20,91	1,97	5,66	21,37	2018
9	Puchenau	5,46	5,95	7,71	5,46	5,95	7,71	2018
10	Schleißheim	1,36	1,76	4,74	1,45	1,84	4,98	2018
11	Schwertberg	1,96	4,94	13,37	1,96	5,04	15,92	2018
12	St. Florian	0,49	0,49	3,63	0,49	0,65	3,80	2018

Nr.	Gemeinde	2010			2014			Jahr der Bearbeitung
		HQ30	HQ100	HQ300	HQ30	HQ100	HQ300	
		[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	
13	St. Gotthard im Mühlkreis	1,92	2,15	2,65	1,92	2,15	2,65	2018
14	St. Ulrich bei Steyr	0,93	0,97	3,05	0,93	0,97	3,05	2018
15	Steyr	23,13	31,08	42,93	23,29	31,51	43,39	2018
16	Taufkirchen an der Trattnach	1,35	2,53	4,24	1,37	2,56	4,27	2018
17	Thalheim bei Wels	5,88	16,61	35,38	5,88	16,27	35,27	2018
18	Weißkirchen an der Traun	5,80	6,39	10,69	5,80	6,57	11,07	2018

Das APSFR Gebiet 4023 wurde seitens der zuständigen Fachdienststellen in Hallstatt um den Waldbach erweitert. Innerhalb des erweiterten Gebietes konnten bei der Auswertung jedoch nur die Überflutungsflächen für ein HQ300 berücksichtigt werden, da zum Zeitpunkt der Untersuchung nur diese verfügbar waren.

Im APSFR 4018 waren ebenfalls die Überflutungsflächen eines 30- bzw. 100-jährlichen Hochwasserereignisses für die Gemeinden Garsten und St. Ulrich bei Steyr nicht flächendeckend vorhanden. Gleiches gilt für die Gemeinde Gramastetten des APSFR Gebietes 4006. Die gefährdeten Gebiete der APSFR 4056 und 4057 entlang der Zubringer der Traun sind zum Teil auch im Mündungsbereich der Zubringer in die Traun situiert, weshalb hier auch die Überflutungsflächen der Traun herangezogen worden sind.

Tabelle 7 fasst die absolute und relative Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden zusammen. Die Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 wird absolut (in Mio. €) und relativ (in %) dargestellt. Die Verknüpfung der Ergebnisse aus absolutem Schadenspotenzial und relativer sowie absoluter Änderung des Schadenspotenzials ergibt ein Gesamtbild über den Zustand eines Gebietes bezüglich dessen Schadenspotenzials. Zum Beispiel können Gebiete oder Gemeinden ein geringeres absolutes Schadenspotenzial aufweisen, gleichzeitig kann jedoch in diesen Gebieten die relative Änderung des Schadenspotenzials sehr hoch sein.

Als Beispiel kann das Schadenpotenzial bei HQ100 der Gemeinde St. Florian herangezogen werden: St. Florian hatte im Jahr 2010 bei HQ100 ein vergleichsweise geringes absolutes Schadenspotenzial von € 0,49 Millionen. Im Jahre 2014 betrug das Schadenspotenzial € 0,65 Millionen – ein relativer Anstieg des Schadenspotenzials von über 30 %.

Im Gegensatz dazu können Gemeinden ein hohes absolutes Schadenspotenzial aufweisen und gleichzeitig eine geringe relative Änderung des Schadenspotenzials haben. Beispielsweise weist Steyr 2010 hohe absolute Schadenspotenziale auf, jedoch ist das Schadenspotenzial relativ nur um max. 1,38 % gestiegen.

Tabelle 7 Absolute und relative Änderung des Schadenspotenzials im Vergleich zwischen 2010 bis 2014

Nr.	Gemeinde	Absolute Änderung SP - 2010 bis 2014			Relative Änderung SP - 2010 bis 2014			Jahr der Bearbeitung
		HQ30	HQ100	HQ300	HQ30	HQ100	HQ300	
		[Mio. €]	[Mio. €]	[Mio. €]	[%]	[%]	[%]	
1	Garsten	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,30	2018
2	Gosau	-0,05	-0,06	-0,06	-2,03	-1,83	-1,66	2018
3	Gramastetten	-	-	0,02	-	-	2,20	2018
4	Hallstatt	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,09	2018
5	Lambach	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2018
6	Leonding	0,01	0,02	0,06	0,16	0,17	0,39	2018
7	Neumarkt im Hausruckkreis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2018
8	Perg	0,06	0,10	0,46	3,04	1,87	2,22	2018
9	Puchenau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2018
10	Schleißheim	0,09	0,09	0,24	6,35	4,92	5,14	2018
11	Schwertberg	0,00	0,10	2,55	0,00	1,93	19,08	2018
12	St. Florian	0,00	0,16	0,17	0,00	32,80	4,56	2018
13	St. Gotthard im Mühlkreis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2018
14	St. Ulrich bei Steyr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2018
15	Steyr	0,16	0,43	0,46	0,71	1,38	1,08	2018
16	Taufkirchen an der Trattnach	0,02	0,03	0,03	1,15	1,05	0,63	2018
17	Thalheim bei Wels	0,00	-0,34	-0,12	0,00	-2,03	-0,33	2018
18	Weißkirchen an der Traun	0,00	0,18	0,38	0,00	2,75	3,57	2018

In den nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 12 bis Abbildung 17) werden das absolute Schadenspotenzial 2014 sowie die relative Änderung des Schadenspotenzials zwischen 2010 und 2014 kartografisch dargestellt.

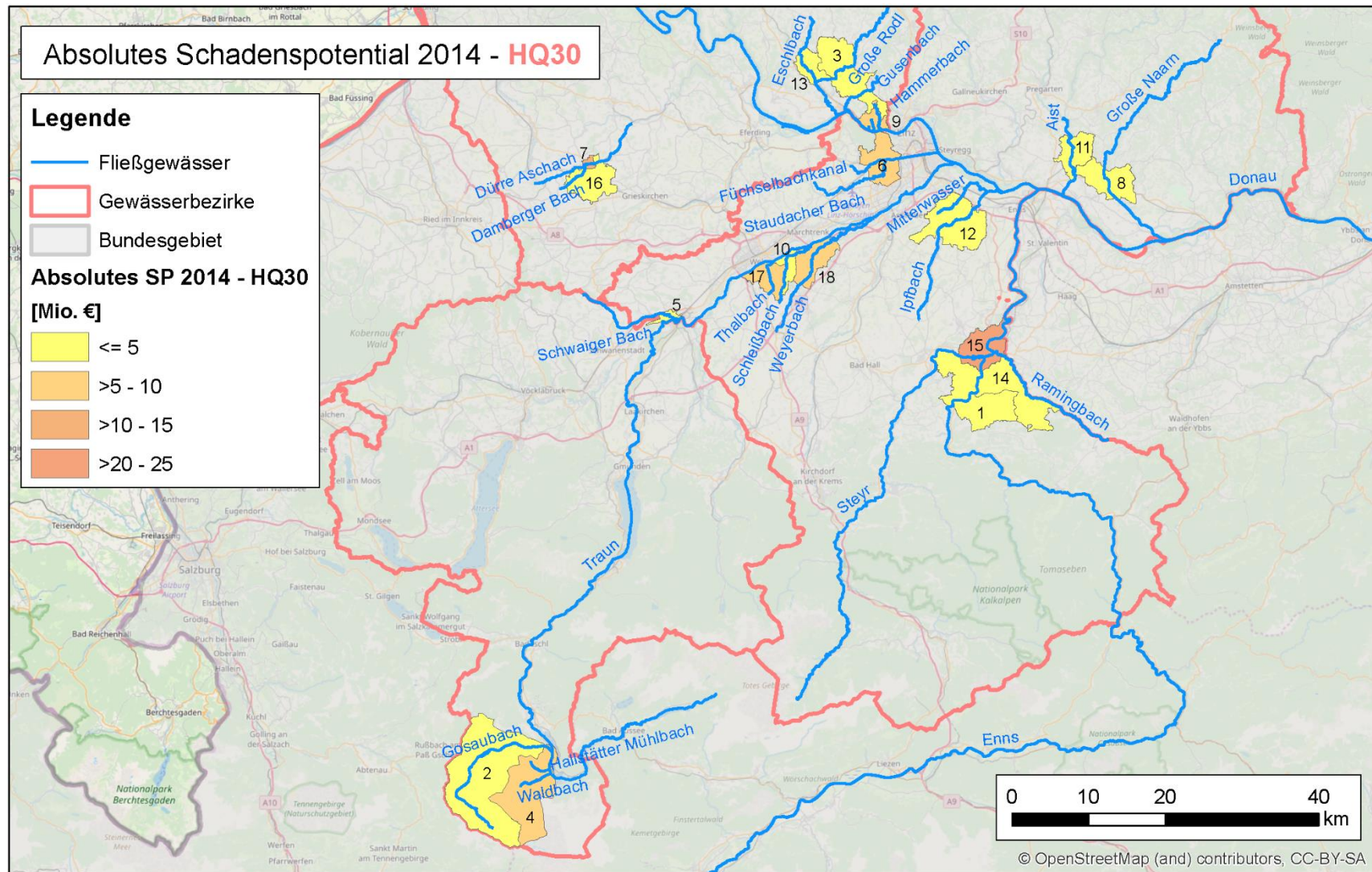


Abbildung 12 Absolutes Schadenspotential 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ30.

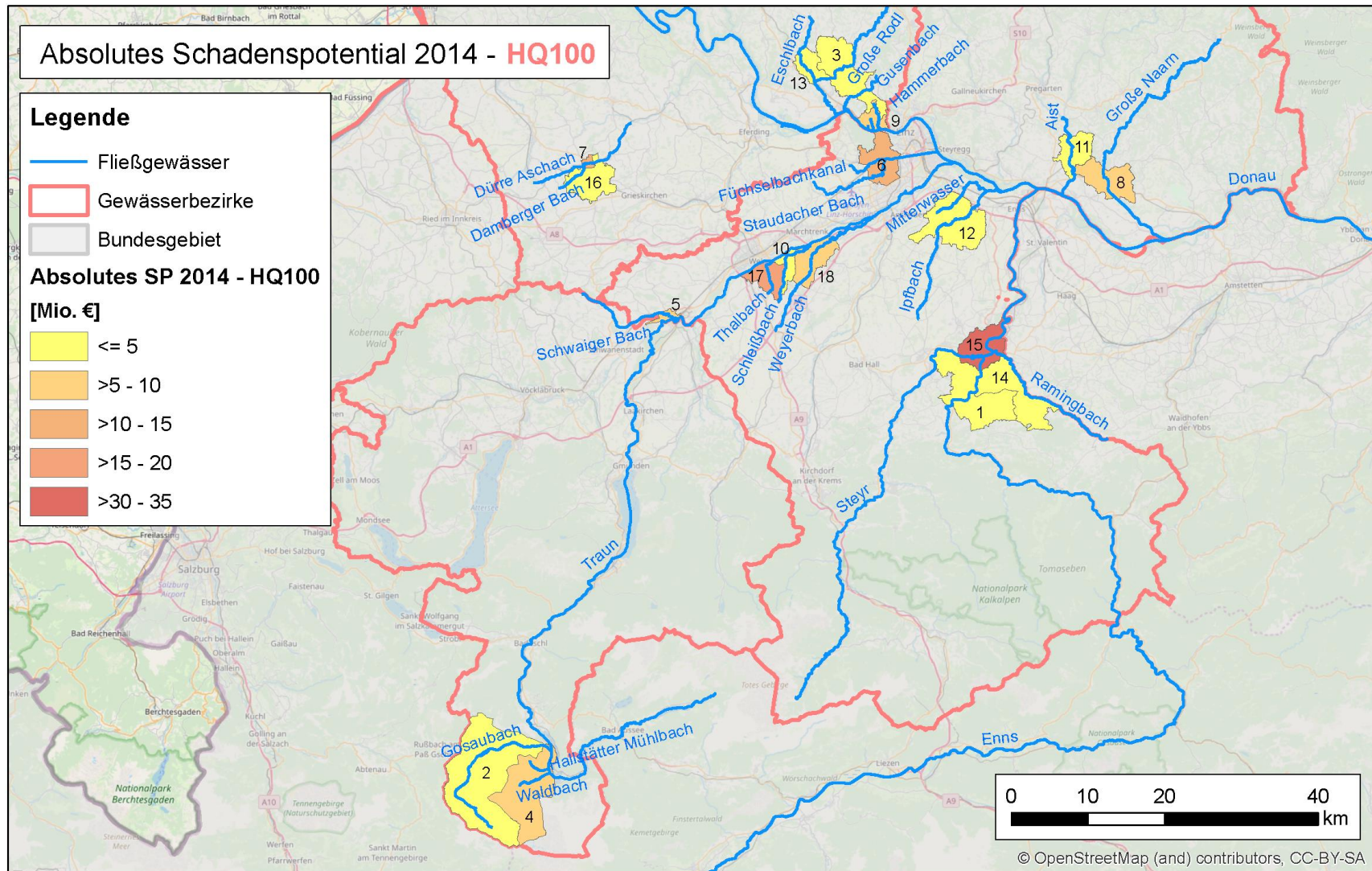


Abbildung 13 Absolutes Schadenspotential 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ100.

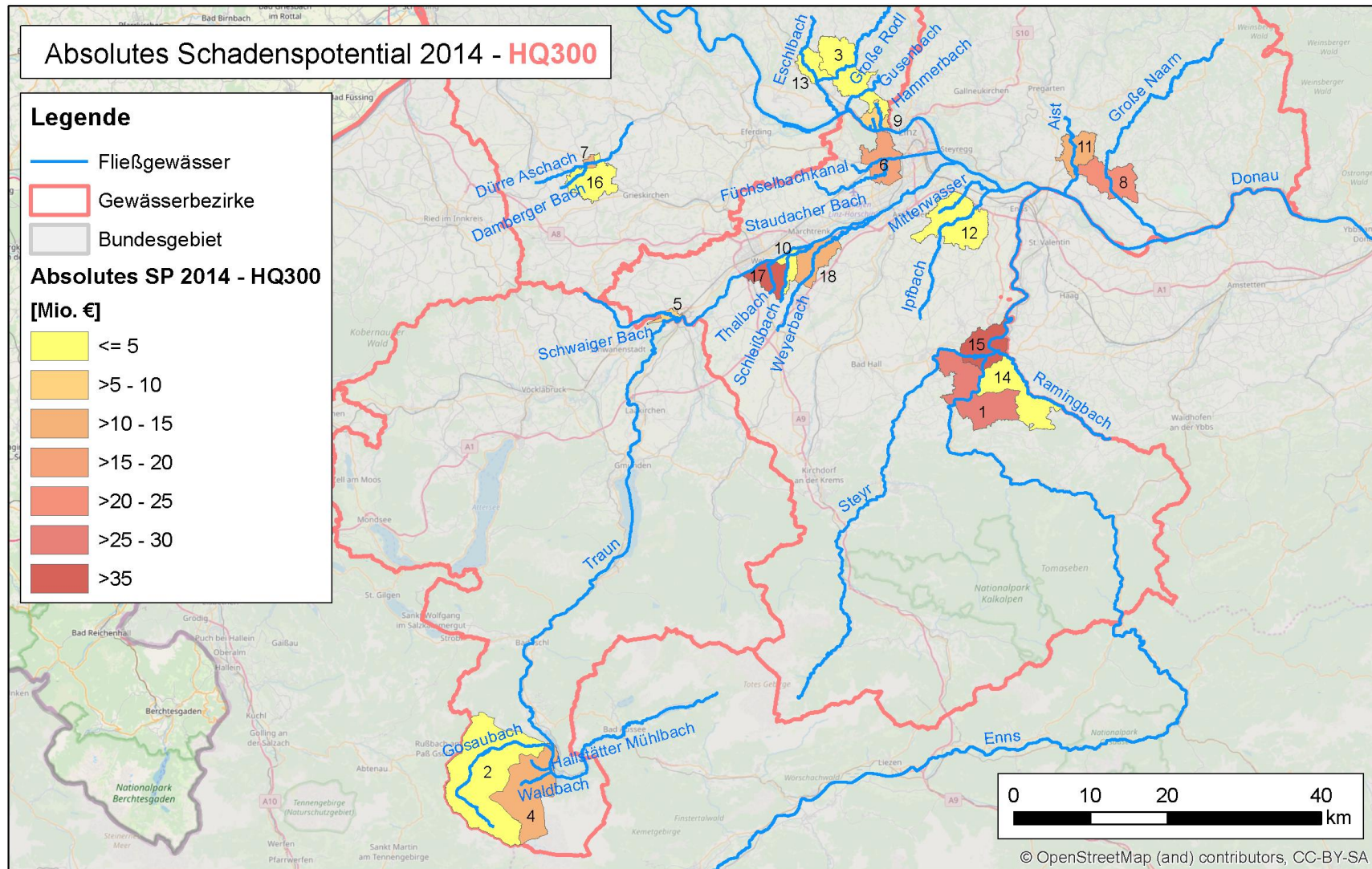


Abbildung 14 Absolutes Schadenspotenzial 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ300.

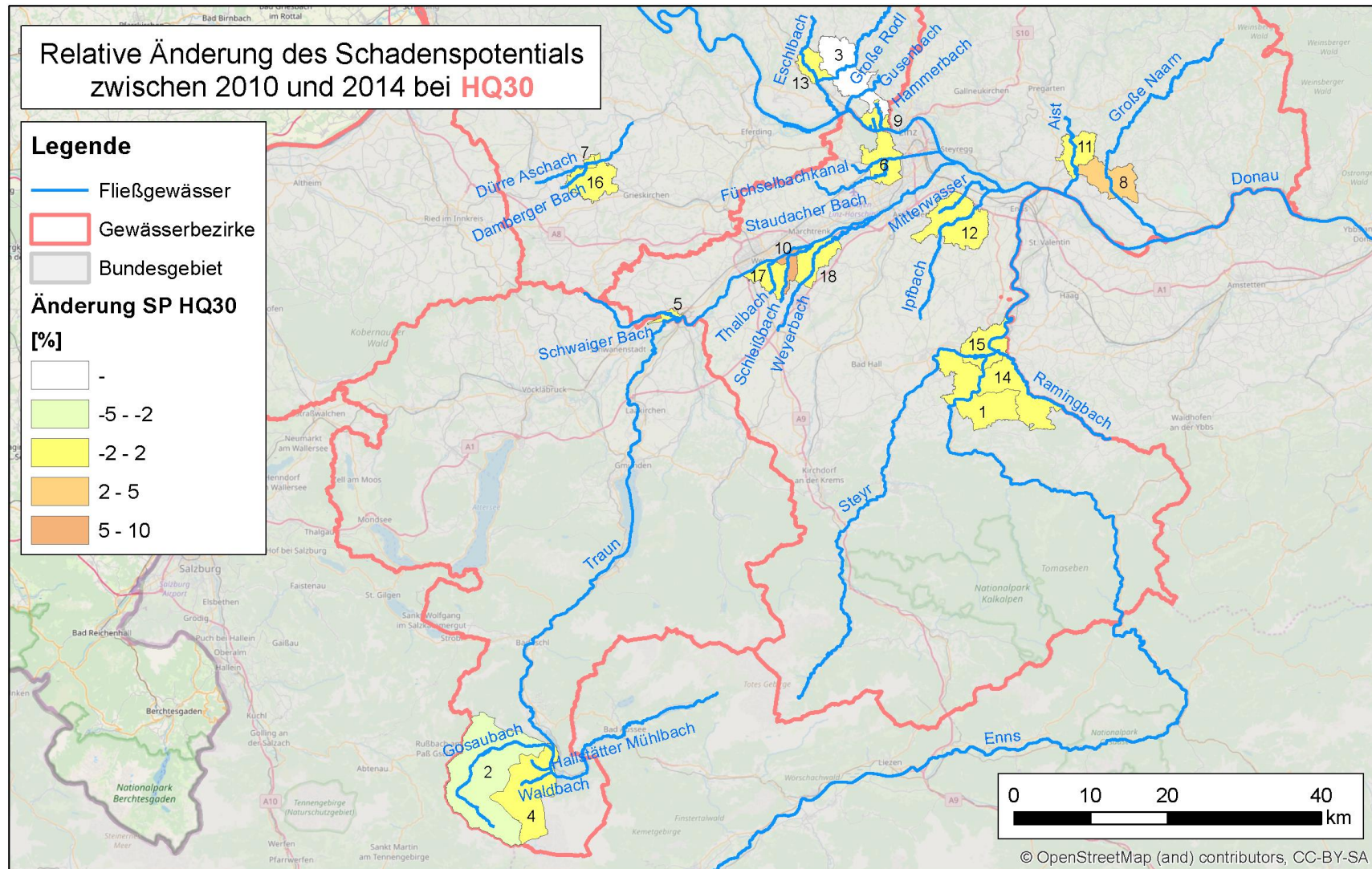


Abbildung 15 Relative Änderung des Schadenspotentials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ30.

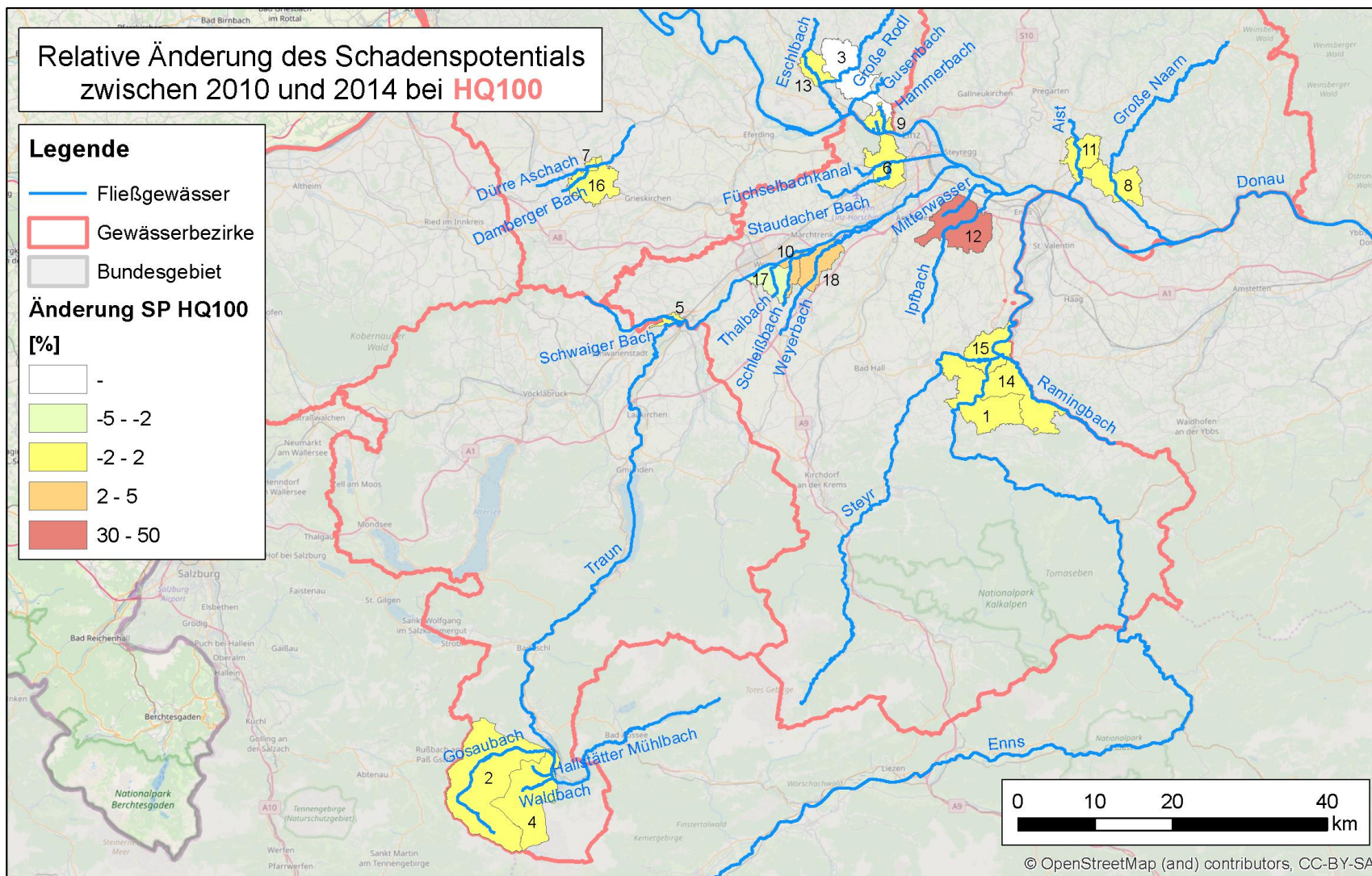


Abbildung 16 Relative Änderung des Schadenspotentials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ100.

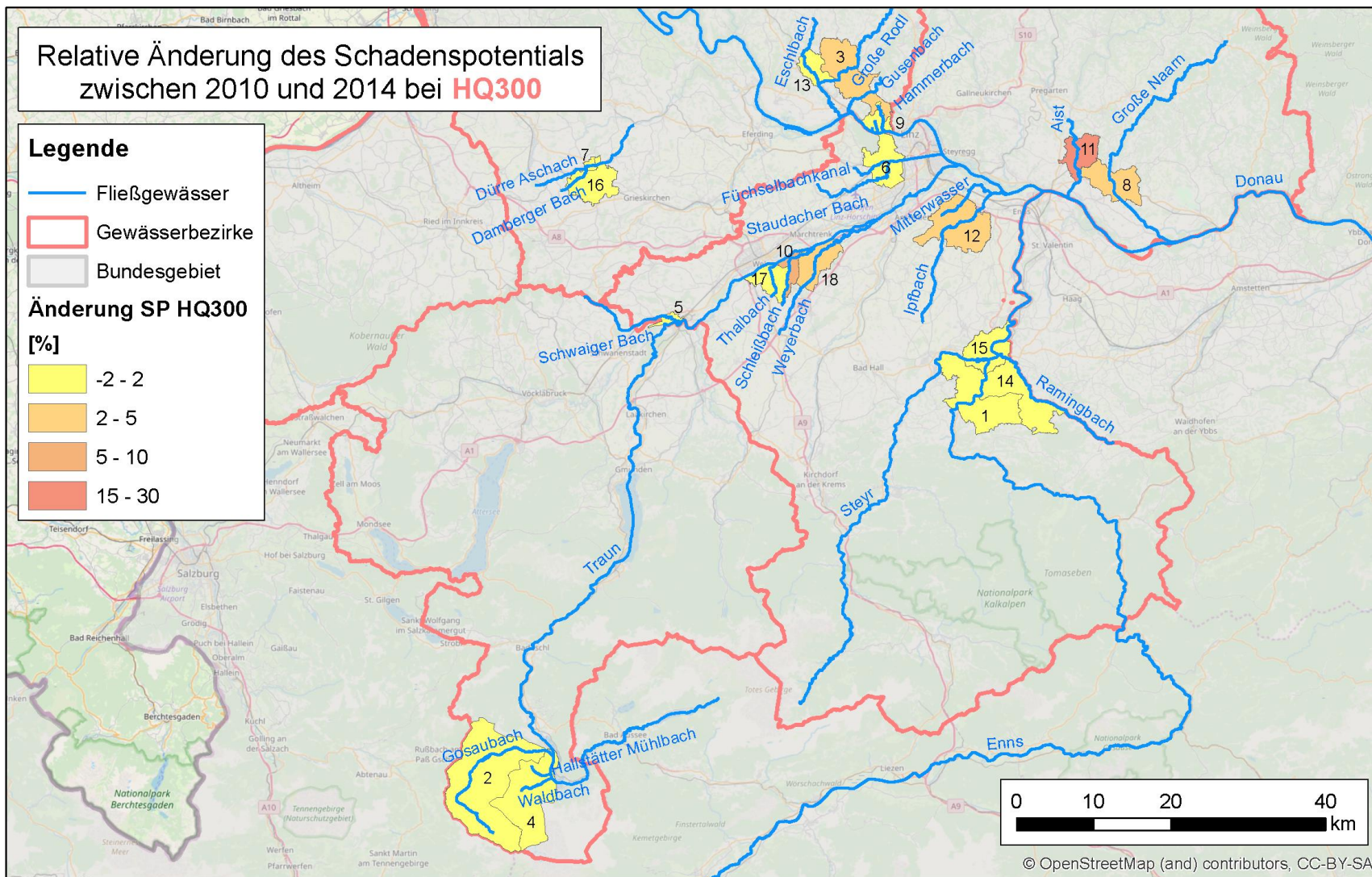


Abbildung 17 Relative Änderung des Schadenspotentials zwischen 2010 und 2014 der untersuchten Gemeinden bei HQ300.

5.1.1 Steyr

Zu Jahresbeginn wurde die Statutarstadt Steyr von 38.331 Einwohnern bewohnt (Statistik Austria, 2018). Auf dem Gebiet der Stadt Steyr münden der Fluss Steyr sowie der Ramingbach in die Enns, die den Ort von Süden nach Norden durchfließt. Im Untersuchungszeitraum zeigte Steyr das höchste Schadenspotenzial der untersuchten Gemeinden. In den Jahren zwischen 2010 und 2014 erhöhte sich das Schadenspotenzial zwar in allen untersuchten Überflutungsflächen durch die Errichtung von Wohnbauten, bezogen auf das Gesamtschadenspotenzial erfolgte die Erhöhung jedoch jeweils nur um rund 1 %. In der nachfolgenden Abbildung 18 ist die Entwicklung des Schadenspotenzials von 2010 bis 2014 dargestellt.

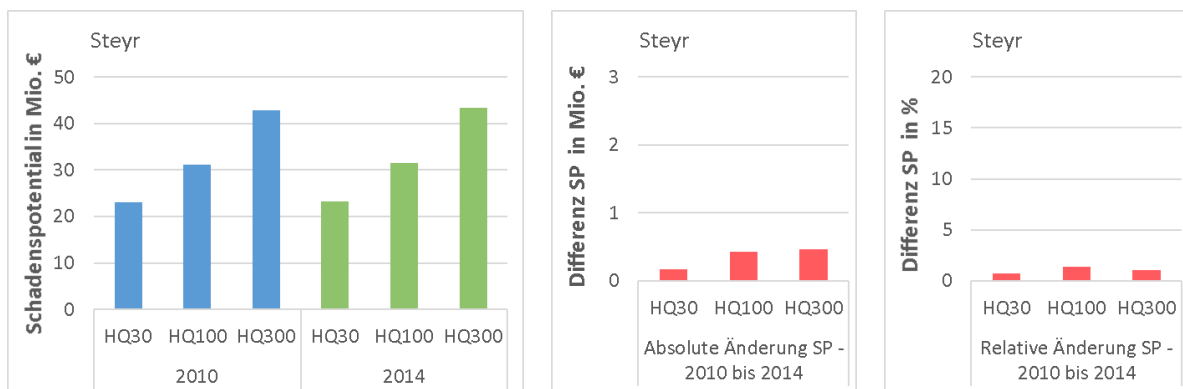


Abbildung 18 Schadenspotenzial von Steyr in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotenzials in diesem Zeitraum.

5.1.2 Schleißheim

In Schleißheim stieg die Einwohnerzahl zu Jahresbeginn auf 1.389 Einwohner (Statistik Austria, 2018). Schleißheim wird vom Schleißbach durchflossen, der letztendlich bei Weißkirchen in die Traun mündet. Im Untersuchungszeitraum wurde das höchste Schadenspotenzial im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwassers festgestellt. Im Vergleich zwischen 2010 und 2014 stieg durch die Errichtung von Wohnbauten im Norden des Gemeindegebietes das Schadenspotenzial in allen Überflutungsflächen um rund 5 bis 6 % an. In Abbildung 19 ist die Entwicklung des Schadenspotenzials in Schleißheim von 2010 bis 2014 dargestellt.

5.2 Gebiete mit hoher Schadenspotenzialdynamik

Die Untersuchung des Schadenspotenzials zu unterschiedlichen Zeitpunkten erlaubt die Ausweisung von Gebieten mit hoher Dynamik im Schadenspotenzial. Nachfolgend wird die Entwicklung des Schadenspotenzials der Gemeinden Schwertberg und St. Florian beschrieben.

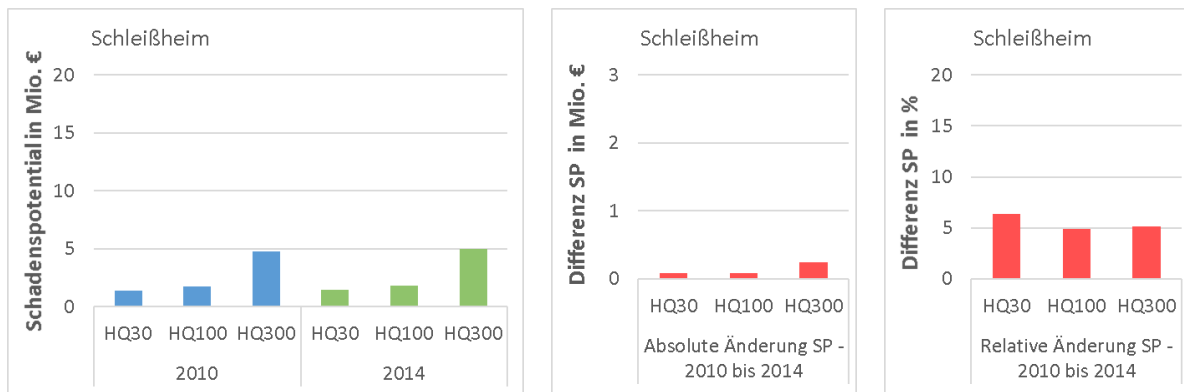


Abbildung 19 Schadenspotenzial von Schleißheim in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.

5.2.1 Schwertberg

Schwertberg ist eine Marktgemeinde im Mühlviertel mit 5365 Einwohnern zu Jahresbeginn (Statistik Austria, 2018). Durch das Gemeindegebiet fließt der Donauzufluss Aist Richtung Süden, wo er außerhalb des Gemeindegebietes in die Donau mündet. Im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2014 wurde das höchste Schadenspotenzial im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwassers festgestellt. Dieses nahm von 2010 bis 2014 um 19 % zu, was zu einem Großteil durch die Erweiterung eines ansässigen Industriegeländes verursacht wurde. In Abbildung 20 wird ein Ausschnitt der HQ300-Überflutungsfläche gezeigt, auf dem der Bebauungszustand 2010 (a) und 2014 (b) zu sehen ist. Die Erweiterung des Industriegeländes in der Mitte des gezeigten Ausschnittes erfolgte erst nach 2010. Durch die Errichtung einzelner, relativ großer Gebäude in Überflutungsflächen, die zur Nutzungskategorie Industrie gezählt werden, wird aufgrund des hohen Einheitschadens ein verhältnismäßig hoher potentieller Schaden erzeugt. Die Entwicklung des Schadenspotenzials von 2010 bis 2014 ist in der Abbildung 21 dargestellt.

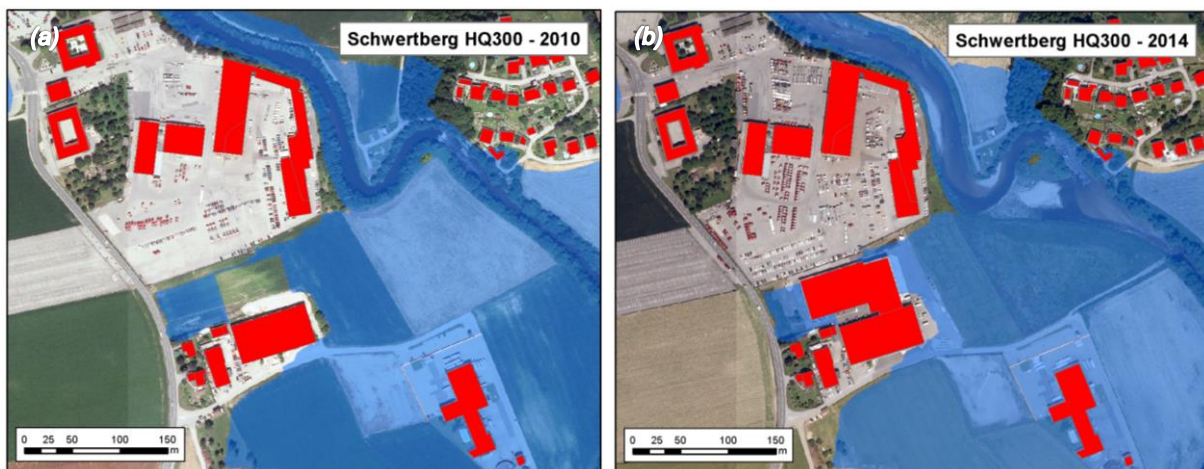


Abbildung 20 Gegenüberstellung der betroffenen Gebäude (rot) im Überflutungsgebiet (blau) eines 300-jährlichen Hochwassers der Aist in Schwertberg 2010 (a) und 2014 (b).

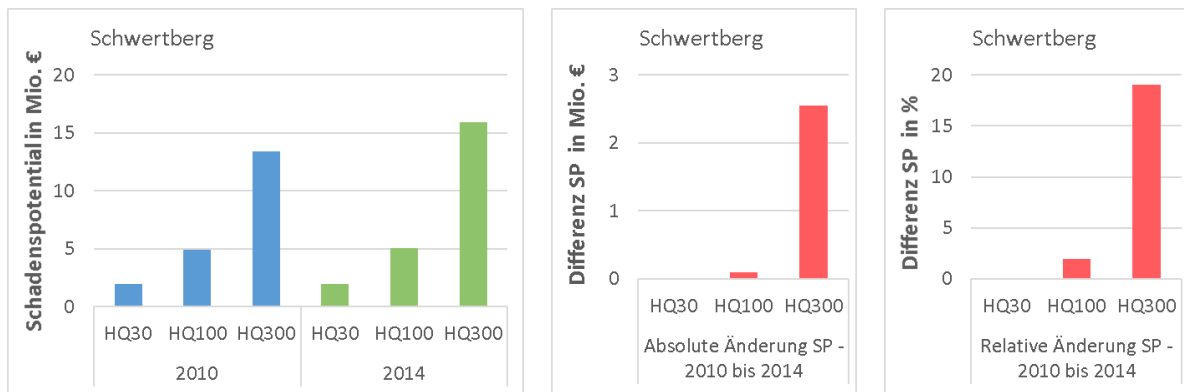


Abbildung 21 Schadenspotenzial von Schwertberg in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.

5.2.2 St. Florian

Zu Jahresbeginn lebten in der Marktgemeinde St. Florian 6176 Einwohner (Statistik Austria, 2018). Der Ipfbach und das Mitterwasser fließen durch das Gemeindegebiet in Richtung Nordosten, wo sie außerhalb des Gemeindegebietes in die Donau münden. Im Untersuchungszeitraum wurde das höchste Schadenspotenzial zwar im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwassers festgestellt, die größte relative Änderung erfolgte hingegen im Überflutungsgebiet eines 100-jährlichen Hochwassers. Durch die Errichtung von Wohnbauten im Überflutungsgebiet eines 100-jährlichen Hochwassers nach 2010 nahm das Schadenspotenzial um rund 33 % zu. Die Errichtung der Wohnbauten ist in

Abbildung 22 zu sehen, in der ein Ausschnitt der HQ100-Überflutungsfläche den Bebauungszustand in 2010 (a) und 2014 (b) zeigt. In der Abbildung 23 ist die Entwicklung des Schadenspotenzials in St. Florian von 2010 bis 2014 dargestellt.

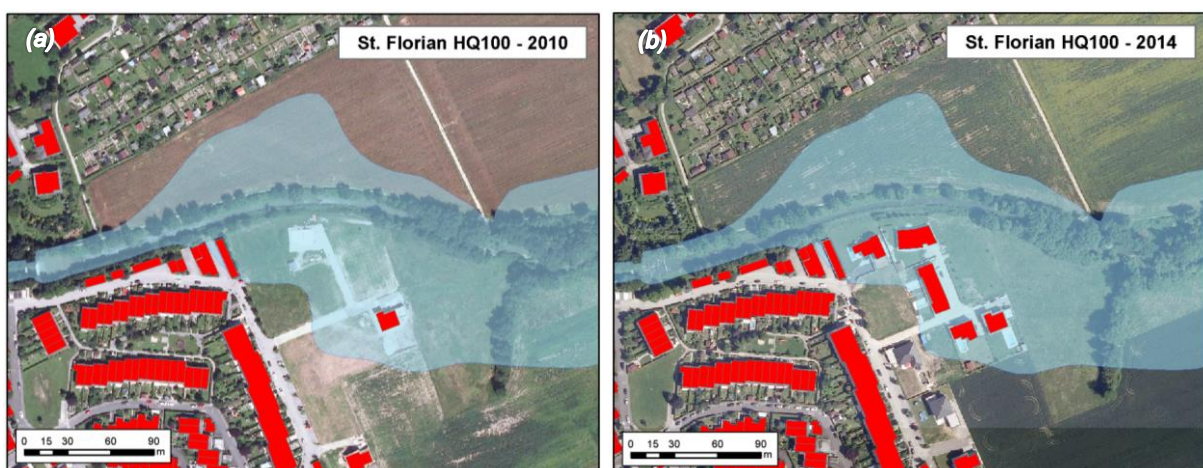


Abbildung 22 Gegenüberstellung der betroffenen Gebäude (rot) im Überflutungsgebiet (blau) eines 100-jährlichen Hochwassers des Ipfbaches in St. Florian 2010 (a) und 2014 (b).

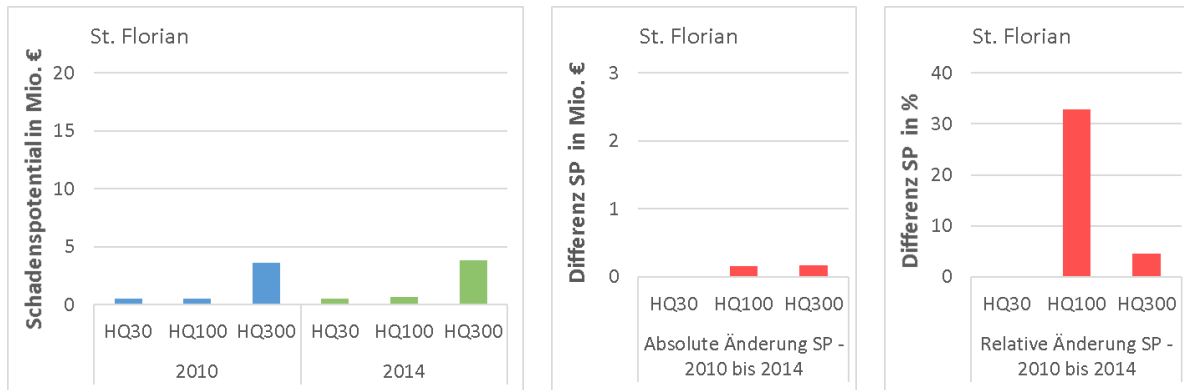


Abbildung 23 Schadenspotenzial von St. Florian in den Jahren 2010 und 2014 sowie Änderung des Schadenspotentials in diesem Zeitraum.

5.3 Erfassung umgesetzter Hochwasserschutzmaßnahmen

Da keine Veränderung der Gefährdung (z.B. unterschiedliche Überflutungsflächen durch Errichtung von Hochwasserschutzmaßnahmen innerhalb des Vergleichszeitraumes) aufgetreten ist bzw. aufgrund mangelnder Datenqualität nicht berücksichtigt werden konnte, ist eine Veränderung des Schadenspotenzials direkt auf eine Veränderung der Gebäudeentwicklung zurückzuführen.

Das APSFR Gebiet 4023 wurde seitens der zuständigen Fachdienststellen in Hallstatt um den Waldbach erweitert, der im zweiten Zyklus der Erhebung zum APSFR Hallstatt dazugekommen ist. Innerhalb des erweiterten Gebietes konnten bei der Auswertung jedoch nur die Überflutungsflächen für ein HQ300 berücksichtigt werden, da zum Zeitpunkt der Untersuchung nur diese verfügbar waren.

Im APSFR 4018 waren ebenfalls die Überflutungsflächen eines 30- bzw. 100-jährlichen Hochwasserereignisses für die Gemeinden Garsten und St. Ulrich bei Steyr nicht flächendeckend vorhanden. Gleiches gilt für die Gemeinde Gramastetten des APSFR Gebietes 4006. Die gefährdeten Gebiete der APSFR 4056 und 4057 entlang der Zubringer der Traun sind zum Teil auch im Mündungsbereich der Zubringer in die Traun situiert, weshalb hier auch die Überflutungsflächen der Traun herangezogen worden sind.

6 AP4 – Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung

In AP4 wird die zukünftige Bebauungsentwicklung in Abhängigkeit der Bevölkerungsentwicklung abgeschätzt. Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes dienen als Grundlage für die Entwicklungsprognose des Schadenspotenzials in AP5.

6.1 Datengrundlage

Für die Ermittlung der Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung werden der Flächenwidmungsplan, die digitale Katastralmappe (DKM), Bevölkerungsdaten der Statistik Austria, Überflutungsflächen von 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignissen und der Gebäudedatensatz aus AP2 herangezogen.

Der **Gebäudedatensatz aus AP2** stellt die Grundlage für die Entwicklungsanalyse dar. Durch die Kombination des Gebäudedatensatzes mit der **DKM** können Nutzflächeninformationen für bebaute und unbebaute Grundstücke bereitgestellt werden. Der **Flächenwidmungsplan** enthält wertvolle Informationen über die Grundstücksnutzung im Überflutungsgebiet. Zusammen informieren die verknüpften Datengrundlagen über das Entwicklungspotenzial der örtlichen Bebauung.

In vorangegangenen Projekten wurden Verfügbarkeit und Deckungsgrad raumplanerischer und statistischer Informationen getestet. Neben der DKM und dem Flächenwidmungsplan können auch **Ortsentwicklungspläne** und **Bebauungspläne** geplante zukünftige Raumentwicklungskonzepte auf Gemeindeebene widerspiegeln. Diese werden jedoch nicht herangezogen, da die dezentrale Verwaltung dieser Pläne die flächendeckende Datenbeschaffung erschwert und mit dem Nutzen der extrahierbaren Information nicht im Verhältnis steht (Schulz et al., 2016). Tabelle 8 zeigt eine zusammenfassende Bewertung der Daten.

Tabelle 8: Eigenschaften raumplanerischer und statistischer Datensätze zur Bewertung derer Nutzen und Verwendung bei großflächigen, automatisierten Untersuchungen (Schulz et al., 2016)

Information	Nutzen	Verfügbarkeit/ Kosten	Zentrale Verfügbarkeit	Deckungs- grad
Flächenwidmungsplan	(Bauland-)Widmungen	Ja/kostenlos	DORIS OÖ	flächendeckend
DKM	GST, Nutzungsart	Ja/kostenlos	DORIS OÖ	flächendeckend
Ortsentwicklungspläne	Entwicklungspläne, jedoch nicht immer georeferenziert	Ja/kostenlos Nicht immer digital	Nein/Gemeinden	flächendeckend
Bebauungspläne	Skizzierung Bebauung unbebauter Baulandwidmung	Ja/kostenlos Nicht immer digital	Nein /Gemeinden	teilweise
Bevölkerungstrends	Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung 2002 - 2030	Kostenpflichtig	Statistik Austria/ÖROK	flächendeckend

6.2 Methodik

6.2.1 Bevölkerungsentwicklung

Für die Ermittlung der Bevölkerungsentwicklung werden gemeindebezogene Bevölkerungsdaten der Statistik Austria verwendet. Basierend auf den Daten der Jahre 2002 bis 2014 wird der Bevölkerungsstand bis 2030 durch lineare Trendextrapolation berechnet. Diese Methode wurde jener aus dem Projekt Riskadapt (Seher & Löschner, 2015) nachempfunden, bei welcher die prognostizierte Bevölkerung im Jahre e (Bev_e)

$$Bev_e = Bev_a * (1 + n)^{(a-e)}$$

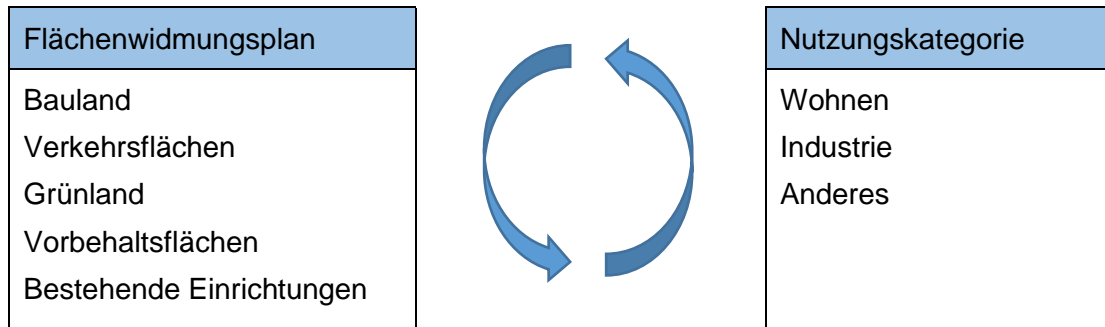
in Abhängigkeit der Bevölkerung im Jahre a (Bev_a) und der jährlichen Änderungsrate der Bevölkerung (n) ermittelt wird. Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Abschätzung, bei welcher der Trend der Jahre 2002-2014 in die Zukunft projiziert wird, jedoch keine umfassende Prognose (z.B. Migration oder Geburtenraten werden mit miteinbezogen) durchgeführt wird. Die gemeindebasierten Ergebnisse werden mit der bezirksbasierten Bevölkerungsprognose der österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) auf ihre Plausibilität geprüft. Dafür werden die Ergebnisse der gemeindebasierten Trendextrapolation auf Bezirksebene aggregiert, die relative Veränderung errechnet und mit den ÖROK Daten verglichen.

6.2.2 Bebauungsentwicklung

Die Ermittlung der Bebauungsentwicklung kann in Baulandanalyse, Ermittlung des bebauten und unbebauten Baulandes sowie Prognose der potentiellen Baulandentwicklung gegliedert werden.

In der **Baulandanalyse** wird das Bauland aus dem Flächenwidmungsplan extrahiert und mit dem Gebäudedatensatz aus AP2 verschnitten. Auch die Widmungen werden aus dem Flächenwidmungsplan extrahiert und in Nutzungskategorien zusammengefasst. Jedem Grundstück der DKM und exponiertem Gebäude der betroffenen Gemeinde wird eine Nutzungskategorie zugewiesen. Dies ist notwendig, um in einem späteren Schritt geeignete nutzungsbezogene Schadensfunktionen anwenden zu können, weil die Nutzung in weiterer Folge maßgeblich die Höhe des Schadenspotenzials im Untersuchungsgebiet beeinflusst. In Tabelle 9 ist die Kategorisierung der Flächenwidmung zu Nutzungskategorien nach Schulz et al., Modul 2, 2015 (modifiziert) angeführt.

Tabelle 9: Kategorisierung der Flächenwidmung zu Nutzungskategorien nach Schulz et al., Modul 2, 2015 (modifiziert)



Bei der Bearbeitung der Grundstücke im Bauland ist zu beachten, dass Verkehrsflächen im Flächenwidmungsplan nicht explizit ausgewiesen sind und im Nachhinein entfernt werden müssen. Dafür werden sie über die DKM Nutzkategorien erfasst, als Maske definiert und aus den Grundstücken der DKM entfernt. Teilweise sind Gebäudegrundflächen in den Grundstücken der DKM als eigene Grundstücke innerhalb der Grundstücke, auf denen die Gebäude errichtet sind, ausgewiesen. Da sie in weiterer Folge die Bestimmung des unbebauten Baulandes verfälschen, sind sie in der Auswertung nicht erwünscht und werden im umgebenden Grundstück aufgelöst. Zum Schluss werden Grundstücksartefakte kleiner 5 m² entfernt. Das Ergebnis ist ein bereinigter Datensatz von Grundstücken im Bauland.

Für die **Ermittlung des bebauten und unbebauten Baulandes** wird das Bauland mit den Polygonschwerpunkten der Gebäude überlagert. Grundstücke, die Gebäudeschwerpunkte enthalten, werden als bebautes Bauland und alle übrigen Grundstücke als unbebautes Bauland ausgewiesen. Die Erfassung des unbebauten Baulandes erfolgt in Anlehnung an die Vorgangsweisen nach Banko & Weiß (2016) und Nachtnebel & Apperl (2013). Das unbebaute Bauland dient in weiterer Folge als Indikator für eine mögliche zukünftige Bebauung. Es werden nur unbebaute Grundstücke mit einer Fläche von mindestens 150 m² berücksichtigt. In Abbildung 24 ist der resultierende Datensatz mit gewidmeten, bebauten Baulandgrundstücken (in Abbildung 24 orange) sowie als Bauland gewidmeten, aber noch unbebauten Grundstücken (in Abbildung 24 grün) dargestellt.

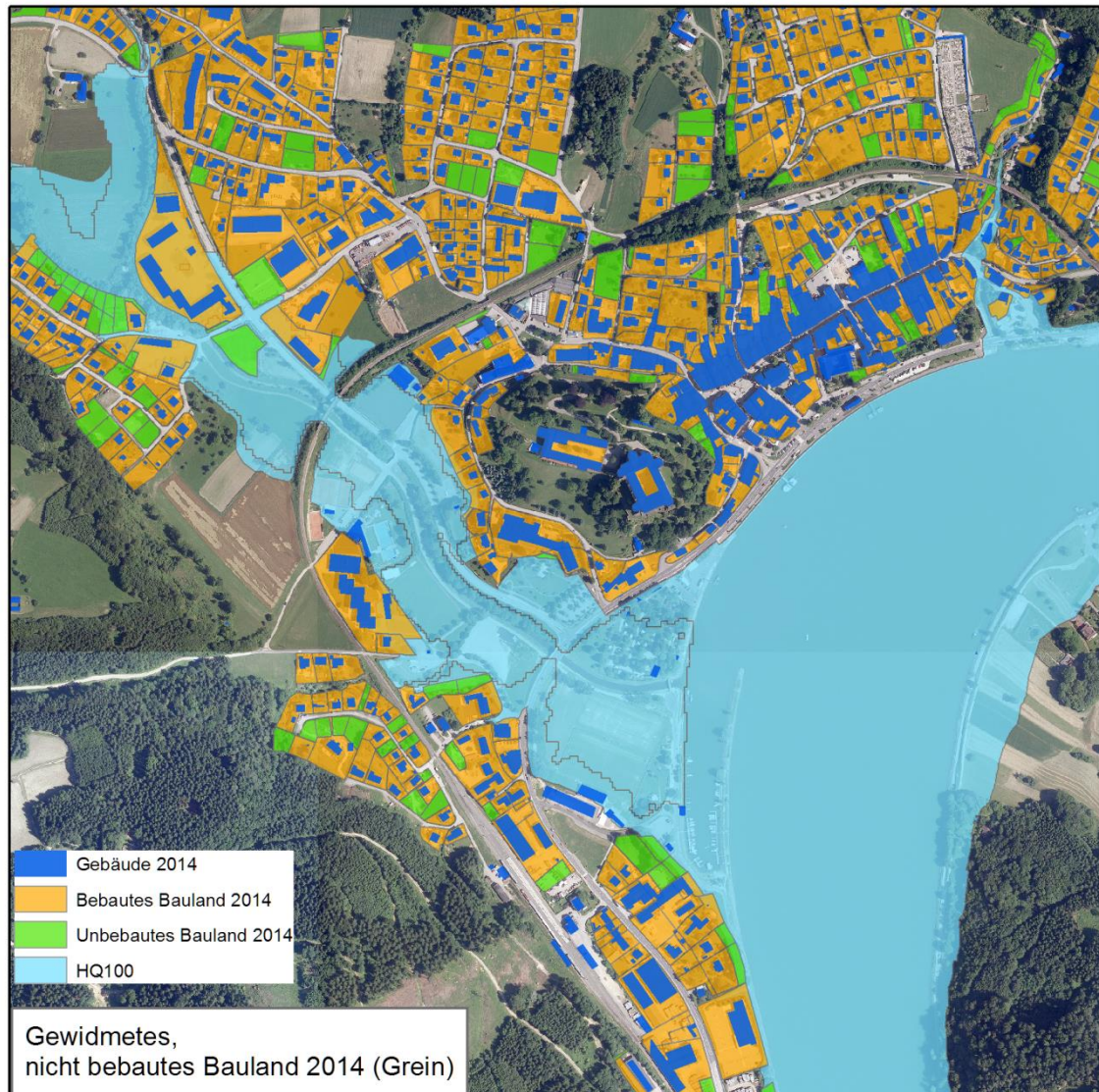


Abbildung 24: Darstellung des gewidmeten, nicht bebauten und bebauten Baulands in Grein (2014).

Bei der **Prognose der potentiellen Baulandentwicklung** wird anhand der abgeschätzten Bevölkerungsentwicklung auf Gemeindeebene, dem verfügbaren Bauland sowie der Bauungsstruktur der zukünftige Zuwachs des bebauten Baulandes prognostiziert. Die Indikatoren dieser Berechnung sind:

- *Zukünftig zu erwartende Bevölkerungsentwicklung*
Die Ermittlung der Bevölkerungsentwicklung ist in 6.2.1 Bevölkerungsentwicklung beschrieben.
- *Unbebautes Bauland im Überflutungsgebiet*
Die Feststellung des unbebauten Baulandes wird im Unterpunkt zur Ermittlung des bebauten und unbebauten Baulandes in 6.2.2 Bauungsentwicklung erläutert.

- *Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet am gesamten unbebauten Bauland*
Die Ermittlung erfolgt durch Überschneidung der Überflutungsflächen mit dem unbebauten Bauland.
- *Bebauungsdichte*
Die Bebauungsdichte wird für verschiedene Nutzungen (Wohnen, Industrie, Anderes) und pro Gemeinde aus dem Quotienten der Gebäudegrundfläche und der Fläche des bebauten Baulandes (m²) berechnet.
- *Bebautes Bauland pro EW*
Dieser Indikator wird durch den Quotienten aus bebautem Bauland einer Gemeinde und der Einwohnerzahl errechnet.

Die zukünftig zu erwartende Baulandbeanspruchung der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung bis 2030 wird basierend auf der Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung berechnet.

Zu erwartende Baulandbeanspruchung [m²] =

$$\text{Bevölkerungsänderung[EW]} * \text{Bebautem Bauland pro EW 2014} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{EW}} \right]$$

Die potentielle zukünftige Verbauung des gewidmeten, unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet (zukünftig verbautes Bauland) wird in Abhängigkeit vom vorhandenen unbebauten Bauland im Jahr 2014, der zu erwartenden Baulandbeanspruchung und dem Anteil des Baulandes im Überflutungsgebiet berechnet.

Pot zukünftig verbautes Bauland im HQ [m²] =

*Anteil des Baulandes im HQ 2014 [%] **

*zu erwartende rel. Baulandbeanspruchung [%] **

Unbebautes Bauland 2014 [m²]

Dies erlaubt eine fundierte Aussage über die zurzeit gewidmeten, nicht bebauten Baulandflächen, welche unter Annahme der Bevölkerungsprognose bis 2030 potentiell verbaut sein werden. Anhand der proportionalen Entwicklung der Bebauungsentwicklung im Überflutungsgebiet zu der Bebauungsentwicklung außerhalb des Überflutungsgebietes kann unter Berücksichtigung der Entwicklung eine auf Tatsachen gestützte Abschätzung der Bebauungsentwicklung im Überflutungsgebiet bis 2030 gemacht werden.

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Abbildung 25 zeigt die trendextrapolierte Bevölkerungsentwicklung bis ins Jahr 2030. Abgebildet ist die Bevölkerungsentwicklung für alle Gemeinden in Oberösterreich. Für rote Gemeindeflächen wird eine negative Bevölkerungsentwicklung erwartet, für grüne Gemeindeflächen eine positive Bevölkerungsentwicklung.

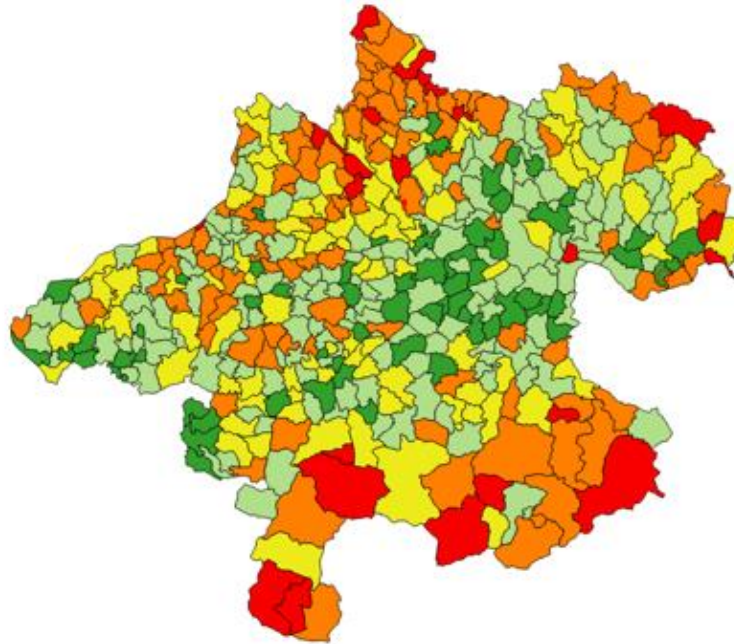


Abbildung 25: Trendextrapolierte Bevölkerungsentwicklung bis 2030 (rot: <-10%, orange: -10 - -2%; gelb: -2 – 2%, hellgrün: 2 – 10%; dunkelgrün: >10%).

6.3.2 Bebauungsentwicklung

Für die Ermittlung der Bebauungsentwicklung und Auswertung nach Widmungskategorien wurde der Gebäudedatensatz aus AP2 mit dem Flächenwidmungsplan und der DKM verschnitten. Es wurde der Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bestimmt, welcher als Indikator für eine mögliche zukünftige Bebauung herangezogen wird. Die statistische Auswertung erfolgte auf Gemeindeebene. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind eine wichtige Grundlage für die Entwicklungsprognose in AP5.

In Abbildung 26 ist der prozentuelle Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland für jede Gemeinde dargestellt. Ist der prozentuelle Anteil sehr hoch, liegt ein großer Teil des noch unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet. Je kleiner der prozentuelle Anteil hingegen ist, desto kleiner ist der Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet.

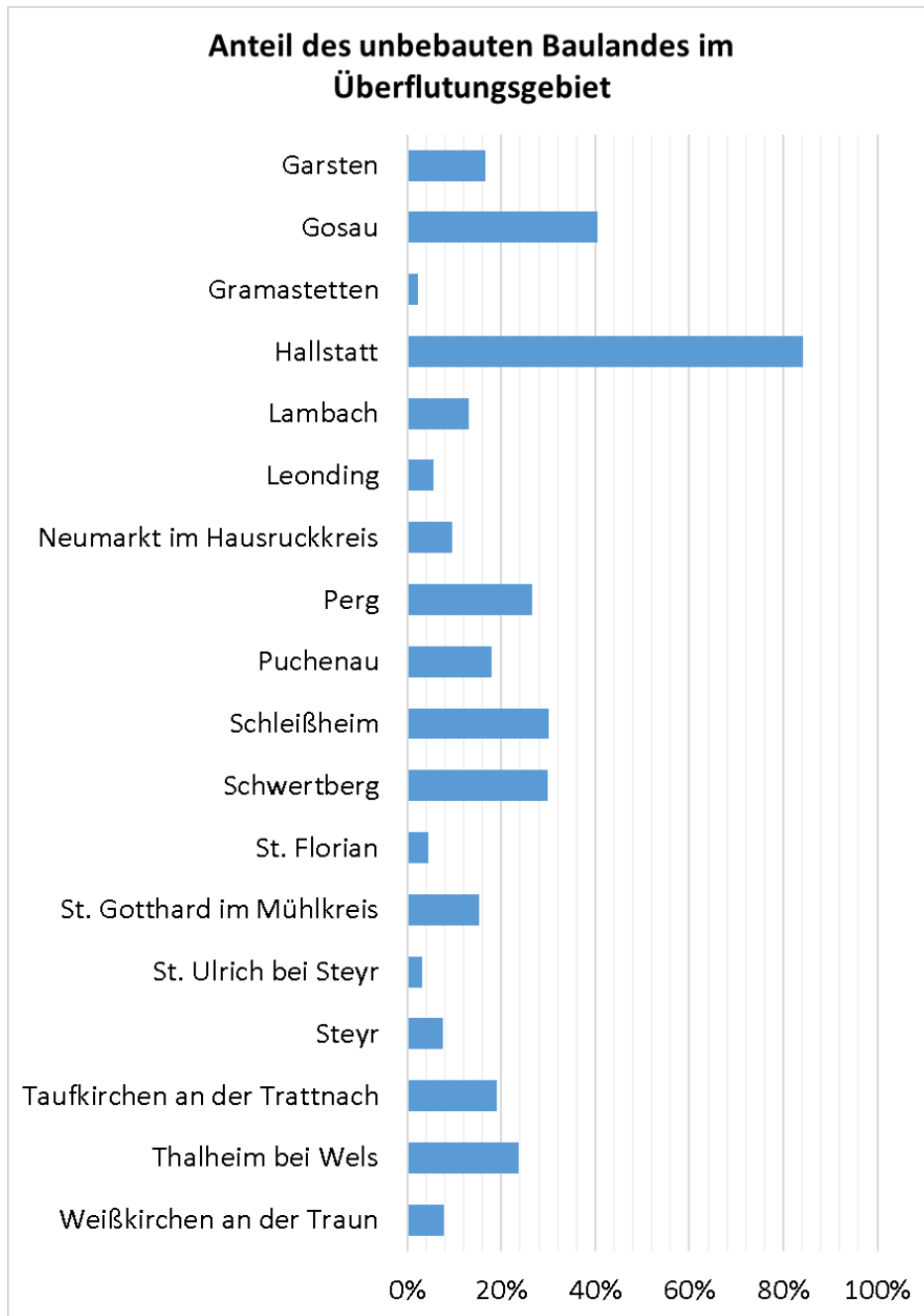


Abbildung 26: Prozentueller Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet (HQ300) zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland je Gemeinde.

Bei 12 der 18 untersuchten Gemeinden (67 %) liegt der prozentuelle Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland je Gemeinde zwischen 0 und 20 %. In die Klasse zwischen 20 und 40 % entfallen weitere 4 Gemeinden (22 %). Somit liegt bei 89 % der Gemeinden der prozentuelle Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland je Gemeinde zwischen 0 und 40 %. Die Häufigkeitsverteilung der prozentuellen Anteile ist in Abbildung 27 dargestellt.

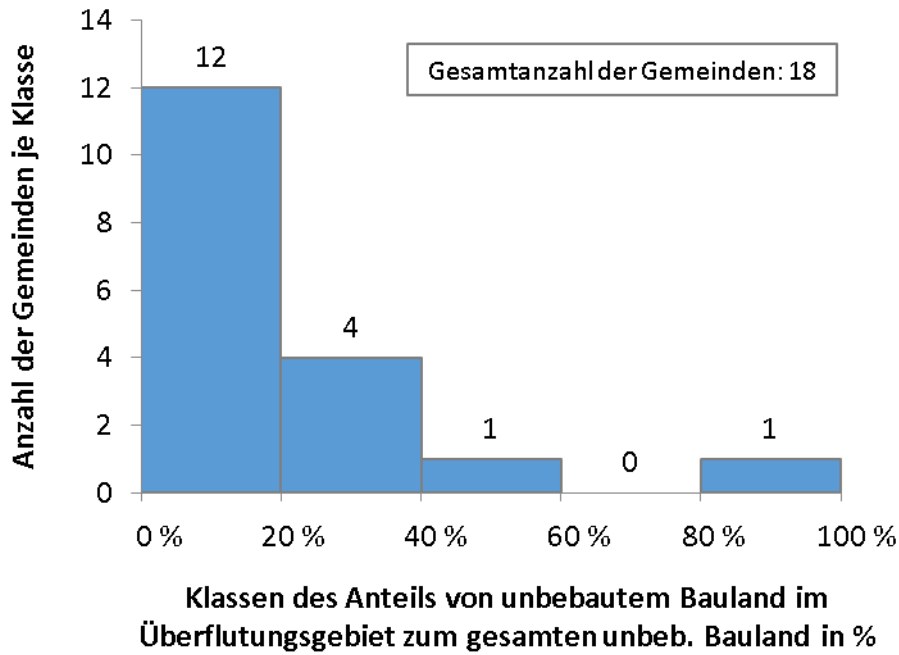


Abbildung 27: Darstellung der Häufigkeitsverteilung des prozentuellen Anteils des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet zum insgesamt verfügbaren unbebauten Bauland der Gemeinden.

Die Abbildung 28 zeigt die zu erwartende Bebauung im Überflutungsgebiet bis 2030. Aufgrund einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung ist in einigen untersuchten Gemeinden nicht mit einer Zunahme der Bebauung zu rechnen (z.B. Gosau oder Puchenau).

Die anschließende Tabelle 10 zeigt eine detaillierte Synthese aus Baulandanalyse und Bevölkerungsentwicklung, auf dessen Grundlage die Entwicklungen der zukünftigen Baulandverfügbarkeit abgeschätzt werden kann. In den Spalten der „Baulandanalyse“ sind für jede Gemeinde die Summe des unbebauten Baulandes (hier 2014), der Anteil des unbebauten Baulands in der Hochwasserrisikozone des HQ300, sowie das Verhältnis des unbebauten Baulands im Hochwassergebiet zum gesamten unbebauten Bauland in der Gemeinde aufgelistet.

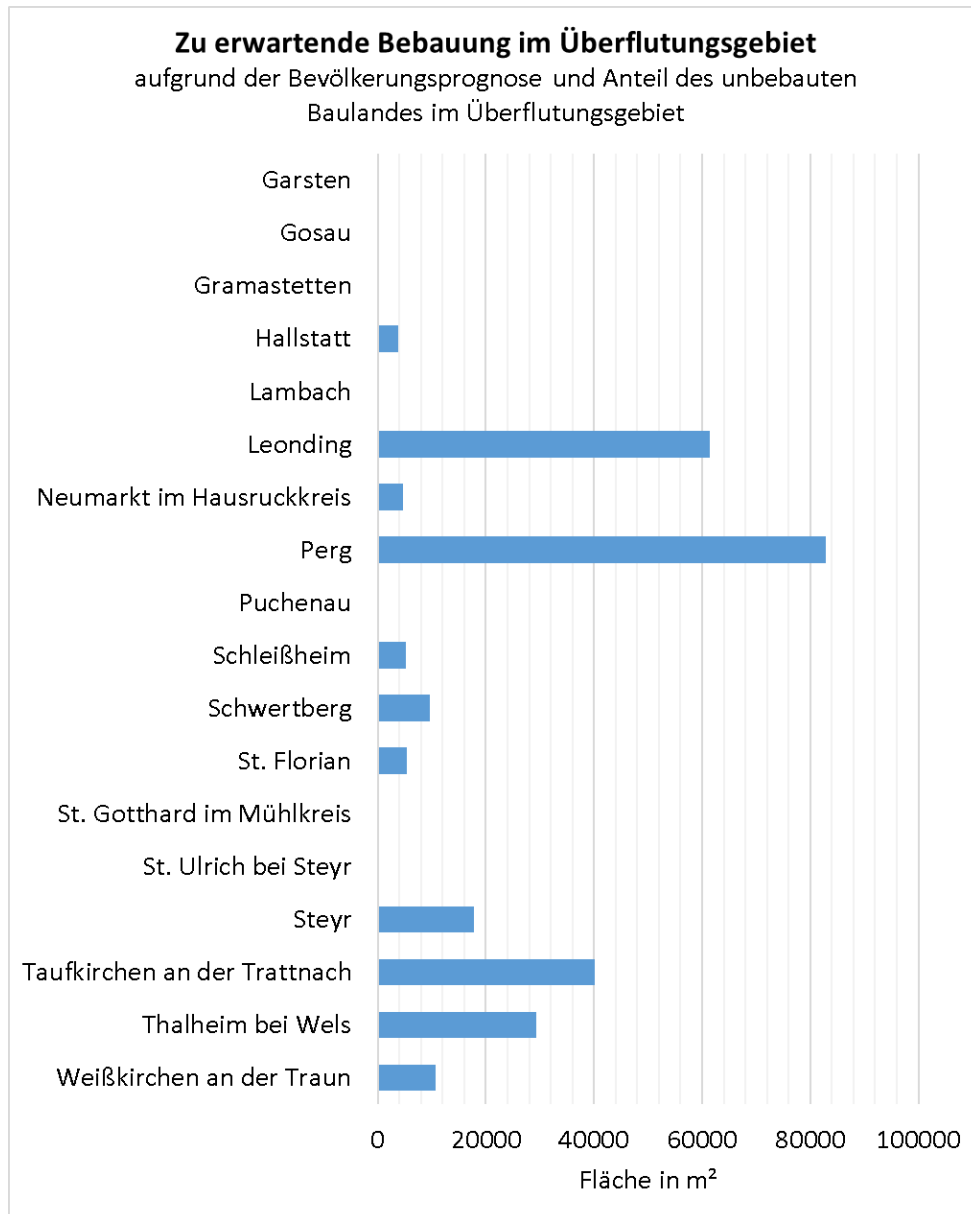
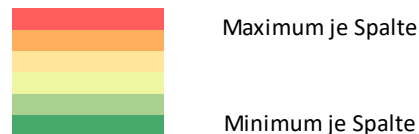


Abbildung 28: Zu erwartende Bebauung im Überflutungsgebiet bis 2030 (basierend auf Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung).

Tabelle 10: Synthese aus Baulandanalyse und Bevölkerungsentwicklung zur Erstellung der Prognose der potentiellen Bebaulandentwicklung.

GEMEINDE	BAULANDANALYSE			BEVOELKERUNGSENTWICKLUNG			BAULANDENTWICKLUNG	
	Unbebautes Bauland gesamt in [m ²]	Unbebautes Bauland im HQ in [m ²]	Bauland im HQ/Bauland gesamt Gemeinde	Bevölkerungsentwicklung [Personen]	Bevölkerungsentwicklung - Prognose bis 2030 [%]	Zu erwartende Baulandbeanspruchung aufgrund der prognostizierten EW-Entwicklung bis 2030 in [m ²]	Anteil am unbebauten Bauland welches aufgrund der Bevölkerungsentwicklung verbaut wird [%]	Unbebautes Bauland im HQ welches voraussichtlich bebaut wird in und im HQ-Gebiet liegt [m ²]
Garsten	527823	87429	17%	-1507	-4%	0	0%	0
Gosau	206251	83299	40%	-175	-10%	0	0%	0
Gramastetten	456191	10098	2%	-188	-26%	0	0%	0
Hallstatt	43601	36700	84%	30	2%	4570	10%	3847
Lambach	359558	47450	13%	-156	-8%	0	0%	0
Leonding	1866140	105647	6%	4928	18%	1083567	58%	61344
Neumarkt im Hausruckkreis	182777	17275	9%	558	9%	48575	27%	4591
Perg	1153029	307076	27%	985	12%	311339	27%	82916
Puchenu	244181	43924	18%	-102	-2%	0	0%	0
Schleißheim	194881	58460	30%	270	4%	17341	9%	5202
Schwertberg	924675	276334	30%	60	2%	32258	3%	9640
St. Florian	714440	32330	5%	291	6%	119836	17%	5423
St. Gotthard im Mühlkreis	100894	15429	15%	-262	-6%	0	0%	0
St. Ulrich bei Steyr	392673	12080	3%	-38	-3%	0	0%	0
Steyr	1764708	133429	8%	101	3%	234203	13%	17708
Taufkirchen an der Trattnach	448527	85267	19%	367	27%	211248	47%	40159
Thalheim bei Wels	811381	191691	24%	629	11%	123779	15%	29243
Weißkirchen an der Traun	731488	56556	8%	713	21%	138243	19%	10688

Legende der Farbskala



7 AP5 – Entwicklungsprognose

In der Entwicklungsprognose wird die voraussichtliche zukünftige Entwicklung des Schadenspotenzials je Gemeinde ermittelt. Für die Abschätzung können unter anderem folgende Informationen herangezogen werden:

- Einheitsschäden (Keller entsprechend BUWAL berücksichtigt) – AP1
- Gebäudedatensatz – AP2
- Ergebnisse aus der Entwicklungsanalyse – AP3
- Abschätzung der zukünftigen Bebauungs- und Bevölkerungsentwicklung – AP4

Es wird eine risikobasierte Bewertung der Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagementplans aufgrund des derzeitigen und der potenziell zukünftigen Entwicklung des Schadenspotenzials bis 2030 durchgeführt.

7.1 Abschätzung des zukünftigen Schadenspotenzials

7.1.1 Methodik

Das zukünftige Schadenspotenzial im Jahr 2030 wird nach derselben Methodik wie bei der Ermittlung des Schadenspotenzials in AP3 berechnet, jedoch mit dem Unterschied, dass statt dem bebauten Bauland der Anteil am unbebauten Bauland, dessen Verbauung aufgrund der Bevölkerungsentwicklung zu erwarten ist (siehe AP4), herangezogen wird. Dieser wird mit den Schadensfunktionen multipliziert (siehe AP3) und die Veränderung des Schadenspotenzials für 2030 abgeschätzt.

Bei der Ermittlung werden zwei Szenarien unterschieden:

- Zunahme des Schadenspotenzials, die aufgrund der durchschnittlichen Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung durch weitere Bebauung im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses zu erwarten ist.
- Potentielle Zunahme des Schadenspotenzials bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses.

Die unbebaute Baulandfläche im Überflutungsgebiet sowie die Bevölkerungsentwicklung sind entscheidende Eingangsgrößen bei der Abschätzung des zukünftigen Schadenspotenzials. Werden sie wie in Szenario 1 bei der Ermittlung berücksichtigt, verändert sich der Zusatzschaden proportional dazu. Werden diese wie in Szenario 2 bei der Abschätzung nicht berücksichtigt, ist der Zusatzschaden maximal.

7.1.2 Ergebnisse

Die Abbildung 30 zeigt die errechnete Zunahme des Schadenspotenzials, welche aufgrund der durchschnittlichen Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung durch weitere Bebauung im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses zu erwarten ist. Die Auswertung erfolgt unter der Annahme, dass die zusätzliche Bebauung in der Überflutungsfläche geringer ist, wenn genügend unbebautes Bauland außerhalb der Überflutungsfläche vorhanden ist oder eine rückläufige Bevölkerungsentwicklung vorliegt, wodurch sich das zu erwartende zusätzliche Schadenspotenzial vermindert. Unter diesen Voraussetzungen haben 11 von 18 untersuchten Gemeinden eine Zunahme des Schadenspotenzials zu erwarten. Die Häufigkeitsverteilung des zusätzlichen Schadens (Szenario 1) ist in Abbildung 29 dargestellt.

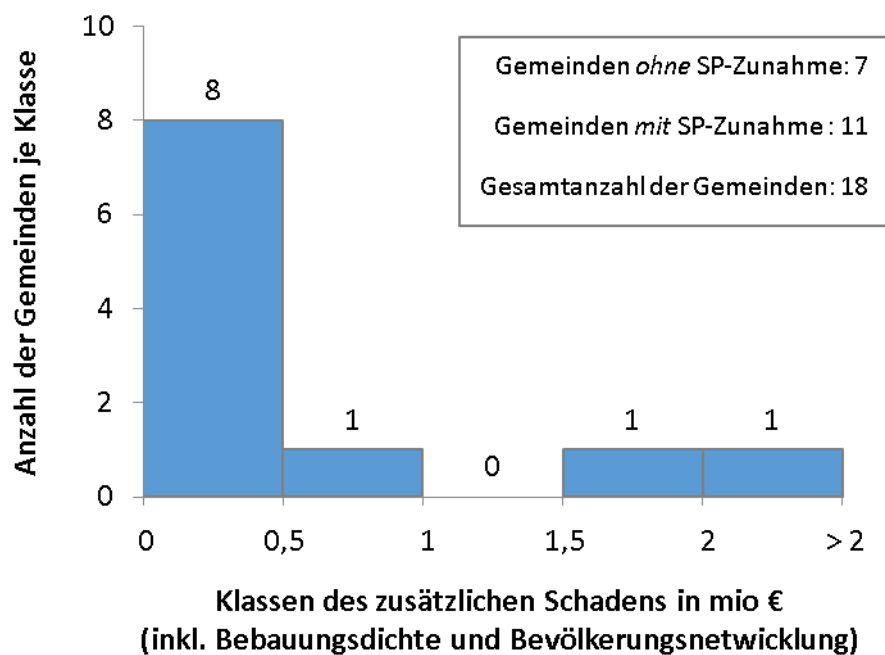


Abbildung 29: Darstellung der Häufigkeitsverteilung des zusätzlichen Schadenspotenzials unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und dem Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.

Die potentielle Zunahme des Schadenspotenzials bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet eines HQ 300 ist in Abbildung 31 dargestellt. In Abbildung 32 bis Abbildung 34 ist die ermittelte Zunahme des Schadenspotenzials, welche aufgrund der durchschnittlichen Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung durch weitere Bebauung im Überflutungsgebiet eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses zu erwarten ist, kartografisch dargestellt.

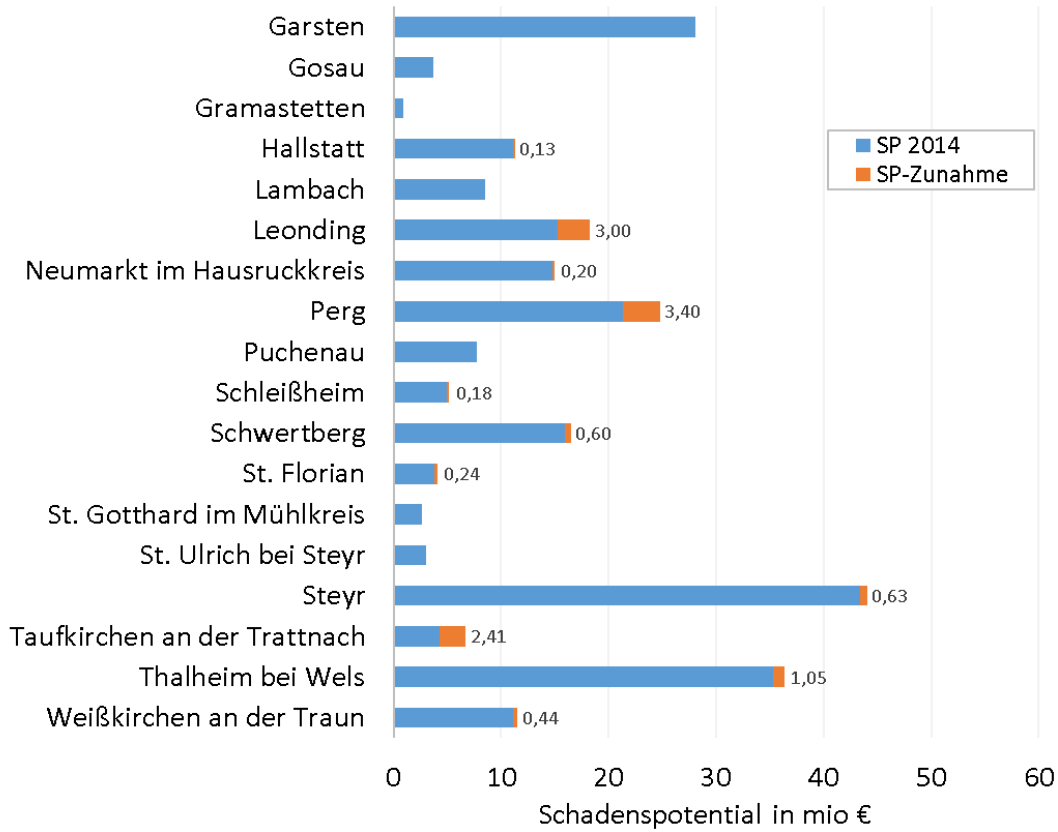


Abbildung 30: Zu erwartende Zunahme des Schadenspotenzials unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und dem Anteil des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.

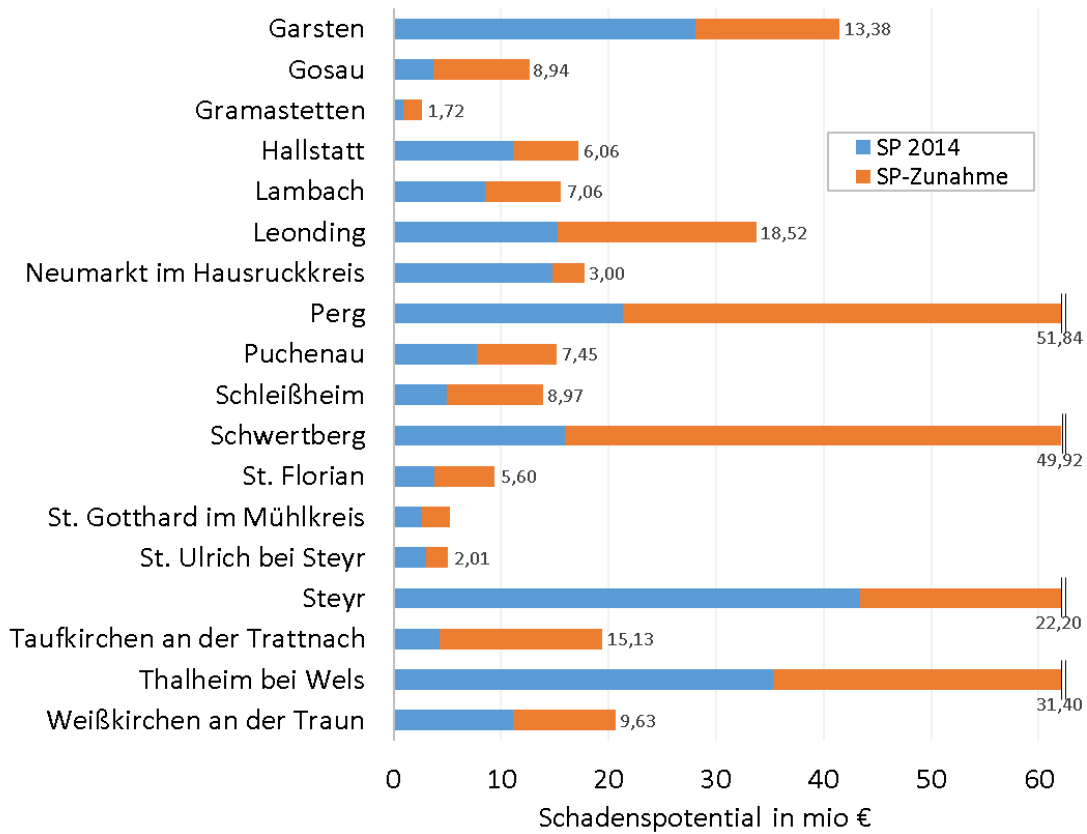


Abbildung 31: Potentielle Zunahme des Schadenspotenzials bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet bei HQ 300.

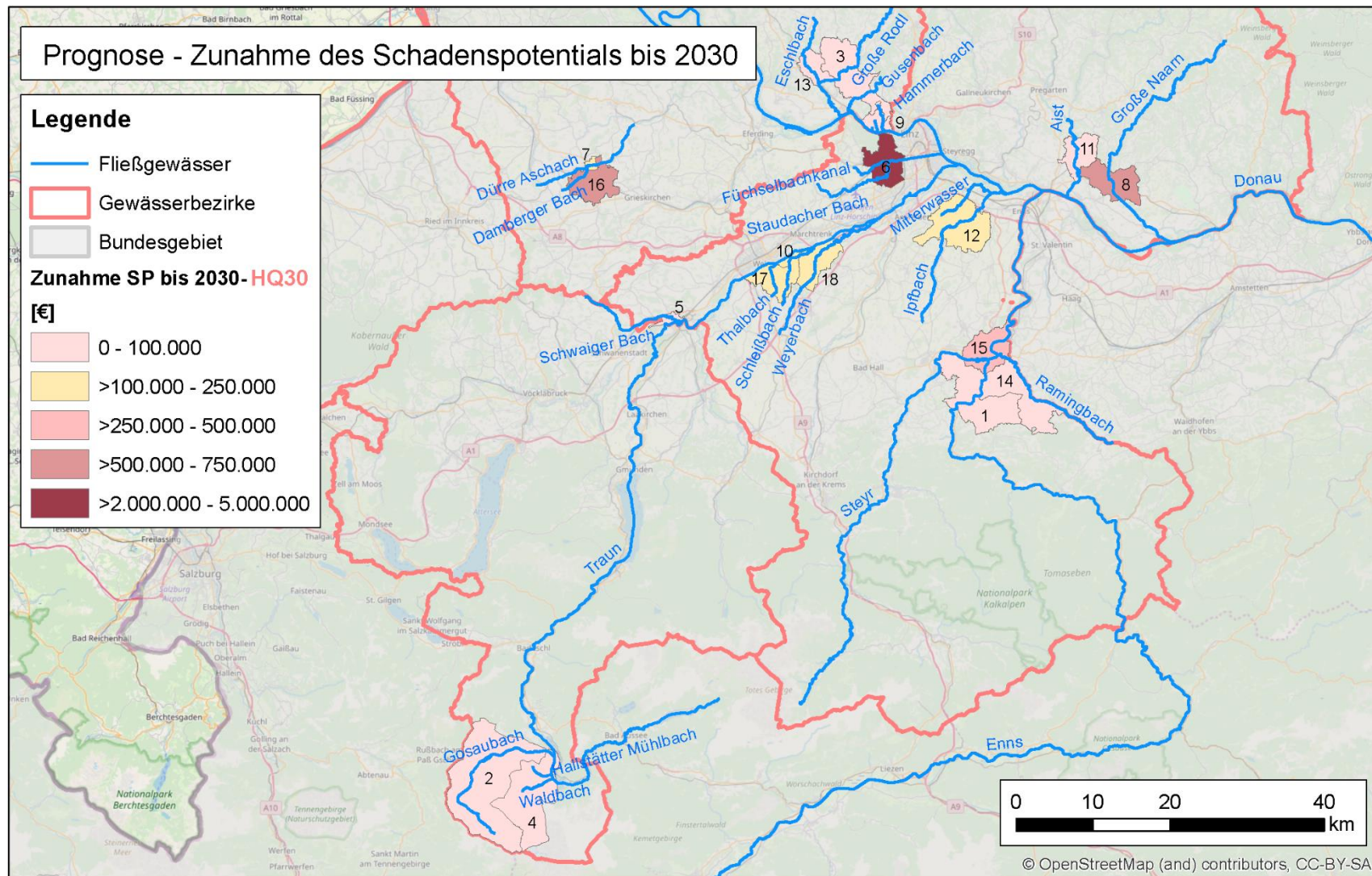


Abbildung 32 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotentials bis 2030 innerhalb der HQ30-Überflutungsfläche.

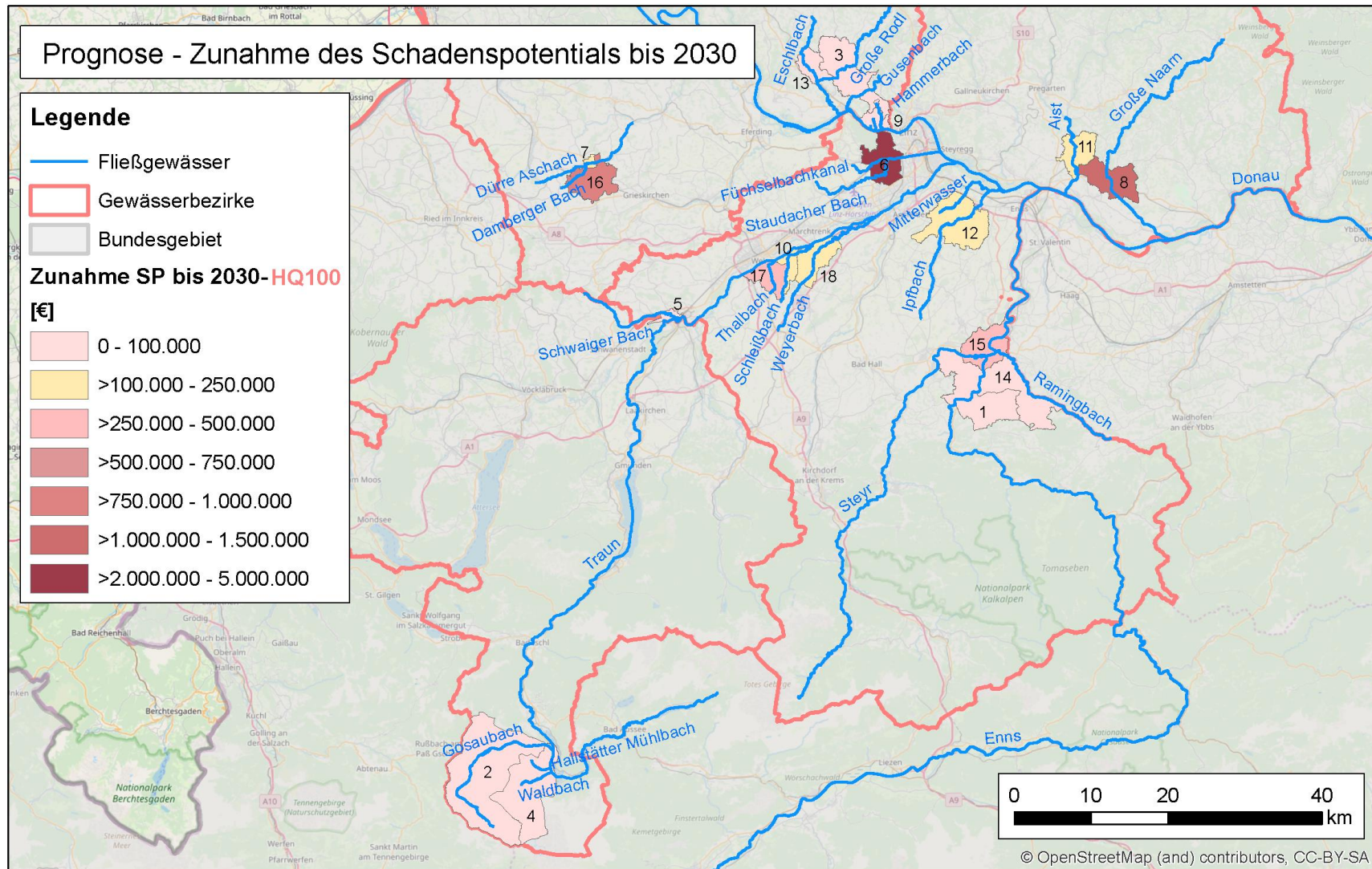


Abbildung 33 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotentials bis 2030 innerhalb der HQ100-Überflutungsfläche.

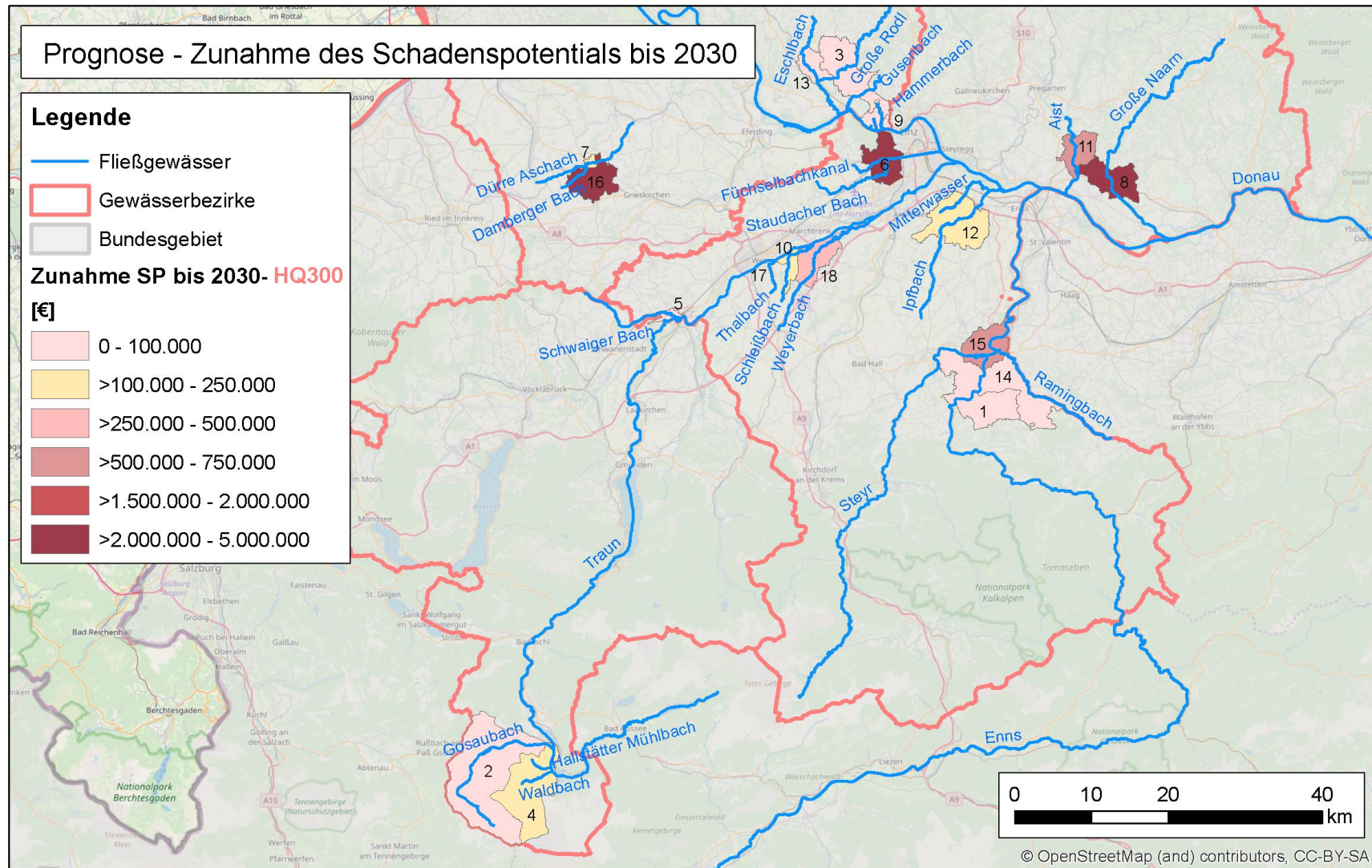


Abbildung 34 Prognostizierte Zunahme des Schadenspotentials bis 2030 innerhalb der HQ300-Überflutungsfläche.

7.2 Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel

Die Bearbeitungsschritte und Auswertungen aus vorangegangenen Arbeitspaketen ermöglichen die Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel zur Senkung bzw. Verhinderung der Neuentstehung von Schadenspotenzial in einem Gebiet. Aufbauend auf der derzeitigen Gefährdungssituation und der Abschätzung des zusätzlich entstehenden Schadenspotenzials können Hochwasserschutzmaßnahmen mit Einfluss auf das Schadenspotenzial bewertet werden. Zu diesem Zweck wurde in vorangegangenen Arbeiten eine Systematik zur Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen aus der Hochwasserrisikomanagementplanung entwickelt (Schulz et al., Modul 2, 2015). Diese basiert auf einer umfassenden Literaturrecherche und insbesondere auf dem Maßnahmenkatalog der Hochwasserrisikomanagementpläne (EU Hochwasserrichtlinie). Hierbei wurde festgestellt, dass die einzelnen Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs in unterschiedlicher Form wirken, nämlich entweder auf die Verringerung der Hochwassergefahr (z.B. lineare Hochwasserschutzbauten, Hochwasserretention etc.) oder auf die Vulnerabilität im Gebiet (z.B. Absiedlung, Objektschutzmaßnahmen etc.). Die Einschätzung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen ist oftmals nicht möglich, da es auch indirekt wirkende Maßnahmen gibt, welche eine Voraussetzung oder eine hilfreiche Unterstützung für die Umsetzung einer direkten Maßnahme sind. Deshalb war es notwendig die im Maßnahmenkatalog gelisteten Maßnahmen zu Maßnahmenbündeln zusammenzufassen, sodass jedes Bündel zumindest eine direkt wirkende Maßnahme enthält. Die hervorgegangenen Maßnahmenbündel sind in Tabelle 11 zusammenfassend dargestellt. *Anmerkung: In vorangegangenen Projekten wurden die Maßnahmenbündel mit M01 bis M10 bezeichnet.*

Tabelle 11: Zusammenstellung von Maßnahmenbündeln

Kurzbezeichnung*	Maßnahmenbündel
MB1	Gefahrenzonenplanung und Raumnutzung
MB2	Retentionswirksame Bewirtschaftung
MB3	Retentionsmanagement durch Wiederanbindungen
MB4	Schutzwasserbau
MB5	Objektschutz
MB6	Absiedlung
MB7	Pflege, Instandhaltung und Betrieb von Schutzanlagen
MB8	Betriebsordnung
MB9a	Hochwasser Katastrophenschutzpläne (Vorwarnzeit <12h)
MB9b	Hochwasser Katastrophenschutzpläne (Vorwarnzeit >12h)
MB10	Vorgaben des §47 Abs. 5 Oö BauTG 2013

* Hinweis: In den Maßnahmenbündeln sind Maßnahmen des HWRMP zu Bündeln zusammengefasst. Die Zusammensetzung der Maßnahmenbündel ist in Schulz et al. (Modul 2, 2015) beschrieben.

Der allgemeine Wirkungsbereich dieser Maßnahmenbündel gilt für spezifische Expositionen und Nutzungsarten (Schutzgüter). Um die spezifische Wirksamkeit eines Maßnahmenbündels in einem bestimmten Gebiet zu erhalten ist es notwendig, eine detaillierte Expositionsanalyse im Untersuchungsgebiet vorzunehmen (siehe AP2 und AP4). Mithilfe einer differenzierten Analyse lassen sich folgende Fragen beantworten:

- In welchem HQ-Gefährdungsbereich entsteht das Schadenspotenzial (HQ30, HQ100, HQ300) hauptsächlich?
- Welche Nutzungsart (Industrie, Wohnen, Sonstiges) weist das höchste Schadenspotenzial auf?

7.2.1 **Methodik**

Zur Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel für den Hochwasserschutz wurde eine automatisierte, risikobezogene Maßnahmenbewertung entwickelt. Dieses Bewertungsverfahren basiert auf Informationen zur *Vulnerabilität* (Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser), *Exposition* (Betroffenheit bei Hochwasser) und *Maßnahmenwirksamkeit*. Es berücksichtigt bestimmte Expositionsszenarien, welche durch die Entwicklung im Untersuchungsgebiet charakterisiert sind. Die wesentlichen Schritte des Bewertungsverfahrens sind die differenzierte Analyse je Nutzungsart und HQ-Gefährdung sowie die Bewertung der Maßnahmenbündel je Gemeinde und Expositionsszenario.

Bei der **differenzierten Analyse** werden für jede Gemeinde in Abhängigkeit von der in 6.2.2 Bebauungsentwicklung festgelegten Nutzungsart (Industrie, Wohnen, Sonstiges) sowie dem HQ-Gefährdungsbereich (HQ30, HQ100, HQ300) die Informationen zur Vulnerabilität, Exposition und Maßnahmenwirksamkeit in Form von Matrizen aufbereitet:

- Wertematrix: Verwundbarkeit der Objekte je Nutzungsart gegenüber HQ30, HQ100, und HQ300
- Gefährdungsmatrix: Betroffenheit der Objekte je Nutzungsart bei HQ30, HQ100 und HQ300
- Maßnahmenmatrix: Wirksamkeit von Maßnahmen zum Schutz der Objekte je Nutzungsart bei HQ30, HQ100 und HQ300

In Abbildung 35 sind die drei Matrizen schematisch dargestellt und werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

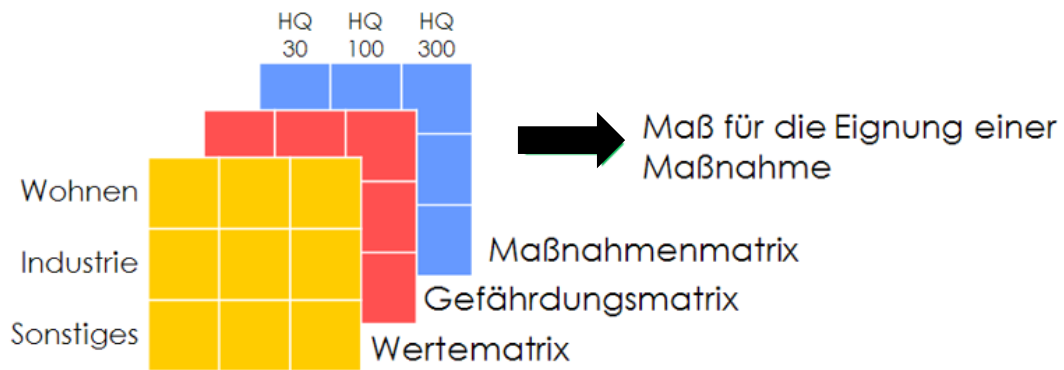


Abbildung 35: Schema zur Methodik der Maßnahmenbewertung: Drei Matrizen (Werte-, Gefährdungs- und Maßnahmenmatrix) enthalten nach Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich differenzierte Informationen zur Vulnerabilität, Exposition und Maßnahmenwirksamkeit.

Wertematrix

Die Wertematrix beschreibt die Verwundbarkeit der Objekte je Nutzungsart gegenüber 30-, 100- und 300-jährlichen Hochwässern. Die Werte innerhalb der Wertematrix entsprechen Werthaltungen, die beschreiben, wie schwerwiegend Hochwasserrisiken für jede Kombination aus Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich grundsätzlich sind. Sie ist daher für alle Gemeinden gleich.

Die Werthaltungen werden durch die Kombination (Multiplikation) der Bewertung der Verwundbarkeit der Nutzungsarten und der Bewertung der Betroffenheit von Schutzgütern in HQ-Gefährdungsbereichen ermittelt. Die Bewertung der Verwundbarkeit der Nutzungsarten erfolgt in Anlehnung an die Abschätzung nach BUWAL, wonach Industrie am höchsten (3) bewertet wird, gefolgt von Wohnen (1,2) und Sonstiges (0,6). Bei der Bewertung der Betroffenheit von Schutzgütern in HQ-Gefährdungsbereichen wird die Betroffenheit in der Überflutungsfläche eines 30-jährlichen Hochwassers am höchsten bewertet (3), gefolgt von der Betroffenheit in der Überflutungsfläche eines 100-jährlichen Hochwassers (2) und der Betroffenheit in der Überflutungsfläche eines 300-jährlichen Hochwassers (1). Die Wertematrix ist nachfolgend in der Abbildung 36 dargestellt. Je höher die Zahl, desto nachteiliger werden die Folgen im Falle eines Hochwasserereignisses für diese Kombination aus HQ-Gefährdungsbereich und Nutzungsart eingeschätzt.

Wertematrix		HQ 30	HQ 100	HQ 300
		3	2	1
Industrie	3	9	6	3
Wohnen	1.2	3.6	2.4	1.2
Sonstiges	0.6	1.8	1.2	0.6

Abbildung 36: Wertematrix. Die Zahlen für die Kombinationen aus Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich ergeben sich durch Multiplikation der Faktoren zur Bewertung der HQ-Bereiche (3,2,1) und der Nutzungsarten (3, 1.2, 0.6). Je höher die Zahl, desto nachteiliger werden die Folgen im Falle eines Hochwasserereignisses für diese Kombination aus HQ-Bereich und Nutzungsart eingeschätzt.

Gefährdungsmatrix

Die Gefährdungsmatrix beschreibt die Betroffenheit der Objekte je Nutzungsart bei HQ30, HQ100 und HQ300. Die Zahlenwerte der Gefährdungsmatrix entsprechen dem prozentuellen Anteil betroffener Flächen je Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereich im Untersuchungsgebiet (Überflutungsfläche bei HQ300). Die Summe der Zahlenwerte in der Gefährdungsmatrix ergibt somit 1 bzw. 100 %. Die Ermittlung der Flächenanteile erfolgt in AP4 durch Überlagerung der Flächeninformationen. Die Gefährdungsmatrix wird für jede Gemeinde gesondert erstellt, einerseits für die bereits betroffene Fläche und andererseits auch für die zu erwartende zukünftige Bebauungsfläche. In Abbildung 37 ist als Beispiel die Gefährdungsmatrix für die bereits betroffenen Gebäudeflächen der Gemeinde Regau dargestellt.

Gefährdungsmatrix	HQ 30	HQ 100	HQ 300
Industrie	0.11	0.22	0.37
Wohnen	0.02	0.10	0.02
Sonstiges	0.04	0.1	0.02

Abbildung 37: Gefährdungsmatrix beispielhaft für die Gemeinde Regau dargestellt. Jede Zahl innerhalb der Matrix stellt den relativen Anteil einer HQ-Bereich/Nutzungsart – Kombination an der Gesamtbetroffenheit dar. Sie weisen in diesem Beispiel 11 % (0.11) der Bebauung die Nutzung „Industrie“ auf und befinden sich in der HQ30-Überflutungsfläche.

■ Maßnahmenmatrix

Die Maßnahmenmatrix beschreibt die Wirksamkeit von Maßnahmen zum Schutz der Objekte je Nutzungsart bei HQ30, HQ100 und HQ300. Sie wird für jedes Maßnahmenbündel wiederum getrennt für bereits bestehende und zukünftige Bebauung erstellt. Die Zahlenwerte der Maßnahmenmatrix spiegeln die potentielle Eignung eines Maßnahmenbündels zur Reduktion bzw. Verhinderung der Entstehung von (neuem) Schadenspotenzial in Abhängigkeit der betroffenen Nutzungsart und HQ-Gefährdungsbereiche wider. Die Bedeutung wird anhand der in Abbildung 38 dargestellten Maßnahmenmatrix für das Maßnahmenbündel M08 „Betriebsordnung“ für bereits bestehende Bebauung erläutert: Es ist zu sehen, dass sich dieses Maßnahmenbündel ausschließlich auf das Schadenspotenzial der betroffenen Industrie im Überflutungsgebiet eines 30- sowie 100-jährlichen Hochwasserereignisses auswirkt (1). Jedoch wird für alle anderen Kombinationen von Nutzungskategorie und HQ-Gefährdungsbereich das Schadenspotenzial durch dieses Maßnahmenbündel nicht reduziert (0). Diese Maßnahme ist daher nur sinnvoll, wenn große Teile der Betroffenheit in einer Gemeinde durch Industriegebäude entstehen.

Für die Wirkung bautechnischer Maßnahmen wurde berücksichtigt, ob eine Erhöhung der Fußbodenoberkante (50 cm) im Restrisikogebiet einer Gemeinde ausreichen und somit bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis wirksam sind. Trifft dies nicht zu, wird die Maßnahmenmatrix für bautechnische Maßnahmen einer Gemeinde adaptiert und die Wirkung reduziert.

Maßnahmenmatrix	HQ 30	HQ 100	HQ 300
Industrie	1	1	0
Wohnen	0	0	0
Sonstiges	0	0	0

Abbildung 38: Beispiel einer Maßnahmenmatrix für das Maßnahmenbündel M08 für die bereits bestehende Bebauung. 1 bedeutet in diesem Fall, dass 100 % des in dieser Kategorie auftretenden Schadenspotenzials verhindert werden können. 0 bedeutet, dass diese Maßnahme keinen Einfluss auf diese Kategorie hat.

Bei der Bewertung der Maßnahmenbündel je Gemeinde und Expositionsszenario werden Maßnahmenbündel, die sich bei gegebener Exposition und Vulnerabilität besonders eignen, identifiziert. Dazu werden im ersten Schritt die Werte-, Gefährdungs- und Maßnahmenmatrix zusammengefasst, indem sie zunächst elementweise multipliziert und anschließend summiert

werden. Dieser Vorgang wird sowohl für die bereits bestehende Bebauung als auch für die zu erwartende zukünftige Bebauung durchgeführt. Bei der Zusammenfassung der Teilergebnisse werden diese durch das Verhältnis von relativem Anteil der bereits vorhandenen Bebauung zur zukünftigen Bebauung gewichtet. Ist beispielsweise mit einer geringen Zunahme der Bebauung zu rechnen, wird dem Ergebnis aus der Analyse der bestehenden Bebauung deutlich mehr Gewicht zugeteilt als dem Ergebnis aus der Analyse der zu erwartenden zukünftigen Bebauung.

Anhand der beschriebenen Methodik kann somit für jede Gemeinde eine risikobasierte Bewertung der Maßnahmenbündel (MB1 bis MB10) zur Senkung bzw. Verhinderung der Neuentstehung von Schadenspotenzial durchgeführt werden. **Die Wirksamkeit der Maßnahmenbündel ist nur innerhalb einer Gemeinde vergleichbar, nicht jedoch gemeindeübergreifend.** D.h., Maßnahmenbündel mit hohen Zahlenwerten innerhalb einer Gemeinde sind unter den gegebenen Umständen besser geeignet als Maßnahmenbündel mit niedrigen Werten. Für eine gemeindeübergreifende Bewertung müssten die betroffenen Flächenanteile der Gemeinden zur gesamten betroffenen Fläche gewichtet werden.

7.2.2 *Ergebnisse*

Die Ergebnisse der Maßnahmenbewertung sind nachfolgend für alle im Projekt bearbeiteten Gemeinden zusammengefasst. Die Unsicherheit der Evaluierung entspricht der Unsicherheit ihrer Datengrundlage. Die Maßnahmenbündel sind nur innerhalb der jeweils betrachteten Gemeinde vergleichbar, jedoch nicht zwischen den untersuchten Gemeinden. Die Evaluierungsergebnisse basieren auf der Wirksamkeit von Maßnahmenbündeln und geben einen objektiven Überblick über mögliche Maßnahmen. Da z.B. Errichtungskosten nicht berücksichtigt werden können, weil sie standortspezifischen Charakteristiken und Gegebenheiten unterliegen, ist für die Wahl eines geeigneten Maßnahmenbündels das Einbinden von Expertenwissen unerlässlich. Die Plausibilität der Ergebnisse wird nachfolgend anhand ausgewählter Beispiele demonstriert.

In Tabelle 12 und Abbildung 39 ist die Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung bis 2030 (siehe 6.3.1 Bevölkerungsentwicklung) und dem Anteil des unbebauten Baulandes dargestellt (realistisches Szenario). Insgesamt waren die Maßnahmenbündel MB4 „Schutzwasserbau“, MB5 „Objektschutz“, MB6 „Absiedlung“, MB8 „Betriebsordnung“ sowie MB9 „Hochwasser Katastrophenschutzpläne mit Vorwarnzeit über 12 h“ dominierend.

In Gemeinden wie z.B. Neumarkt im Hausruckkreis oder Schwertberg, bei denen das Maßnahmenbündel MB8 „Betriebsordnung“ einen hohen Stellenwert hat, zeigt die Nutzung

(siehe Abbildung 11 in AP2), dass es sich um Gemeinden mit hohem Industrieanteil handelt und hier eine Anpassung der Betriebsordnung sinnvoll wäre.

Sind wie z.B. in Puchenau oder Schleißheim Gebäudeflächen bei HQ30 und HQ100 stark betroffen und es ist keine Industrie im Überflutungsgebiet vorhanden, dann greift MB5 der „Objektschutz“ als mögliche Maßnahme. Sind wie z.B. in Hallstatt oder auch Puchenau besonders Flächen der Nutzung Wohnen betroffen, wird mit der Maßnahme MB6 auch eine Absiedlung nicht ausgeschlossen. Ist jedoch ein Hochwasserschutz von Interesse, der allen Nutzungen Schutz bietet, so ist das Maßnahmenbündel MB4 „Schutzwasserbau“ eine geeignete Variante.

Für Gemeinden wie z.B. Gramastetten oder St. Ulrich bei Steyr, in denen entsprechend der verfügbaren Überflutungsflächen (siehe 5.3 Erfassung umgesetzter Hochwasserschutzmaßnahmen) kaum Gebäudeflächen betroffen sind, können auch Hochwasser Katastrophenschutzpläne mit einer Vorwarnzeit von 12 Stunden als sinnvolle Maßnahme herangezogen werden (MB9 >12 h).

Tabelle 12: Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung der Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung

Gemeinden	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6	MB7	MB8	MB9 < 12h	MB9 > 12h	MB10	Jahr
Garsten	0,00	0,20	0,25	0,11	0,12	0,51	-	0,00	0,16	0,49	-	2018
Gosau	0,00	0,96	1,58	1,89	1,49	2,58	-	0,52	0,34	1,02	-	2018
Gramastetten	0,00	0,16	0,16	0,00	0,00	0,50	-	0,00	0,16	0,47	-	2018
Hallstatt	0,01	0,57	0,91	1,01	0,92	1,76	-	0,00	0,24	0,72	-	2018
Lambach	0,00	0,86	1,39	1,83	1,08	2,01	-	1,02	0,33	0,99	-	2018
Leonding	0,14	1,17	1,92	2,47	1,32	2,22	-	1,80	0,42	1,26	-	2018
Neumarkt im Hausruckkreis	0,02	1,86	3,07	3,23	0,49	0,87	-	5,31	0,65	1,94	-	2018
Perg	0,03	0,58	0,89	1,40	0,60	1,24	-	0,81	0,27	0,80	-	2018
Puchenau	0,00	0,98	1,62	1,67	1,93	3,29	-	0,00	0,34	1,01	-	2018
Schleißheim	0,01	0,62	0,99	1,12	1,14	2,18	-	0,00	0,25	0,75	-	2018
Schwertberg	0,01	0,80	1,22	1,56	0,44	0,83	-	1,66	0,39	1,16	-	2018
St. Florian	0,02	0,27	0,37	0,37	0,32	1,00	-	0,00	0,17	0,51	-	2018
St. Gotthard im Mühlkreis	0,00	0,83	1,37	1,39	1,54	2,71	-	0,00	0,30	0,89	-	2018
St. Ulrich bei Steyr	0,00	0,36	0,52	0,44	0,23	0,66	-	0,44	0,19	0,58	-	2018
Steyr	0,01	0,78	1,26	1,84	1,29	2,32	-	0,43	0,30	0,91	-	2018
Taufkirchen an der Trattnach	0,11	1,26	2,07	2,27	1,11	1,88	-	2,27	0,45	1,34	-	2018
Thalheim bei Wels	0,01	0,55	0,85	1,15	0,34	0,95	-	1,09	0,25	0,75	-	2018
Weißkirchen an der Traun	0,02	1,28	2,08	2,22	0,54	1,04	-	3,24	0,48	1,44	-	2018

* Hinweis: Die Wirksamkeit der Maßnahmenbündel ist nur innerhalb einer Gemeinde vergleichbar, nicht jedoch gemeindeübergreifend.

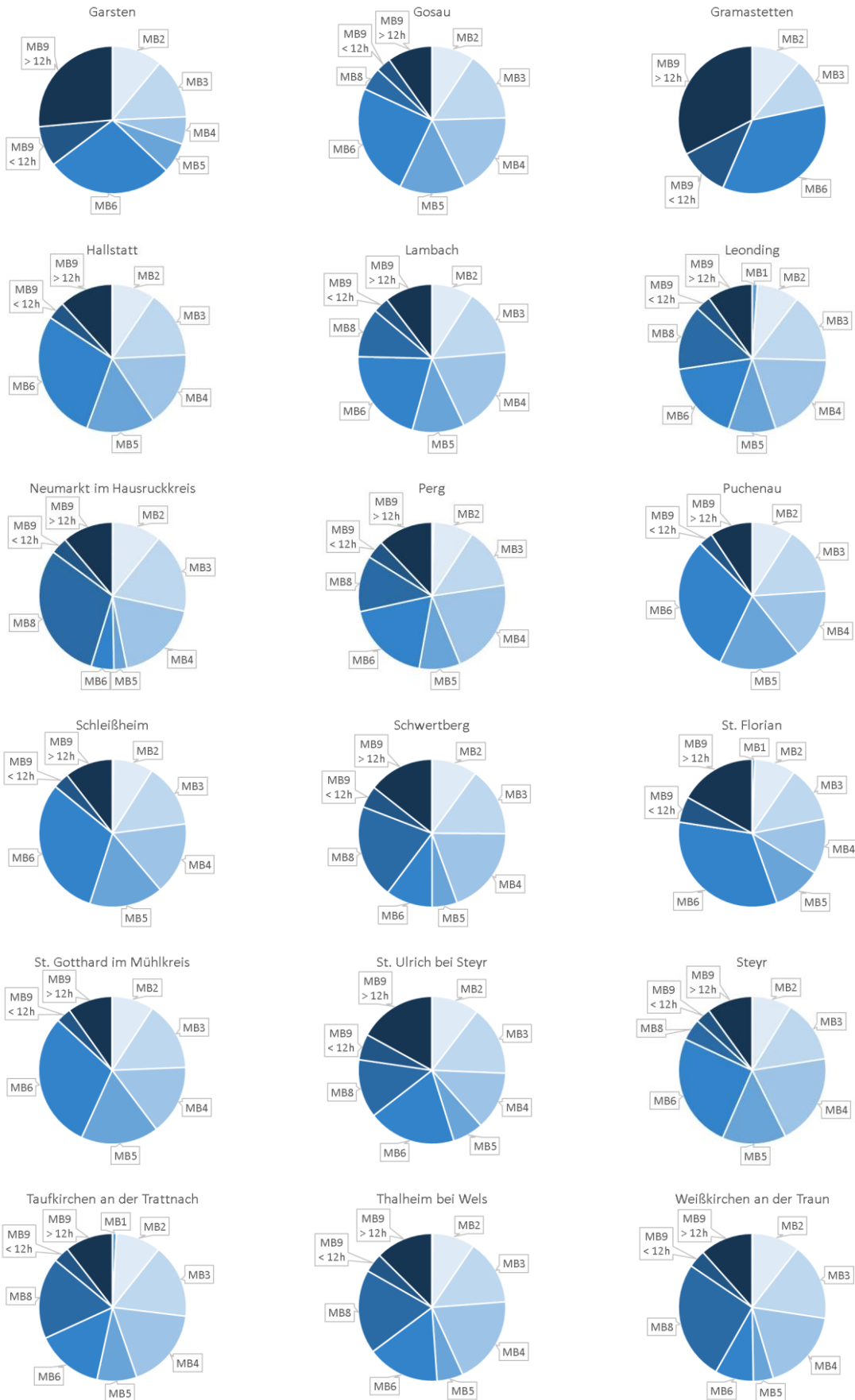


Abbildung 39: Vergleich der gemeindebezogenen Maßnahmenbewertung unter Berücksichtigung der Bebauungsdichte sowie Bevölkerungsentwicklung.

Die Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die Maßnahmenbewertung ohne Berücksichtigung der Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung unter der Annahme einer vollständigen Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet. Da das Verhältnis des unbebauten Baulandes zum bebauten Bauland innerhalb der Überflutungsfläche in den untersuchten Gemeinden als sehr gering ausfällt, zeigt sich ein anderes Muster als in den Projekten 2016 und 2017. Das Maßnahmenbündel MB1 „Gefahrenzonenplanung und Raumnutzung“ dominiert in diesem Fall dieses Szenario nicht.

Tabelle 13: Maßnahmenbewertung bei vollständiger Verbauung des unbebauten Baulandes im Überflutungsgebiet

Gemeinden*	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6	MB7	MB8	MB9 < 12h	MB9 > 12h	MB10	Jahr
Garsten	0,12	0,17	0,20	0,09	0,18	0,42	-	0,00	0,14	0,41	-	2018
Gosau	0,96	0,56	0,92	1,10	1,20	1,50	-	0,30	0,20	0,59	-	2018
Gramastetten	0,00	0,12	0,12	0,00	0,00	0,38	-	0,00	0,12	0,35	-	2018
Hallstatt	0,21	0,48	0,76	0,84	0,88	1,47	-	0,00	0,20	0,61	-	2018
Lambach	0,42	0,64	1,03	1,36	1,03	1,49	-	0,76	0,24	0,73	-	2018
Leonding	0,70	1,00	1,64	2,11	1,31	1,89	-	1,53	0,36	1,08	-	2018
Neumarkt im Hausruckkreis	0,27	1,66	2,75	2,90	0,56	0,78	-	4,75	0,58	1,74	-	2018
Perg	0,34	0,42	0,64	1,00	0,60	0,89	-	0,58	0,19	0,57	-	2018
Puchenuau	0,60	0,81	1,34	1,38	1,95	2,72	-	0,00	0,28	0,84	-	2018
Schleißheim	0,55	0,47	0,75	0,85	1,14	1,65	-	0,00	0,19	0,56	-	2018
Schwertberg	0,37	0,52	0,79	1,01	0,35	0,54	-	1,07	0,25	0,75	-	2018
St. Florian	0,32	0,23	0,32	0,32	0,37	0,86	-	0,00	0,15	0,44	-	2018
St. Gotthard im Mühlkreis	0,28	0,73	1,19	1,21	1,51	2,37	-	0,00	0,26	0,78	-	2018
St. Ulrich bei Steyr	0,03	0,31	0,45	0,38	0,21	0,57	-	0,38	0,17	0,50	-	2018
Steyr	0,32	0,68	1,10	1,60	1,29	2,02	-	0,38	0,27	0,80	-	2018
Taufkirchen an der Trattnach	0,57	0,99	1,63	1,78	1,00	1,48	-	1,79	0,35	1,06	-	2018
Thalheim bei Wels	0,28	0,41	0,64	0,87	0,39	0,71	-	0,82	0,19	0,56	-	2018
Weißkirchen an der Traun	0,35	1,05	1,71	1,82	0,64	0,86	-	2,66	0,39	1,18	-	2018

* Hinweis: Die Wirksamkeit der Maßnahmenbündel ist nur innerhalb einer Gemeinde vergleichbar, nicht jedoch gemeindeübergreifend.

8 Fazit

Im gegenständlichen Projekt „Hochwasserschadenspotenzial 2018 – Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ konnten insgesamt fünf Arbeitspakete bearbeitet werden. Diese umfassen:

AP1 – Einheitliche Datengrundlagen

AP2 – Gebäudeerkennung

AP3 – Entwicklungsanalyse

AP4 – Bevölkerungs- und Bebauungsentwicklung

AP5 – Entwicklungsprognose

In **Arbeitspaket 1 – Einheitliche Datengrundlage** wurden die Daten aus DKM, Flächenwidmungsplan, Orthofotos und Überflutungsflächen für die Jahre 2010 und 2014 erhoben und aufbereitet. Außerdem wurden die Schadenswerte aus den Vorprojekten übernommen und auf das Jahr 2018 askontiert.

Die **Gebäudeerkennung** konnte erfolgreich für alle Gebiete zu zwei Zeitpunkten vorgenommen werden. Sie wurde anhand von Orthofotos durchgeführt, dessen zeitliche Referenzierung einen signifikanten Vorteil gegenüber Laserscan-Daten haben (siehe 4.1 in AP2). Damit ist es möglich, eine zeitlich referenzierte Aussage über den Gebäudebestand in Überflutungsgebieten vorzunehmen. Die Gebäudeerkennung ist ein zentrales Element dieses Projektes und liefert die Basis für die weiteren Arbeitspakete. Basierend auf Techniken des Machine Learning wurde die Methodik der Gebäudeerkennung optimiert.

Auf Basis der Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 1 und 2 konnte in Arbeitspaket 3 eine umfassende **Entwicklungsanalyse** des Schadenspotenzials für 18 Gemeinden in 14 Risikogebieten (APSFR) erstellt werden. In diesem Zuge wurde dem in Arbeitspaket 2 erstellten Gebäudedatensatz eine Nutzung aus dem Flächenwidmungsplan zugewiesen. Für die einzelnen Gebäude konnte somit mittels der im Vorprojekt festgelegten Einheitsschäden ein Schadenspotenzial berechnet werden. Dieser Bearbeitungsschritt wurde für betroffene Gebäude in den Gefährdungsbereichen HQ30, HQ100 bzw. HQ300 für die Jahre 2010 und 2014 durchgeführt. Die Ergebnisse erlauben die Ausweisung eines absoluten Schadenspotenzials für ein Jahr – z.B. 2010 oder 2014 – oder die Darstellung der vergangenen Entwicklung des Schadenspotenzials (relativ oder absolut) über diesen Zeitraum. Damit können Gemeinden oder Gebiete mit **hoher Schadenspotenzialdynamik** ausgewiesen und eingehender analysiert werden.

Während in AP3 die Entwicklung des Schadenspotenzials in der Vergangenheit analysiert wurde, ermittelten AP4 und AP5 eine Prognose der zukünftigen Entwicklung der Bebauung und des Schadenspotenzials. Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Schadenspotenzials wurde eine Abschätzung der **zukünftigen Bebauung** aufgrund der Gefährdung des unbebauten Baulandes in einem Gemeindegebiet durchgeführt. Um den Anteil der zu erwartenden Bebauung abzuschätzen, wurden eine **Bevölkerungsprognose** erstellt und der zu erwartende Flächenverbrauch aufgrund der Bebauungsdichte und dem Flächenverbrauch pro Einwohner abgeschätzt. Die daraus resultierende Zunahme der Bebauung im Überflutungsbiet wurde wiederum mit den im Vorprojekt definierten Einheitschäden multipliziert um eine Prognose über die zu erwartende Zunahme des Schadenspotenzials zu erhalten.

Zusätzlich wurde in AP5 eine einheitliche **Methodik zur Identifikation geeigneter Maßnahmen** aus dem Maßnahmenkatalog des Hochwasserrisikomanagementplanes (HWRMP) angewendet. Die Auswertung dreier Matrizen – Wertematrix, Gefährdungsmatrix und Maßnahmenmatrix – dient der Ermittlung der Eignung eines Maßnahmenbündels des HWRMP für ein bestimmtes Gebiet.

9 Ausblick und Empfehlungen

Nach Abschluss des Projektes „Hochwasserschadenspotenzial 2018: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung“ können nachfolgend Empfehlungen und ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen im Projekt geliefert werden.

9.1 Sicherung der DKM und des Flächenwidmungsplans

Gebäude werden häufig erst verspätet in die DKM eingetragen. Das heißt, dass der Zeitpunkt der Sicherung der DKM nicht unbedingt dem vorhandenen Gebäudebestand entspricht. Im gegenständlichen Projekt wird die DKM mit Gebäuden aus der Gebäudeerkennung anhand von Orthofotos für einen bestimmten Zeitpunkt ergänzt. Da die DKM und der Flächenwidmungsplan laufend aktualisiert werden, sollten die Daten einmal jährlich gesichert und abgelegt werden. Dadurch können sie als zeitlich referenzierte Datengrundlage zur Erstellung eines Gebäudedatensatzes für ein bestimmtes Jahr herangezogen werden.

9.2 Sicherung von Überflutungsdatensätzen

Ähnlich wie für die DKM sollte für die Untersuchungsjahre ein für Oberösterreich gültiger Überflutungsdatensatz erstellt und gesichert werden. In diesem Datensatz müssen aktuelle bzw. umgesetzte Hochwasserschutzmaßnahmen eingearbeitet werden.

9.3 Zyklische Bewertung der Maßnahmen im HWRMP

Durch die risikobasierte Bewertung von Maßnahmen, aufbauend auf der zeitlich referenzierten raumplanerischen Information sowie der prognostizierten Bebauungsentwicklung, wird ein Werkzeug geliefert, welches von höchstem Nutzen im Rahmen der zukünftigen Bewertung von Maßnahmen im HWRMP sein kann. Diese Information sollte deshalb als Teil einer risikobasierten Bewertung von Maßnahmen unter Berücksichtigung von Umsetzbarkeits- und Kostenaspekten berücksichtigt werden. Der Nutzen der entwickelten Methodik liegt in der:

- Erfassung von Gebäuden auf Orthofotos und somit Berücksichtigung der Aktualität des Bebauungszustandes zum Untersuchungszeitpunkt (mit DKM allein sind diese Informationen nicht verfügbar)
- Monetären Abschätzung des Schadenspotenzials (Unterscheidung der Einheitschäden je nach Widmung)
- Berücksichtigung der Bebauungs- und Bevölkerungsentwicklung in der Entwicklungsprognose
- Abschätzung der Wirkung von Maßnahmenbündeln in Form von modular aufgebauten Matritzen, die

- auch mit Informationen zur Bebauungs- und Bevölkerungsentwicklung aus anderen Quellen und somit unabhängig von den hier angewandten Methoden betrieben werden können (Kombination mit anderen Eingangsdaten möglich)
- unterschiedliche Nutzungsarten und HQ-Gefährdungsbereiche berücksichtigen (Wohnen, Industrie und Sonstiges bzw. HQ30, HQ100 und HQ300)
- unabhängig voneinander aktualisiert bzw. nach neuem Expertenstand verändert werden können (insbesondere die Werte- sowie Maßnahmenmatrix)
- Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs der Hochwasserrisikomanagementpläne gebündelt integrieren (Maßnahmenmatrix)
- Guten Übertragbarkeit der Methodik auf andere Gebiete
- Optimierte und erprobte Funktionsweise hinsichtlich Effizienz und Plausibilität

10 Literaturverzeichnis

Schulz, K., Meisch, C., Brenner, C., Schwingshandl, A., Fordinal, I., Roither, J. (2015): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten – Raumnutzung und Maßnahmenwirkung. Modul 2 – Praktischer Teil. Universität für Bodenkultur und RIOCOM im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

Banko, G. & Weiß, M. (2016): Gewidmetes, unbebautes Bauland. Erstellung von Auswertungen für Österreich (Endbericht). Umweltbundesamt. Wien.

Brenner, C.; Meisch, C.; Apperl, B.; Schulz, K. (2016): Towards periodic and time-referenced flood risk assessment using airborne remote sensing. In: Journal of Hydrology and Hydromechanics 64 (4). DOI: 10.1515/johh-2016-0034.

BUWAL (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Schweizerische Eidgenossenschaft. Bern.

Egli, T. (2002): „Hochwasservorsorge – Maßnahmen und ihre Wirksamkeit“. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins. Koblenz.

Hatfield, J.L. & Prueger, J.H. (2010): Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. Remote Sens. 2, 562–578. doi:10.3390/rs2020562.

Merzlyak, M.N.; Gitelson, A.A.; Chivkunova, O.B.; Rakitin, V.Y. (1999): Non-destructive optical detection of leaf senescence and fruit ripening. Physiol. Plant. 106, 135–141.

Seher, W.; Löschner, L. (2015): RiskAdapt. Anticipatory Flood Risk Management under Climate Change Scenarios: From Assessment to Adaptation. Universität für Bodenkultur Wien.

Seite „Hochwasser-Risikogebiete (APSFR) in Oberösterreich“. In: land-oberoesterreich.gv.at. URL: https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente/%20UWD%20Abt_WW/ogw_sw_APSFR-Strecken_und_Zustaendigkeiten.pdf (Abgerufen: 6. März 2017 10:00 MESZ)

Seite: „Einwohnerzahl nach Ortschaften (Gebietsstand 1.1.2018)“. In: Statistik Austria. Bearbeitungsstand: 16.10.2018. URL: http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=10341

Vorangegangene Projekte

Schulz, K., Lebiezinski, K., Brenner, C., Apperl, B., Schwingshandl, A., Roither, J., Huber, T. (2017): Hochwasserschadenspotential 2017 – Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung. Universität für Bodenkultur und RIOCOM im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Schulz, K., Meisch, C., Brenner, C., Apperl, B., Schwingshandl, A., Fordinal, I., Roither, J. (2016): Hochwasserschadenspotenzial: Evaluierung und Prognose der wasserwirtschaftlichen Entwicklung. Universität für Bodenkultur und RIOCOM im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

Schulz, K., Meisch, C., Brenner, C., Schwingshandl, A., Fordinal, I., Roither, J. (2015): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten – Raumnutzung und Maßnahmenwirkung. Modul 2 – Praktischer Teil. Universität für Bodenkultur und RIOCOM im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

Schulz, K., Apperl, B., Brenner, C., Schwingshandl, A., Fordinal, I., Roither, J. (2014): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten – Raumnutzung und Maßnahmenwirkung. Modul 1 – Machbarkeitsstudie. Universität für Bodenkultur und RIOCOM im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

Nachtnebel, H.P. & Apperl, B. (2013). Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten: Instrumentenevaluierung. Universität für Bodenkultur im Auftrag vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

