

## **Integriertes Hochwasserrisikomanagement in Berggebieten: sektorale Interdependenzen, Konflikte und Möglichkeiten der Politikkoordination (PoCo-FLOOD)**

HEIDELINDE GRÜNEIS<sup>1</sup>, JULIA NIEDERMAYR<sup>1</sup>, KARIN SCHROLL<sup>1</sup>, KLAUS WAGNER<sup>1</sup>, SEVERIN HOHENSINNER<sup>2</sup>,  
 MATHEW HERRNEGGER<sup>3</sup>, GABRIEL STECHER<sup>3</sup>, KATHARINA LEBIEDZINSKI<sup>3</sup>, WALTER SEHER<sup>4</sup>, LENA JUNGER<sup>4</sup>,  
 LUKAS LÖSCHNER<sup>4</sup> & RALF NORDBECK<sup>5</sup>

30 Abbildungen, 2 Tabellen

*Politikkoordination  
 Hochwasserrisikomanagement  
 Retention  
 Wasserkraft  
 Landwirtschaft  
 Raumplanung*

### **Inhalt**

Zusammenfassung .....	135
Abstract .....	136
<b>1 Einleitung (W. SEHER) .....</b>	<b>137</b>
1.1 Ausgangslage .....	137
1.2 Forschungsfragen und Projektziele .....	137
1.3 Methodik .....	139
1.4 Advisory Board .....	139
1.5 Aufbau des PoCo-FLOOD Endberichts .....	139
<b>2 Analytischer Rahmen (R. NORDBECK) .....</b>	<b>140</b>
2.1 Sektorübergreifende Zielbeziehungen und die Herausforderung der Politikintegration .....	140
2.2 Charakterisierung der sektoralen Herausforderungen der Politikintegration in der Hochwasserpolitik .....	141
<b>3 Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore (S. HOHENSINNER) .....</b>	<b>143</b>
3.1 Methodik .....	143
3.2 Ergebnisse .....	145
3.2.1 Einzugsgebietsweite Veränderungen der alpinen Landbedeckung .....	145
3.2.2 Veränderung der Landbedeckung in alpinen Fließgewässerkorridoren .....	147
3.2.3 Höhenzonale Verteilung der alpinen Landbedeckung .....	148
3.3 Schlussfolgerungen .....	148
<b>4 Hochwasserretention in alpinen Gebieten (M. HERRNEGGER, G. STECHER) .....</b>	<b>150</b>
4.1 Methodik .....	151
4.2 Hochwasserrückhalt von Speicherkraftwerken .....	154
4.3 Veränderungen des natürlichen Wasserrückhaltepotentials .....	156
4.4 Sektorale Koordinationsprozesse in der Wasserkraft .....	156
4.5 Fallstudie: Wehribetriebsordnungen als Instrument der sektoralen Politikkoordination .....	159
4.6 Schlussfolgerungen .....	160

<sup>1</sup> HEIDELINDE GRÜNEIS, JULIA NIEDERMAYR (Mitarbeit bis 09/2020), KARIN SCHROLL, KLAUS WAGNER: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Dietrichgasse 27, 1030 Wien, Österreich. heidelinde.grueneis@bab.gv.at, karin.schroll@bab.gv.at, klaus.wagner@bab.gv.at  
<sup>2</sup> SEVERIN HOHENSINNER: Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich. severin.hohensinner@boku.ac.at  
<sup>3</sup> MATHEW HERRNEGGER, GABRIEL STECHER, KATHARINA LEBIEDZINSKI (Mitarbeit bis 01/2021): Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien, Österreich. mathew.herrnegger@boku.ac.at, gabriel.stecher@students.boku.ac.at  
<sup>4</sup> WALTER SEHER, LENA JUNGER, LUKAS LÖSCHNER (Mitarbeit bis 10/2019): Universität für Bodenkultur Wien, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich. walter.seher@boku.ac.at, lena.junger@boku.ac.at  
<sup>5</sup> RALF NORDBECK: Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik, Feistmantelstraße 4, 1180 Wien, Österreich. ralf.nordbeck@boku.ac.at

5	Landwirtschaft und Hochwasserrückhalt (H. GRÜNEIS, K. SCHROLL, K. WAGNER) . . . . .	161
5.1	Methodik . . . . .	161
5.2	Landwirtschaftliche Nutzung in Hochwasserrisikogebieten . . . . .	162
5.2.1	Flächendimensionen . . . . .	162
5.2.2	Ökonomische Dimension. . . . .	162
5.3	Prozesse und Herausforderungen für landwirtschaftliche Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisikomanagement . . . . .	163
5.3.1	Politikfelder mit Einfluss auf das Hochwasserrisikomanagement. . . . .	163
5.3.2	Prozesse und deren Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisikomanagement . . . . .	165
5.3.3	Entschädigungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer. . . . .	166
5.3.4	Barrieren in Prozessen des Hochwasserrisikomanagements aus Sicht landwirtschaftlicher Akteurinnen und Akteure . . . . .	166
5.4	Die Entschädigungsrichtlinie des Bundeslandes Salzburg als Koordinationsinstrument – das Fallbeispiel Gainfeldbach in der Stadtgemeinde Bischofshofen . . . . .	168
5.5	Schlussfolgerungen . . . . .	169
6	Hochwasserschutz und Raumplanung mit Schwerpunkt auf Restrisikobereichen (L. JUNGER, W. SEHER) . . . . .	170
6.1	Methodik . . . . .	171
6.2	Hochwassereexposition von Siedlungsgebieten im historischen Vergleich . . . . .	172
6.3	Der Umgang mit Restrisiken als Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung . . . . .	173
6.3.1	Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung als Akteurinnen und Akteure . . . . .	173
6.3.2	Problemwahrnehmung und Politikziele . . . . .	174
6.3.3	Instrumente und Optionen . . . . .	175
6.4	Fallstudien . . . . .	177
6.4.1	Revision von Gefahrenzonenplänen und örtliche Raumplanung . . . . .	177
6.4.2	Verankerung von Restrisiko in Raumplanung, Baurecht und Katastrophenschutz . . . . .	177
6.5	Schlussfolgerungen . . . . .	178
7	Stakeholder-Workshop (PROJEKTTEAM) . . . . .	179
7.1	Planung des Stakeholder-Workshops. . . . .	179
7.2	Programm des Stakeholder-Workshops . . . . .	180
7.3	Ergebnisse des Stakeholder-Workshops . . . . .	181
8	Vergleichende Synthese (PROJEKTTEAM) . . . . .	182
8.1	Problemdruck und Problemstruktur . . . . .	182
8.2	Prozess der Politikkoordination. . . . .	183
8.3	Performance der Politikkoordination. . . . .	185
9	Dissemination (PROJEKTTEAM) . . . . .	186
9.1	Wissenschaftliche Publikationen . . . . .	186
9.2	Factsheet . . . . .	187
9.3	Präsentationen . . . . .	187
10	Quellenverzeichnis . . . . .	187
10.1	Literatur . . . . .	187
10.2	Gesetze . . . . .	191
10.3	Interviews . . . . .	191

## Zusammenfassung

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte führten zu einem Paradigmenwechsel in der Hochwasserpolitik, vom Hochwasserschutz zum integralen Hochwasserrisikomanagement. Das Hochwasserrisikomanagement ist eine sektorenübergreifende Aufgabe, die durch eine Pluralisierung von Akteurinnen und Akteuren sowie deren Interessen gekennzeichnet ist und demgemäß einen steigenden Bedarf an Politikkoordination an der Schnittstelle von Land und Wasser nach sich zieht. Im Projekt PoCo-FLOOD untersuchten wir die Herausforderungen und Hemmnisse sektoraler Politikkoordination, die aus dem Wandel vom Hochwasserschutz zum Hochwasserrisikomanagement resultieren. Der Schwerpunkt lag dabei auf den jeweiligen Interaktionen der Politikbereiche Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung mit dem Hochwasserrisikomanagement. Anhand dieser drei Interaktionsfelder sowie auf Basis einer Analyse der Landnutzungsänderungen in drei österreichischen Einzugsgebieten untersuchten wir die wechselseitigen Abhängigkeiten und Konflikte sowie die entsprechenden Möglichkeiten der Politikkoordination zur Vermeidung bzw. zur Reduktion von Hochwasserrisiken. Die Forschung in PoCo-FLOOD zielte darauf ab, (i) die sektoralen Zusammenhänge im integralen Hochwasserrisikomanagement besser zu verstehen, (ii) das Wissen zu Möglichkeiten und Grenzen der Politikkoordination sowie zu den entsprechenden Interessenkonflikten zu erweitern und schließlich (iii) Optionen für eine koordinierte Hochwasserpolitik in den drei Interaktionsfeldern zu entwickeln.

Die Forschungsaktivitäten in PoCo-FLOOD stützten sich auf folgende methodische Ansätze: Literatur- und Dokumentenanalyse, GIS-basierte Analysetechniken zur Untersuchung von Landnutzungsänderungen und der Exposition von Siedlungsgebieten (aktuell sowie im historischen Vergleich) und Landwirtschaftsflächen, hydrologische Modellierung zur Analyse des Einflusses von Talsperren und Landnutzungsänderungen auf den Hochwasserabfluss, Interviews mit Expertinnen und Experten zur Ausprägung der Politikkoordination in den drei Interaktionsfeldern sowie ein Stakeholder-Workshop als transdisziplinärer Ansatz zur Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der Politikkoordination. In PoCo-FLOOD verstehen wir Politikkoordination als einen von Akteurinnen und Akteuren beeinflussten Prozess über drei Dimensionen: (i) Problemstruktur und Problemdruck, (ii) Prozess der Politikkoordination und (iii) Performance der Politikkoordination. Die sektoralen Zielbeziehungen und die daraus resultierenden Herausforderungen betrachten wir als Rahmen, um die Problemwahrnehmung, das Handeln der sektoralen Akteurinnen und Akteure und die verfügbaren Politikinstrumente und Optionen in den drei Interaktionsfeldern analysieren zu können.

**Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore:** Neben dem Klima und den wasserbaulichen Maßnahmen hängt das Hochwasserrisiko in alpinen Gebieten auch von der Art der Landbedeckung in den verschiedenen Flusseinzugsgebieten ab. Um diese Veränderung zu untersuchen, wurde die historische Landbedeckung der österreichischen Einzugsgebiete des Rheins, der Salzach und der Drau zwischen 1826 und 1859 basierend auf dem Franziszeischen Kataster (Urmappe) rekonstruiert und mit der aktuellen Situation verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass im Jahr 2016 die Siedlungsflächen sechsmal größer waren als vor 170 Jahren. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen gingen um rund 27 % zurück, die Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen in ungünstigen Lagen spiegelt sich in einer Zunahme der Wälder von 37 auf 45 % im gesamten Untersuchungsgebiet wider. Die Gletscher verloren etwa 73 % ihrer früheren Ausdehnung. Die alpinen Flusskorridore, also die bei etwa 300-jährlichen Hochwasserereignissen gefährdeten Gebiete, waren von der Konzentration der menschlichen Landnutzung am stärksten betroffen. Hier vergrößerten sich die Siedlungsflächen um das 7,5-fache, wodurch sich das Potential für Hochwasserschäden stark erhöhte. Im Gegensatz dazu verringerten sich die Fließgewässerflächen um 40 %, und 95 % der ehemals großen Feuchtgebiete verschwanden. Rund 203 km<sup>2</sup> (14 %) der einstigen Flusskorridore gingen verloren, wodurch sich die Hochwasserrückhaltekapazität verringerte. Rückhalteflächen, die bei einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet wurden, weisen deutlich größere Flächenverluste auf. Insbesondere intensive menschliche Landnutzungen wie Siedlungsgebiete und Ackerland konzentrieren sich heute in tieferen Lagen als im 19. Jahrhundert.

**Hochwasserretention in alpinen Gebieten:** Selbst, wenn die Hochwassergefahr in alpinen Gebieten durch die natürlichen Gegebenheiten wie Vegetation, Topografie und hydroklimatische Verhältnisse dominiert wird, wurden durch den Bau von künstlichen Speicherseen für die Wasserkraft neue Möglichkeiten zum Hochwasserrückhalt geschaffen. Daher wurde der Hochwasserrückhalt aller wesentlichen Speicherkraftwerke in Österreich untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Speicherkraftwerke, obwohl primär zur Stromerzeugung errichtet und genehmigt, einen deutlichen Beitrag zur Reduktion der Hochwassergefahr flussab der Speicherseen leisten und zu einer Verringerung der jährlichen Abflussspitzen führen. Die Reduktion reicht von ca. 96 % bis 48 % an den betroffenen Pegeln in unmittelbarer Nähe der Stauseen bis zu 14,6 % bis 0,1 % an den weiter flussabwärts gelegenen Pegeln. Die Verringerung des Spitzenabflusses nimmt mit zunehmender Größe des Einzugsgebietes und der Entfernung vom Speichersee ab. Hochwasserabflüsse können auch durch eine nachhaltige Landnutzung und durch Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft verringert werden. Um zu bestimmen, wie sich Landnutzungsänderungen auf das Wasserrückhaltepotential der Landschaft auswirken, wurde der Wasserretentionsindex (WRI) auf Basis der historischen und aktuellen Landnutzung berechnet. Der Vergleich zeigt, dass das Wasserrückhaltepotential vor allem in alpinen Tälern und tiefen Lagen stark zurückgegangen ist. Dies liegt überwiegend an der Entwicklung von Siedlungsflächen und der damit einhergehenden Trockenlegung von Feuchtgebieten. Eine Erhöhung des Wasserrückhaltepotentials durch die Zunahme von Waldflächen ist vorrangig in höheren Lagen festzustellen. Das wichtigste Instrument der Politikkoordination zwischen den Kraftwerksbetreibern und dem Hochwasserrisikomanagement ist das österreichische Wasserrechtsgesetz. Im Zuge der wasserrechtlichen Bewilligung wird für Wasserkraftwerke eine Wehrbetriebsordnung festgelegt, die das Kerninstrument der Politikintegration zwischen Wasserkraft und Schutzwasserwirtschaft darstellt. Als Folge der Abstimmungen und der Zusammenarbeit zwischen Kraftwerksbetreibern und den Behörden der Schutzwasserwirtschaft besteht in Österreich ein historisch gewachsenes enges Verhältnis zwischen diesen Akteurinnen und Akteuren. Dadurch ergeben sich in diesem Interaktionsfeld starke Synergien, wobei es aber auch zu nachteiligen Auswirkungen auf Dritte kommen kann.

**Landwirtschaft und Hochwasserrückhalt:** Eine Analyse landwirtschaftlicher Nutzungen in Hochwasserrisikogebieten ergibt, dass in Österreich rund 246.000 ha Agrarflächen (7,7 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche) innerhalb dieser Risikogebiete liegen. Die Überlagerung der Hochwasserrisikogebiete mit besonders für die regionale Ernährungssicherung bedeutsamen Flächen zeigt, dass davon etwa 12 % im Hochwasserrisikogebiet liegen, allerdings mit großen regionalen Unterschieden. Besonders in Berggebieten ist die Betroffenheit der Landwirtschaft durch Hochwasserereignisse überdurchschnittlich hoch, da sich hochwertige und auch ökonomisch wichtige Landwirtschaftsflächen hier vorwiegend in Tallagen befinden. Als Rahmenbedingungen sind für den Bereich Hochwasserrisikomanagement und Landwirtschaft insbesondere das Landwirtschaftsgesetz und die Maßnahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik relevant, welche Bewirtschaftungsmaßnahmen fördern, die zur Verringerung des Hochwasserrisikos beitragen können. Im Rahmen von Hochwasserschutzprojekten wird die Abgeltung nachteiliger Auswirkungen mit den betroffenen landwirtschaftlichen Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern im Rahmen privatrechtlicher Vereinbarungen geregelt. Das gesellschaftliche Interesse am Erhalt wertvoller landwirtschaftlicher Flächen wird dadurch aber nicht erfasst. Die Konfliktpunkte zwischen den Sektoren Hochwasserschutz und Landwirtschaft resultieren aus unterschiedlichen Interessen, mangelnder Kommunikation und Koordination, aus Flächenverlusten für die Landwirtschaft infolge von Hochwasserschutzmaßnahmen, fehlender Transparenz bei Entschädigungen sowie aus dem fehlenden Ausgleich zwischen Ober- und Unterliegern. Die wichtigsten Empfehlungen sind daher, das Bewusstsein um die Bedeutung der landwirtschaftlich genutzten Flächen für die einzelnen Betriebe und die Ernährungssicherung im Rahmen der Instrumente der Wasserwirtschaft und der Raumplanung zu stärken, die Kommunikation und Koordination in Planungsprozessen des Hochwasserrisikomanagements zu verbessern, einen fairen Ausgleich zwischen Ober- und Unterliegern zu ermöglichen und attraktive Konditionen für die landwirtschaftlichen Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer zu schaffen, die eine nachhaltige Bewirtschaftung ihrer Flächen ermöglichen.

**Hochwasserschutz und Raumplanung mit Schwerpunkt auf Restrisikobereichen:** Der Anteil der Siedlungsflächen in potentiell hochwassergefährdeten Gebieten hat in den letzten 150 Jahren signifikant zugenommen. Diese Entwicklung ist auch auf technische Hochwasserschutzmaßnahmen zurückzuführen, welche die bauliche Nutzung von ehemaligen Überschwemmungsgebieten ermöglicht, dadurch aber auch das Schadenspotential bei extremen Hochwasserereignissen erhöht haben. Dieser

Zusammenhang wird als Dammeffekt beschrieben, der aus einer Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung resultiert. Nach der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen passen die Behörden der Schutzwasserwirtschaft die Hochwassergefahrenzonen, auf denen die Entscheidungen der Raumplanung aufbauen, an die verringerte Hochwassergefährdung an. Die Raumordnungsgesetzgebung in Österreich legt im Hinblick auf Restrisiken aber nur vereinzelt Widmungsrestriktionen fest. Eine flächendeckende Anwendung dieser Widmungsrestriktionen wird als nicht durchsetzbar angesehen und mit dem begrenzten Angebot an siedlungsgeeigneten Flächen in alpinen Regionen begründet. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass der räumliche Kontext für die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten von Bedeutung ist. In Instrumenten der Schutzwasserwirtschaft und der Raumplanung werden zum Umgang mit Restrisiken Maßnahmen mit Empfehlungscharakter formuliert, die auf eine Berücksichtigung von Hochwasserrestrisiken in der Raumplanung und im Baurecht hinauslaufen. Hier ist die inhaltliche Koordination der Politikfelder Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung weit fortgeschritten. Als geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Hochwasserrestrisiken abseits von Widmungsrestriktionen gelten Bewusstseinsbildung, die bauliche Anpassung an Hochwasserereignisse und der Katastrophenschutz. Besonders die bauliche Anpassung an Hochwasserereignisse erfordert eine Intensivierung der Koordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Dies unterstreichen Interviewergebnisse, wonach der Umgang mit Restrisiken in der örtlichen Raumplanung ein Thema mit untergeordneter Bedeutung ist. Aufbauen kann eine intensivere Koordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung im Umgang mit Restrisiken auf die engen operativen Kontakte zwischen den Akteurinnen und Akteuren aus diesen beiden Politikbereichen.

## **Integrated Flood Risk Management in Mountain Areas: Assessing Sectoral Interdependencies, Conflicts and Options for Policy Coordination (PoCo-FLOOD)**

### **Abstract**

Major flood events in the last decades led to a paradigm shift in flood policy, from flood defence to integrated flood risk management. Flood risk management is a multi-sectoral effort, characterised by a pluralisation of actors and interests, consequently entailing an increasing need for policy coordination at the interface of land and water. In the research project PoCo-FLOOD, we analysed the challenges and obstacles of policy coordination resulting from the transformation from flood defence to flood risk management. We were focussing on the respective interactions of three policy fields – hydropower, agriculture and spatial planning – with flood risk management. Based on these fields of interaction and on an historical analysis of land use changes in three Austrian catchments, we investigated the mutual dependencies and conflicts as well as the corresponding possibilities for policy coordination in order to avoid or reduce flood risks. The aim of research in PoCo-FLOOD was (i) to better understand the sectoral interdependencies in integrated flood risk management, (ii) to increase the knowledge on possibilities and limits of policy coordination as well as on the corresponding conflicts of interest, and finally (iii) to develop options for a coordinated flood policy in the three fields of interaction.

Research activities in PoCo-FLOOD were based on the following methodological approaches: Literature and document analysis, GIS-based analysis techniques to study land use change and the exposure of settlement areas (current as well as in historical comparison) and agricultural land, hydrological modelling to analyse the influence of hydropower dams and land use change on flood runoff, interviews with experts on the characteristics of policy coordination in the three fields of interaction, and a stakeholder workshop as a transdisciplinary approach to reflect on the possibilities and limitations of policy coordination. In PoCo-FLOOD, we understand policy coordination as a process influenced by stakeholders across three dimensions: (i) problem structure and problem pressure, (ii) process of policy coordination, and (iii) performance of policy coordination. We consider the sectoral goal relationships and the resulting challenges as a framework to analyse problem perception, the actions of sectoral actors, and the available policy instruments and options in the three fields of interaction.

**Historical Land Use and Fluvial Corridors:** Beside climate and structural flood defence measures, flood risk in alpine areas also depends on the type of land cover in the respective river catchment. To analyse this change, the historical land cover in the Austrian catchments of the rivers Rhine, Salzach and Drava between 1826 and 1859 was reconstructed based on the maps of the “Franziscan Cadastre” and compared to the current land cover situation. The results show that in 2016 the settlement areas were six times larger than 170 years ago. Agricultural land decreased by about 27 %. The abandonment of agricultural land in unfavourable locations is reflected by an increase in forests from 37 to 45 % throughout the study area. Glaciers lost about 73 % of their former extent. The fluvial corridors in alpine areas, i.e., the hazard areas of an approximately 300-year flood event, were most affected by the concentration of human land use. Here, residential areas increased by the factor 7.5, significantly rising the potential for flood damage. In contrast, the area of running waters decreased by 40 %, and 95 % of formerly large wetlands disappeared. Approximately 203 km<sup>2</sup> (14 %) of former fluvial corridors were lost, reducing flood retention capacity. Flood retention areas that were inundated by a 100-year flood show a significantly higher reduction in area. In particular, intensive anthropogenic land uses such as residential areas and farmland are now concentrated at lower elevations than it was the case in the 19<sup>th</sup> century.

**Flood Retention in Alpine Areas:** Even though flood risk in alpine areas is strongly influenced by natural conditions such as vegetation, topography and the hydroclimatic situation, the construction of artificial reservoirs for hydropower has created new possibilities for flood storage. Therefore, the flood retention capacity of all major storage hydropower plants in Austria was analysed. The results show that storage hydropower plants, although primarily built and licensed for electricity generation, make a significant contribution to flood hazard reduction downstream of the reservoirs and lead to a decrease in annual peak discharges. The reduction ranges from over 96 % to 48 % at affected gauges directly downstream of reservoirs, and from 14.6 % to 0.1 % at gauges further downstream at receiving rivers. The reduction in peak discharge decreases with increasing watershed size and distance from the reservoir. Flood runoff can also be reduced by sustainable land use and by measures to improve natural water retention. To determine how land use changes affect the natural water retention potential, the Water Retention Index (WRI) was calculated based on historical and current land use data. The comparison shows that the water retention potential has decreased significantly, especially in alpine valleys and low elevation areas. This is predominantly due to the development of settlement areas and the associated drainage of wetlands. An increase in water retention potential due to the extension of forests can be observed primarily in higher elevated areas. The main instrument of policy coordination between hydropower plant operators and flood risk management stakeholders is the Austrian Water Act. In the course of licensing according to this act, weir operation regulations are established for hydropower plants, representing the core instrument of policy coordination between the fields of hydropower and flood risk management. As a result of the coordination and cooperation between hydropower plant operators and flood risk management authorities, there is a longstanding and close relationship between these stakeholders in Austria. This results in strong synergies in this field of interaction, however, there may also be adverse effects on third parties.

**Flood Storage on Agricultural Land:** An analysis of agricultural land uses in flood hazard areas shows that in Austria about 246,000 ha of agricultural land (7.7 % of total agricultural land) are located within these hazard areas. Overlaying the flood hazard areas with areas of particular importance for regional food security shows that about 12 % of these areas are located within flood hazard zones, however with substantial regional differences. Particularly in mountain areas, agriculture is affected by flood events to an above-average extent, since high quality and thus economically important agricultural land is predominantly located in valley areas. As framework conditions for the policy fields of flood risk management and agriculture, the Agriculture Act and Common Agricultural Policy measures are particularly relevant, both promoting management measures that are able to contribute to the reduction of flood risks. In the context of structural flood defence projects, compensation for adverse effects is regulated within the framework of agreements under private law involving affected agricultural landowners and flood risk management stakeholders. However, these agreements do not cover the social interest in preserving valuable agricultural land. Conflicts between the flood risk management and the agricultural sector result from different interests, lack of communication and coordination, loss of agricultural land as a result of flood defence measures implemented, lack of transparency

in compensation, and lack of balance between upstream and downstream riparians. The most important recommendations are therefore to raise awareness of the importance of agricultural land for individual farms and food security within the framework of water management and spatial planning instruments, to improve communication and coordination in flood risk management planning processes, to enable fair compensation between upstream and downstream riparians, and to create attractive conditions for agricultural landowners that enable sustainable management of their land.

**Flood Protection and Spatial Planning with a Focus on Residual Risks:** In Austria, the share of settlement areas in potentially flood-prone areas increased significantly over the past 150 years. Largely this expansion is caused by structural flood defence measures, which enabled development in former floodplains, but thereby also increased potential damages in the case of extreme flood events. This relationship is described as “levee effect”, resulting from an interaction of flood risk management and spatial planning. After completing structural flood defence, flood risk management authorities usually adjust flood hazard maps according to the reduced flood hazard. Decisions of spatial planning are based on flood hazard information provided by hazard maps. However, with regard to residual flood risks, spatial planning laws in Austria provide zoning restrictions for building land only in exceptional cases. A nationwide application of zoning restrictions is considered unenforceable which for alpine regions is argued with the limited amount of land suitable for housing. These results clearly illustrate the importance of the spatial context for zoning decisions in residual risk areas. Flood risk management and spatial planning instruments provide recommendatory measures for dealing with residual flood risks, aiming at a consideration of residual flood risks in spatial planning and building approval procedures. Regarding this, the coordination of the policy fields of flood risk management and spatial planning is well advanced. Apart from zoning restrictions, awareness raising, flood proofing of buildings and flood emergency measures are considered suitable for preventing and reducing residual flood risks. In particular, flood proofing of buildings requires intensified coordination between flood risk management and spatial planning stakeholders. This is underlined by expert interview results, according to which dealing with residual risks is a topic of minor importance in local land use planning. Intensified coordination between flood risk management and spatial planning in dealing with residual risks can build on close operational contacts between the stakeholders from these two policy fields.

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Hochwasserereignisse zählen weltweit zu den häufigsten Naturgefahren und führen regelmäßig zu erheblichen Schäden (CRED/UNISDR, 2015). Aufgrund seiner topografischen und klimatischen Bedingungen ist der alpine Raum in besonderem Ausmaß gegenüber Flusshochwasser und Überschwemmungen von Wildbächen exponiert (BMLFUW, 2009). Der Einfluss des Klimawandels auf den Wasserkreislauf in Form von steigenden Temperaturen und des Anstiegs der Schneefallgrenze wird die Häufigkeit und Intensität von Hochwasserereignissen in den Alpen voraussichtlich weiter erhöhen (APCC, 2014). Der begrenzte Dauersiedlungsraum in alpinen Regionen hat zudem eine Konzentration von vulnerablen Landnutzungen (insbesondere Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen) in den hochwassergefährdeten Bereichen, das sind die Talräume sowie die Schwemmkegel der Wildbäche, zur Folge. Die hohe Dichte an APSFR-Flächen (Flächen mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko, die in Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie ausgewiesen werden) im österreichischen Alpenraum verdeutlicht das ausgeprägte Hochwasserrisiko (BMLRT, 2021).

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte, in Österreich insbesondere in den Jahren 2002, 2005 und 2013, haben zu einem Paradigmenwechsel in der Hochwasserpoltik vom Hochwasserschutz zum integrierten Hochwasserrisikomanagement geführt (SAMUELS et al., 2006; LÖSCHNER, 2018). Der traditionelle Ansatz des Hochwasserschutzes war geprägt von der Überzeugung, Flüsse durch technische Maßnahmen, wie Begradigungen, Eintiefungen oder Hochwasserschutzdämme, zu kontrollieren. Für den Hochwasserschutz in diesem Verständnis war der Wasserbau verantwortlich, der insbesondere die Aufgabe hatte, das Wasser von Siedlungsgebieten, Infrastrukturanlagen und wertvollen Landwirtschaftsflächen fernzuhalten. Der Ansatz des integrierten Hochwasserrisikomanagements, der wesentlich durch die Umsetzung der Hochwasserrichtlinie der Europäischen Union (EU-HWRL 2007) befördert wurde, ist durch ein Bündel von strukturellen und

nicht-strukturellen Maßnahmen charakterisiert, das auf die Vermeidung neuer und die Reduktion bestehender Hochwasserrisiken bei bestmöglicher Beherrschung von Restrisiken abzielt (MERZ, 2006). Mit diesem Ansatz verlagert sich der Schwerpunkt des Umgangs mit Hochwasser auf den flächigen Hochwasserrückhalt sowie auf eine hochwasserangepasste Landnutzung. Das Hochwasserrisikomanagement wird damit zu einer sektorenübergreifenden Aufgabe, die durch eine Pluralisierung von Akteurinnen und Akteuren sowie deren Interessen gekennzeichnet ist (NORDBECK, 2014; THALER, 2015; LÖSCHNER, 2018) und demgemäß einen steigenden Bedarf an Politikkoordination an der Schnittstelle von Land und Wasser nach sich zieht.

### 1.2 Forschungsfragen und Projektziele

Im Projekt PoCo-FLOOD untersuchten wir die Herausforderungen und Hemmnisse sektoraler Politikkoordination, die aus dem paradigmatischen Wandel in der Hochwasserpoltik vom Hochwasserschutz zum integrierten Hochwasserrisikomanagement resultieren. PoCo-FLOOD legte dabei den Schwerpunkt auf die jeweiligen Interaktionen der Politikbereiche Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung mit dem Hochwasserrisikomanagement. Alle drei Sektoren sind für das Hochwasserrisikomanagement in alpinen Räumen von erheblicher Bedeutung.

**Wasserkraft:** Die Hochwassergefährdung im alpinen Raum wird sowohl durch die natürlichen als auch die anthropogenen Möglichkeiten des Hochwasserrückhalts im Oberlauf beeinflusst. Die natürlichen Möglichkeiten des Hochwasserrückhalts kommen im Wasserretentionsindex (WRI) zum Ausdruck, der das potentielle Wasserretentionsvermögen einer Landschaft darstellt. Im Hinblick auf die anthropogenen Möglichkeiten des Hochwasserrückhalts wurden mit dem Bau von Wasserkraftwerken große Stauseen geschaffen, die ein bedeutendes Potential zur Reduktion von Abflussspitzen bei Hochwasserereignissen bieten. Die Nutzung der Wasserkraft ist für die österreichische Energiewirtschaft traditionell von großer Bedeutung,

was den Anlagenbetreibern eine einflussreiche Position verleiht. In Österreich sind derzeit etwa 70 Speicherkraftwerke in Betrieb, die potentiell einen hohen Prozentsatz der Abflussmenge eines Jahres speichern können (WESE-MANN et al., 2018). Im Falle eines extremen Hochwassers kann die Öffnung von Stau Mauern aber auch die Überschwemmungen flussabwärts verschärfen.

**Landwirtschaft:** Für den Hochwasserabfluss und den Hochwasserrückhalt sollten bevorzugt Flächen mit geringem Schadenspotential herangezogen werden. Als Folge der gestiegenen Bedeutung des flächigen Hochwasserrückhalts wird insbesondere von der Landwirtschaft erwartet, die dafür benötigten Flächen zur Verfügung zu stellen. Hochwasserereignisse haben jedoch nachteilige Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion, wie Ernteausfälle, Bodenerosion und Bodenkontamination (KLAGHOFER, 2003; NEUWIRTH & WAGNER, 2010). Maßnahmen zur Mobilisierung landwirtschaftlicher Flächen für Hochwasserabfluss und Hochwasserrückhalt sind zudem mit Eingriffen in bestehende Eigentumsrechte verbunden. Die Erwartungen an die Landwirtschaft stellen auch deshalb eine Herausforderung für die Hochwasserpolitik dar, da landwirtschaftlich genutzte Flächen bis in die 1960er Jahre durch Gewässerregulierungen und Hochwasserschutzanlagen vor Hochwasserereignissen mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit geschützt und durch begleitende Meliorationsmaßnahmen günstige Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion geschaffen wurden (WAGNER et al., 2009).

**Raumplanung:** Die Errichtung von technischen Hochwasserschutzanlagen wie Dämme und Retentionsbecken ermöglicht auch die Nutzung ehemals hochwassergefährdeter Flächen für Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete. Dieser sogenannte ‚Dämmeffekt‘ hat steigende Schadenspotentiale in Bereichen zur Folge, für die aufgrund der begrenzten Schutzwirkung der Anlagen ein Hochwasserrestisiko verbleibt (CUTTER et al., 2018; DI BALDASSARRE et al., 2013). Aufgrund der räumlich begrenzten Entwicklungsmöglichkeiten in den alpinen Talräumen Österreichs können diese Restrisikobereiche in den meisten Bundesländern ohne Restriktionen als Siedlungsgebiete genutzt werden. Vor dem Hintergrund eines möglichen klimawandelbedingten Anstiegs von Hochwasserwahrscheinlichkeit und Hochwasserintensität und dem damit im Zusammenhang stehenden Versagen von Schutzbauten (LÖSCHNER et al., 2017) stellt der Umgang mit Restrisiken in der Raumplanung eine Herausforderung für das Hochwasserrisikomanagement dar. Die Diskussion um die Berücksichtigung von Hochwasserextremereignissen in der Raumplanung steht im Gegensatz zu historischen Landnutzungsstrategien, in denen der technische Hochwasserschutz die Grundlage für die Entwicklung ehemals hochwassergefährdeter Siedlungsgebiete lieferte (EBERSTALLER et al., 2004).

Die Nutzung potentiell hochwassergefährdeter Gebiete und der Umgang mit Hochwasserrisiken im alpinen Raum haben sich im Lauf der Zeit signifikant verändert. In PoCo-FLOOD wurden daher die historische Landnutzung und die Flussmorphologie in den von Hochwasser beeinflussten Bereichen der österreichischen Einzugsgebiete des Rheins, der Salzach und der Drau anhand von Landbedeckungsdaten rekonstruiert und der aktuellen Landbedeckung in diesen Gebieten gegenübergestellt. Die Ergebnisse dieser vergleichenden Analyse flossen in die drei

Interaktionsfelder ein, um dort ein besseres Verständnis der Problemstruktur und des Problemdrucks in einem historischen Kontext zu gewährleisten.

Anhand der drei Interaktionsfelder Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung sowie auf Basis der historischen Analyse untersuchten wir in diesem Projekt die wechselseitigen Abhängigkeiten und Konflikte sowie die entsprechenden Möglichkeiten der Politikkoordination zur Vermeidung bzw. Reduktion von Hochwasserrisiken. Erkenntnisleitend war die folgende übergeordnete Forschungsfrage:

- Wie verändert der Wandel hin zu einem integrierten Hochwasserrisikomanagement in Berggebieten die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Politikbereichen und inwieweit führt dieser Wandel zu einem wachsenden Bedarf an Koordination zwischen diesen Politikbereichen und den zuständigen Verwaltungsebenen?

Die nachstehenden vier Forschungsfragen detaillieren die übergeordnete Forschungsfrage für die drei Interaktionsfelder:

- Wie hat sich die Notwendigkeit einer koordinierten Politik in den drei Interaktionsfeldern in einer historischen Perspektive entwickelt?
- Worin bestehen die empirischen Evidenzen für die Politikkoordination in den drei Interaktionsfeldern?
- Welche Auswirkungen der Politikkoordination lassen sich in den drei Interaktionsfeldern festmachen?
- Warum gibt es Unterschiede in der Politikkoordination und im sektoralen Zusammenspiel in den drei Interaktionsfeldern?

Der Aufbau der Projektteile basiert auf dem Verständnis von Politikkoordination als ein wesentlich von Akteurinnen und Akteuren beeinflusster Prozess über drei Dimensionen (CANDEL & BIESBROEK, 2016):

- Problemstruktur und Problemdruck als Motive für die Politikkoordination,
- Prozess der Politikkoordination zum besseren Verständnis des Koordinationsprozesses im Hochwasserrisikomanagement sowie
- Performance der Politikkoordination zur Bewertung der Effektivität im Hinblick auf eine Vermeidung bzw. Verringerung von Hochwasserrisiken.

Beiträge zur Problemstruktur und zum Problemdruck liefern die historische Analyse und die drei Interaktionsfelder, der Prozess der Politikkoordination sowie die Performance der Politikkoordination werden nur für die Interaktionsfelder analysiert. Die Entwicklung eines operationalisierbaren analytischen Rahmens zur Analyse des Prozesses der Politikkoordination war als eigener Projektschritt vorgesehen. Die diesbezüglichen Resultate werden daher im Ergebnisteil dargestellt (Kap. 2).

Als Ergebnis der Analyse der Politikkoordination in den drei Interaktionsfeldern sollen im Projekt PoCo-FLOOD die folgenden Forschungsziele erreicht werden:

- ein besseres Verständnis der sektoralen Zusammenhänge im integrierten Hochwasserrisikomanagement,

- erweitertes Wissen zu Möglichkeiten und Grenzen der Politikkoordination sowie zu den Interessenkonflikten, die einer kohärenteren Hochwasserpolitik entgegenstehen, und
- Optionen für eine sektoral koordinierte Hochwasserpolitik in den drei Interaktionsfeldern.
- transdisziplinäre Forschungsschritte im Projekt zu unterstützen.

Ein Workshop mit dem Advisory Board fand am 17. Juni 2021 statt. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt geltenden COVID-19-Bestimmungen musste der Workshop als Online-Veranstaltung abgehalten werden. Neben dem gesamten Projektteam nahmen zehn Mitglieder des Advisory Boards teil. Sämtliche Themenfelder des Projekts waren durch Teilnehmende aus dem Advisory Board vertreten. Im ersten Teil des Workshops wurden die Zwischenergebnisse aus dem historischen Teil und den drei Interaktionsfeldern präsentiert und von den Mitgliedern des Advisory Boards kritisch reflektiert. Der zweite Teil widmete sich der Planung der Stakeholder-Workshops, insbesondere, was die Zielsetzung, die Themen, die Organisation und den Nutzen für die Teilnehmenden betrifft. Die themenspezifischen Ergebnisse des Advisory Board-Workshops wurden in den jeweiligen Ergebnisberichten (Kap. 4–6) berücksichtigt, die Rückmeldungen zum Stakeholder-Workshop und die daraus resultierenden Projektmodifikationen werden in Kapitel 7 dargestellt.

### 1.3 Methodik

Die in diesem Projekt angewendeten Methoden werden an dieser Stelle nur überblickshaft angeführt. Eine genauere Darstellung der jeweiligen Methoden erfolgt aufgrund des besseren Verständnisses des Zusammenhanges von Methoden und Ergebnissen getrennt nach den thematischen Blöcken dieses Endberichts (Analytischer Rahmen, Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore, Interaktionsfelder und Synthese).

Die Forschungsaktivitäten in PoCo-FLOOD stützten sich auf folgende methodische Ansätze: Literatur- und Dokumentenanalyse, GIS-basierte Analysetechniken zur Untersuchung von Landnutzungsänderungen und der Exposition von Siedlungsgebieten (aktuell sowie im historischen Vergleich) und von Landwirtschaftsflächen, hydrologische Modellierung zur Analyse des Einflusses von Talsperren und Landnutzungsänderungen auf den Hochwasserabfluss, Interviews mit Expertinnen und Experten zu den drei Dimensionen der Politikkoordination in den Interaktionsfeldern sowie ein Stakeholder-Workshop als transdisziplinärer Ansatz zur Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der Politikkoordination.

### 1.4 Advisory Board

Für PoCo-FLOOD wurde ein Advisory Board eingerichtet, das zusätzlichen inhaltlichen Input liefern und komplementäre Erfahrungen und Perspektiven, insbesondere aus der Praxis, in die Projektarbeit einbringen soll. Das Advisory Board setzt sich aus 19 Expertinnen und Experten zusammen, von denen acht dem Bereich Hochwasserisikomanagement, vier dem Bereich Wasserkraftnutzung und Hydrologie, vier dem Sektor Landwirtschaft sowie drei dem Bereich Raumplanung zuzurechnen sind. Aufgrund der politischen Relevanz der Forschung umfasst das Advisory Board vor allem fachlich zuständige Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger aus der Praxis des Hochwasserrisikomanagements und der drei sektoralen Politikfelder, die über langjährige Erfahrung in diesen Fachbereichen verfügen. Die Aufgabe des Advisory Boards besteht darin,

- auf Aspekte in der Projektbearbeitung hinzuweisen, die andernfalls übersehen werden könnten,
- die Zwischenergebnisse des Projekts im Rahmen von Diskussionen mit dem Projektteam zu validieren und

### 1.5 Aufbau des PoCo-FLOOD Endberichts

In Kapitel 2 wird mit den sektorübergreifenden Zielbeziehungen und den sektoralen Herausforderungen der Koordination in den drei Interaktionsfeldern der Analytische Rahmen dieses Forschungsprojekts vorgestellt. Kapitel 3 stellt die Ergebnisse der Analyse der historischen und der aktuellen Landbedeckung und der Veränderung der Flussmorphologie in drei alpinen Einzugsgebieten in Österreich dar. Kapitel 4 präsentiert mit dem Hochwasserrückhalt durch Speicherkraftwerke, dem natürlichen Wasserrückhaltepotential in alpinen Einzugsgebieten und den Koordinationsprozessen der Wasserkraft mit dem Hochwasserschutz die Ergebnisse des Interaktionsfelds Hochwasserretention in alpinen Gebieten. Kapitel 5 widmet sich dem Interaktionsfeld Landwirtschaft und Hochwasserrückhalt und beinhaltet die Ergebnisse einer Analyse zur aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung in Hochwasserabflussgebieten sowie die Prozesse und Herausforderungen für landwirtschaftliche Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisikomanagement. In Kapitel 6 werden die Resultate einer Untersuchung der Hochwassereexposition von Siedlungsgebieten im historischen Vergleich und der Koordinationsprozess zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung im Umgang mit Restrisiken als Ergebnisse des Interaktionsfeldes Hochwasserschutz und Siedlungsentwicklung dargestellt. Kapitel 7 widmet sich der Konzeption, der Organisation und den Ergebnissen des Stakeholder-Workshops. Kapitel 8 führt in einer abschließenden Synthese die Resultate der historischen Analyse und die Ergebnisse zur Politikkoordination in den drei Interaktionsfeldern zusammen. Kapitel 9 gibt einen Überblick über die Publikationen, die aus PoCo-FLOOD entstanden sind, Kapitel 10 schließt den Projektbericht mit dem Quellenverzeichnis ab.

## 2 Analytischer Rahmen

### 2.1 Sektorübergreifende Zielbeziehungen und die Herausforderung der Politikintegration

In der Literatur über integriertes Hochwasserrisikomanagement findet sich immer wieder eine klare, aber zugleich oft vereinfachende Aussage: je mehr sektorale Integration, desto besser. Diese Position geht davon aus, dass Politikintegration, das heißt die Abstimmung von Akteurinnen und Akteuren, Institutionen und politischen Zielen zwischen mehreren Politikfeldern, zu besseren Ergebnissen bei der sektorübergreifenden Problemlösung führt (BOLOGNESI et al., 2021; TOSUN & LANG, 2017). Die praktischen Erfahrungen mit integrierter Hochwasserpolitik zeichnen jedoch ein eher ambivalentes Bild. Einige Studien schlagen optimistische Töne an und kommen zu dem Schluss, dass es einen spürbaren Trend zu einer verstärkten sektorübergreifenden Zusammenarbeit gibt (AVOYAN & MEIJERINK, 2021; LÖSCHNER & NORDBECK, 2020; METZ et al., 2020). Andere Studien sind eher skeptisch, was die Aussichten einer integrierten Hochwasserpolitik angeht. Sie verweisen auf etablierte Koalitionen von Akteurinnen und Akteuren, ein institutionelles Design, welches auf das traditionelle Paradigma des Hochwasserschutzes ausgerichtet ist, und die „sunk cost“ der in der Vergangenheit getätigten Hochwasserschutzinvestitionen (GRALEPOIS et al., 2016). Andere Autoren heben die traditionelle institutionelle Trennung zwischen Wasserwirtschaft und Raumplanung und das Aufeinandertreffen unterschiedlicher Governance-Modi in diesen politischen Teilsystemen als Hauptfaktoren hervor und begründen damit, warum die Integration der Hochwasserpolitik oft schwer zu erreichen ist (SCHOLTEN et al., 2020).

Die Literatur zur Politikintegration hat mehrere Kategorien von Treibern und Hindernissen für eine erfolgreiche Politikintegration identifiziert, darunter politische, organisatorische und kognitive Faktoren sowie Ressourcen, Zeitplanung und die Merkmale des jeweiligen Integrationsproblems (BIESBROEK et al., 2013, RUNHAAR et al., 2018). Für

unser Forschungsprojekt von zentralem Interesse waren die Merkmale des Integrationsproblems, definiert als die Art und Weise, wie das Integrationsziel formuliert und mit sektoralen Zielen verknüpft ist, einschließlich komplementärer und konfligierender Zeitpläne (RUNHAAR et al., 2018). Dieser Faktor wurde als einer der am häufigsten genannten Treiber der Politikintegration identifiziert. Gleichzeitig gehören Interessenkonflikte – ein mögliches Ergebnis der Integration verschiedener sektoraler Ziele – zu den am häufigsten genannten Barrieren für die Politikintegration (RUNHAAR et al., 2018). In Anbetracht dessen scheint es notwendig, die spezifischen Herausforderungen sektorübergreifender Probleme und ihre potentiellen Auswirkungen auf den Prozess der Politikintegration näher zu beleuchten. Wie mehrere Autoren festgestellt haben, kann die Art des Problems einige Integrationshindernisse hartnäckiger machen, andere Barrieren verstärken und/oder das Entstehen neuer Barrieren auslösen (RUNHAAR et al., 2012; BIESBROEK et al., 2013). Daher ist es sehr wichtig, die sektorspezifische Integrationsherausforderung zu verstehen, da sie von einem sektoralen Kontext zum anderen variiert (CUMISKEY et al., 2019).

Die institutionelle Landschaft des Hochwasserrisikomanagements (HWRM) in den meisten europäischen Ländern, darunter auch Österreich, ist typischerweise eher fragmentiert. Ein breites Spektrum von Akteurinnen und Akteuren ist für verschiedene Aspekte des Hochwasserrisikomanagements verantwortlich. Abbildung 1 veranschaulicht potentielle Bereiche für die Integration der Hochwasserpolitik angesichts unterschiedlicher Hochwasserrisikomanagementstrategien und sektorspezifischer Politikbereiche. Die meisten Politikbereiche können zu mehr als einer HWRM-Strategie beitragen. So kann beispielsweise die Raumplanung dazu beitragen, künftige Risiken zu vermeiden und Restrisiken zu managen, indem sie die Entwicklung von Gebäuden und Infrastrukturen regelt; die Landwirtschaft kann durch die Bereitstellung von Hochwasserrückhalteflächen die Risikominderung und Risikovermeidung unterstützen. Diese sektoralen Überschneidungen oder Kombinationen davon können jedoch zu Problemen bei der politischen Integration führen. In der Pra-



Abb. 1. Strategien des Hochwasserrisikomanagements und sektorale Herausforderungen der Politikintegration (verändert nach NORDBECK et al., 2023: Fig. 1).

xis können bestimmte sektorale Integrationsaufgaben aufgrund der Art des Hochwasserrisikos, der institutionellen Zuständigkeiten oder der Dringlichkeit aufgrund der jüngsten Hochwasserereignisse Vorrang vor anderen haben. In Anbetracht des breiten Spektrums an Herausforderungen der Politikintegration in den verschiedenen Sektoren und den unterschiedlichen Strategien für das Hochwasserrisikomanagement ist es wichtig, die spezifischen Integrationsherausforderungen im jeweiligen sektoralen Kontext zu verstehen. Politikfelder mit einer hohen Kongruenz mit den Hochwasserrisikomanagementstrategien stellen eine geringere Herausforderung für die Politikintegration dar als Politikfelder mit einer nur teilweisen Kongruenz (Abb. 1). Eine detailliertere, sektorbezogene Bewertung ist daher notwendig und hilft, die vorherrschenden Interessen und die Bereitschaft der betroffenen Akteurinnen und Akteure zur Politikintegration im Hochwasserschutz besser zu verstehen sowie potentielle Hindernisse für spezifische Integrationsprobleme genauer zu definieren.

Die Integration der Hochwasserpolitik zielt darauf ab, verschiedene sektorübergreifende Probleme zu lösen – zum Beispiel den Hochwasserrückhalt auf landwirtschaftlichen Flächen, den sozioökonomischen Druck zur Entwicklung von Überschwemmungsgebieten oder die Nutzung der Speicher von Wasserkraftwerken für den Hochwasserrückhalt. Die Merkmale des sektorübergreifenden Problems beeinflussen die Fähigkeit der Regierungen, das Problem überhaupt anzugehen, die Formulierung gemeinsamer politischer Ziele sowie das Spektrum der geeigneten politischen Instrumente. Das zugrundeliegende sektorübergreifende Problem bildet somit den Rahmen für die Herausforderung der sektoralen Integration:

- (i) Es werden die Sektoren und Akteurinnen und Akteure definiert, die von der spezifischen Integrationsherausforderung betroffen sind;
- (ii) auf Basis der bestehenden sektoralen Politikziele schafft das sektorübergreifende Problem entweder eine harmonische oder eine konfliktreiche Ausgangssituation;
- (iii) die Ausgangssituation („Zielbeziehung“) hat einen erheblichen Einfluss auf den sich entfaltenden Prozess der Politikintegration.

Sektorübergreifende Zielbeziehungen können als Interdependenzen definiert werden, die entstehen, wenn Instrumente, die zur Erreichung bestimmter sektoraler Ziele

eingesetzt werden, zu Nebeneffekten führen, welche die Erreichung sektoraler Ziele in anderen Politikbereichen beeinflussen. Im Zusammenhang mit formalen Zielbeziehungen werden drei Varianten unterschieden (Tab. 1).

Die Zielbeziehungen zwischen den Politikbereichen können von Komplementarität über Neutralität bis hin zu Konkurrenz reichen. Die sektoralen Ziele können sich gegenseitig unterstützen, neutral sein oder einander widersprechen. Daraus ergeben sich unterschiedliche institutionelle Rahmenbedingungen, die sich nachteilig auf den Prozess der Politikintegration auswirken können. In einer komplementären Situation werden die sektoralen Interessenvertreterinnen und Interessenvertreter in einer freundlichen Atmosphäre und eher in einem informellen Rahmen mit vielen direkten persönlichen Kontakten, aber ohne einen formellen organisatorischen Rahmen, wie eine interministerielle Kommission oder Arbeitsgruppe, miteinander verhandeln. Die Politikintegration wird durch weiche Instrumente vorangetrieben, um die bereits bestehenden Synergien zwischen den betroffenen Politikbereichen zu unterstützen. Eine neutrale Situation ist auch durch eine freundliche Atmosphäre zwischen den Beteiligten, einen formelleren organisatorischen Rahmen und eine Konzentration auf anreizbasierte Instrumente zur Förderung der Politikintegration gekennzeichnet. Die Konfliktsituation ist für den Prozess der Politikintegration am problematischsten. Die Beteiligten werden sich über widersprüchliche Politikziele streiten und verhandeln müssen. In dieser Situation ist ein formeller Organisationsrahmen zu erwarten. Jeder Fortschritt bei der Politikintegration ist weniger sicher. Mögliche Vereinbarungen werden so festgelegt, dass sie für alle Beteiligten rechtlich bindend sind, so dass in diesem Fall eine Bevorzugung von regulativen Instrumenten zu erwarten ist.

## 2.2 Charakterisierung der sektoralen Herausforderungen der Politikintegration in der Hochwasserpolitik

Das Hauptziel des Hochwasserrisikomanagements ist es, die Risiken für Menschenleben, Siedlungsflächen und Wirtschaftsgüter zu minimieren. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, die Wahrscheinlichkeit und Intensität von Hochwasserereignissen zu verringern oder das Schadenspotential bzw. die Vulnerabilität zu reduzieren. Dies

Zielbeziehung	Definition	Potentielle Auswirkung auf den Prozess der Politikintegration
Zielkomplementarität	Die sektoralen Ziele arbeiten harmonisch miteinander und unterstützen sich gegenseitig. Wenn ein sektorales Ziel erreicht wird, zahlt sich dies für die Erreichung anderer sektorübergreifender Ziele aus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmonische Verhandlungen</li> <li>• Informeller Rahmen</li> <li>• Weiche Instrumente zur Förderung von Synergien</li> </ul>
Zielneutralität	Die sektoralen Ziele beeinflussen sich nicht gegenseitig. Sie verhalten sich neutral und/oder indifferent.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmonische Verhandlungen</li> <li>• Formeller Rahmen</li> <li>• Fokus auf anreizbasierte Instrumente</li> </ul>
Zielkonflikt	Die sektoralen Ziele widersprechen sich. Wenn ein Ziel erreicht wird, behindert dies die Erreichung anderer sektoraler Ziele.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konflikthafte Verhandlungen</li> <li>• Formeller Rahmen</li> <li>• Harte regulative Instrumente</li> </ul>

Quelle: aufbauend auf HUMMEL (2007).

Tab. 1. Sektorübergreifende Zielbeziehungen und Politikintegration.

kann durch strukturelle und nicht-strukturelle Maßnahmen wie Dämme, Rückhaltebecken, Gefahrenkartierung oder schadensarme Hochwasserabflüsse erreicht werden. Das Haupthindernis in dieser sektoralen Perspektive ist die begrenzte Verfügbarkeit von Land für Hochwasserschutzbauten, Hochwasserrückhalt und Hochwasserabfluss. Aus dieser Sicht können andere Politikbereiche bestimmte Aufgaben im Hochwasserrisikomanagement übernehmen, da sie nützliche Dienste leisten können: (i) Verbesserung der Hochwasserrückhaltekapazität im Oberlauf (Wasserkraft), (ii) Gewährleistung des Hochwasserrückhalts auf landwirtschaftlichen Flächen (Landwirtschaft) und (iii) Sicherung von Flächen für Hochwasserrückhalt und Hochwasserabfluss (Raumplanung). Die Perspektive des Hochwasserrisikomanagements kann jedoch im Widerspruch zu den Hauptzielen der drei Politikbereiche stehen, die ihre eigenen Vorstellungen über die Nutzung der begrenzten Land- und Wasserressourcen haben, nämlich für die Erzeugung einer stetigen Energieversorgung, für die landwirtschaftliche Produktion und für die Siedlungsentwicklung. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die sektoralen Ziele des Hochwasserrisikomanagements und jeden dieser drei Politikbereiche.

**Wasserkraft:** Das Hochwasserrisiko in alpinen Gebieten wird durch die natürlichen und vom Menschen geschaffenen Möglichkeiten des Wasserrückhalts in den oberen Einzugsgebieten beeinflusst. Mit dem Bau von Wasserkraftwerken in alpinen Einzugsgebieten, beginnend mit Anfang/Mitte des 20. Jahrhunderts, wurden große künstliche Stauseen geschaffen, die heute ein bedeutendes Potential zur Dämpfung von Abflussspitzen bei extremen Hochwassern bieten. Die Nutzung der Wasserkraft ist für die österreichische Energiewirtschaft traditionell von großer Bedeutung (WAGNER et al., 2015), was den Anlagenbetreibern eine starke und mächtige Position verleiht. Derzeit sind rund 70 Speicherkraftwerke in Betrieb, was die Bedeutung für die Stromerzeugung, aber auch die Relevanz des potentiellen Hochwasserrückhalts durch künstliche Stauseen unterstreicht, da sie potentiell einen hohen Prozentanteil der Abflussmenge eines Jahres speichern können (PIRKER, 2005; WESEMANN et al., 2018). Das Verhältnis zwischen Schutzwasserwirtschaft und Anlagenbetreibern wurde von mehreren Befragten als sehr freundschaftlich beschrie-

ben (Interview 2 (I2), I3, I4). Beide Seiten sehen die sektorale Beziehung als potentiell synergetisch an, das heißt, dass Wasserkraftwerke einen positiven Nettoeffekt auf die Hochwassergefahren haben (I3, I4, I5). „Die Synergien sind aus meiner Sicht klar: *Speicherkraftwerke können zum Hochwasserrückhalt beitragen, ganz klar*“ (I7). Die Herausforderung der politischen Integration wird als sehr überschaubar angesehen: „*Grundsätzlich sehe ich ein großes Potential, beide Ziele, Wasserkraft und Hochwasserschutz, zu verbinden. Dafür gibt es viele praktische Beispiele*“ (I5). Andere Interviewpartner stimmten dem Synergiepotential zu, waren aber eher skeptisch, ob sich dieses in der Praxis realisieren lässt (I1, I8, I9). Insgesamt wird die sektorale Zielbeziehung entweder als komplementär oder neutral und die Integrationsherausforderung als gering oder moderat eingeschätzt.

**Landwirtschaft:** Hochwasserrückhalt wird idealerweise in Gebieten mit geringem Schadenspotential realisiert. Die Landwirtschaft kann den dringend benötigten Raum zur Verfügung stellen, um Überschwemmungen abzumildern, was auch zunehmend von ihr erwartet wird (MORRIS et al., 2016). Der Rückhalt von Hochwasser auf landwirtschaftlichen Flächen ist jedoch mit Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion (z.B. Ernteausfälle, Bodenerosion oder Bodenkontamination) und Eingriffen in bestehende Eigentumsrechte verbunden (KLAGHOFER, 2003; NEUWIRTH & WAGNER, 2010). Die Mobilisierung von Flächen in Privatbesitz für Dienstleistungen zur Risikoreduktion stellt daher eine große Herausforderung für die Hochwasserpolitik dar. Die aktive Funktion der Landwirtschaft für den Hochwasserschutz steht heute in krassem Gegensatz zu früheren Hochwasserschutzmaßnahmen und Flussbegradigungen, als landwirtschaftliche Flächen vor Hochwasser geschützt wurden, um günstige Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion zu gewährleisten (WAGNER et al., 2009). Aufgrund dieses bedeutenden Wandels in der Hochwasserpolitik kann das Zielverhältnis zwischen Landwirtschaft und Hochwasserrisikomanagement heute als widersprüchlich angesehen werden, was zu einem erheblichen Bedarf an politischer Integration führt. Darüber hinaus unterscheiden sich die Perspektiven der relevanten Akteurinnen und Akteure hinsichtlich des Verhältnisses der beiden Politikbereiche erheblich. Während die Akteurinnen und Akteu-

Politikfelder	Ziele des Hochwasserrisikomanagements	Restriktive sektorale Ziele	Zielbeziehungen
<b>Wasserkraft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung von Kapazitäten für Hochwasserrückhalt in Stauseen</li> <li>Anpassung der Wehrbetriebsordnungen an den Rückhaltebedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewirtschaftung der Speicherkapazitäten zur Maximierung der Stromerzeugung</li> <li>Verantwortung für Hochwasserschutz begrenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziele komplementär oder neutral</li> <li>➤ Politikintegration nur geringe Herausforderung</li> </ul>
<b>Landwirtschaft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hochwasserrückhalt auf landwirtschaftlichen Flächen vergrößern</li> <li>Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen sicherstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimierung der Hochwasserschäden für die landwirtschaftliche Produktion</li> <li>Keine Beschränkung der Landnutzung und der privaten Eigentumsrechte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziele im Konflikt</li> <li>➤ Politikintegration als hohe Herausforderung</li> </ul>
<b>Raumplanung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hochwassereexposition von Gebäuden und Infrastruktur minimieren</li> <li>Flächen für Hochwasserretention und Hochwasserabfluss sichern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koordination der Flächennutzungen da Mangel an geeignetem Bauland</li> <li>Entwicklung von ehemals hochwassergefährdeten Grundstücken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziele im Konflikt</li> <li>➤ Politikintegration als hohe Herausforderung</li> </ul>

Abb. 2. Sektorübergreifende Zielbeziehungen zwischen Hochwasserrisikomanagement und Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung (verändert nach NORBECK et al., 2023: Fig. 1).

re der Schutzwasserwirtschaft die sektorale Beziehung als gleichberechtigt beschreiben, sehen die Vertreter der Landwirtschaft sie als hierarchisch und von der Schutzwasserwirtschaft dominiert an. Einige Befragte haben festgestellt, dass die Kommunikation zwischen den Wasserbehörden und den landwirtschaftlichen Akteurinnen und Akteuren oft unzureichend ist (I16, I17): „*Ich würde mir eine bessere Diskussionsgrundlage wünschen*“ (I15). Zielkonflikte treten häufig in landwirtschaftlich hochproduktiven Gebieten auf und können zu verhärteten Fronten führen. Ein Interviewpartner berichtet, dass „*Landbesitzern ein schlechtes Gewissen gemacht wird und ihnen mit rechtlichen Schritten gedroht wird*“, was die Situation weiter verschlechtert (I16).

**Raumplanung:** Der technische Hochwasserschutz hat die Kernfunktion, Hochwasserrisiken für Menschen, Siedlungen und andere Sachwerte zu reduzieren. Technischer Hochwasserschutz ermöglicht aber auch die Nutzung von ehemals hochwassergefährdeten Flächen für die Siedlungsentwicklung. Dieser sogenannte „Dämmeffekt“ führt oft zu einer Akkumulation von Schadenspotentialen in „geschützten“ Gebieten (CUTTER et al., 2018; DI BALDASSARRE et al., 2013). In alpinen Regionen ist diese Interdependenz aufgrund der Konzentration anfälliger Landnutzungen in den Tälern, die aus den dort begrenzten Entwicklungsmöglichkeiten resultieren, besonders ausgeprägt (ARE et al., 2005; I28, I32, I35, I36). Die Minderung des künftigen Anstiegs des Hochwasserrisikos und die Entwicklung hochwasserangepasster Flächennutzungen stellen eine zentrale Herausforderung für das Hochwasserrisikomanagement dar, insbesondere im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit eines klimabedingten Anstiegs der Hochwasserabflüsse und die Risiken im Zusammenhang mit der Überflutung und/oder dem Versagen von Hochwasserschutzanlagen (LÖSCHNER et al., 2017). Diese Berücksichtigung

von Extremereignissen und „Restrisiken“ ist ein recht neues Phänomen, das im Gegensatz zu historischen Landnutzungsstrategien steht, bei denen der technische Hochwasserschutz bewusst zur Entwicklung ehemals hochwassergefährdeter Gebiete beiträgt, und sich auch von der bisherigen Planungspraxis einer meist uneingeschränkten Entwicklung in Restrisikogebieten unterscheidet (SEHER & LÖSCHNER, 2018a). Die Hochwassermanager wünschen sich, dass die Entwicklung in ehemaligen Gefahrenzonen entweder gänzlich gestoppt wird oder zumindest weitere Maßnahmen zur Minimierung der damit verbundenen Hochwasserrisiken umgesetzt werden (BMLRT, 2021; I25, I27, I31, I32). Allerdings sind die Akteurinnen und Akteure der Schutzwasserwirtschaft eindeutig auf die Bereitschaft der Raumplanung angewiesen, sich mit dieser Problematik auseinanderzusetzen: „*Der Wasserwirtschaft fehlt beim Restrisiko die Schnittstelle zur Raumplanung und zum Baurecht*“ (I28). Aufgrund des gegenwärtigen Zielkonflikts ist der Bedarf an Politikintegration hoch. In Bezug auf die institutionellen Beziehungen sind die Politikbereiche Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung strukturell getrennt und agieren gleichberechtigt.

Die obige Charakterisierung der sektoralen Integrationsherausforderungen mit Blick auf die Wasserkraft, die Landwirtschaft und die Raumplanung ist der erste Schritt, um die Rahmenbedingungen zu verstehen, unter denen sich die Integrationsprozesse in den drei Politikfeldern vollziehen. Das Verständnis der sektoralen Zielbeziehungen ist dabei von zentraler Bedeutung für die Problemwahrnehmung, das Handeln der sektoralen Akteurinnen und Akteure und die verfügbaren Politikinstrumente und Optionen. Die konkreten Auswirkungen dieser Zielbeziehungen auf die sektoralen Integrationsprozesse im Detail zu analysieren ist Gegenstand der folgenden Kapitel.

### 3 Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore

#### 3.1 Methodik

Im Rahmen des Projekts wurden die historische und die aktuelle Landbedeckung in den österreichischen Einzugsgebieten des Rheins im Bundesland Vorarlberg, der Salzach (Salzburg) und der Drau (Osttirol und Kärnten) innerhalb des von der Alpenkonvention festgelegten Gebiets mittels eines Geoinformationssystems (ArcGIS 10.6) ermittelt (Abb. 3).

Die wichtigste historische Quelle für die Studie war der Franziszeische Kataster (Maßstab 1:1.440/2.880/5.760), der im untersuchten Gebiet zwischen 1826 und 1859 erstellt wurde (FUHRMANN, 2007). Für das obere Einzugsgebiet der Drau in Osttirol standen die originalen Katasterkarten für die GIS-Rekonstruktion jedoch nicht zur Verfügung, weshalb auf die sogenannte Kulturskelettkarte des Tiroler Landesarchivs zurückgegriffen werden musste. Dieses Kartenwerk aus der Zeit um 1875 ist eine Reproduktion der Original-Katasterkarten im größeren Maßstab 1:36.000. Es fehlen daher Details zu kleinen Parzellen und einzelnen Gebäuden. Da der Kataster im hochalpinen Bereich, das heißt im Ödland und bei Gletschern oberhalb von ca. 3.000 m (alle Höhenangaben in Meter über Adria), weniger

genau ist, wurde zusätzlich die vom späteren k. k. Militärgeographischen Institut zwischen 1807 und 1836 erstellte Franziszeische Landesaufnahme im Maßstab 1:28.800 verwendet. Sie war für militärische Zwecke bestimmt und konzentriert sich daher vor allem auf die geografische Lage und Landschaftsstrukturen wie Wasserläufe und Geländetopografie. Beide Kartenwerke ergänzen sich optimal.

Überraschenderweise war es fast einfacher, die Datenquellen für die historische Landbedeckung zusammenzustellen als für den aktuellen Zustand. Eine Sentinel-2 basierte Landbedeckungskarte mit einer Auflösung von 10 m, die im Rahmen des „Land Information System Austria“ (LISA) erstellt wurde, stellt die Hauptquelle für die aktuelle Situation der Landbedeckung dar (GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS, 2017). Allerdings kann im LISA-Datensatz nicht eindeutig zwischen Acker und Grünland unterschieden werden, weshalb er mit dem sehr detaillierten INVEKOS-Datensatz („Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem“) kombiniert wurde (BMLFUW & BAB, 2017). Die aktuellen Ausdehnungen der Gletscher wurden aus BUCKEL & OTTO (2018) abgeleitet. Die Fläche mittelgroßer Flüsse und kleinerer Teiche wurde aus OpenStreetMap als

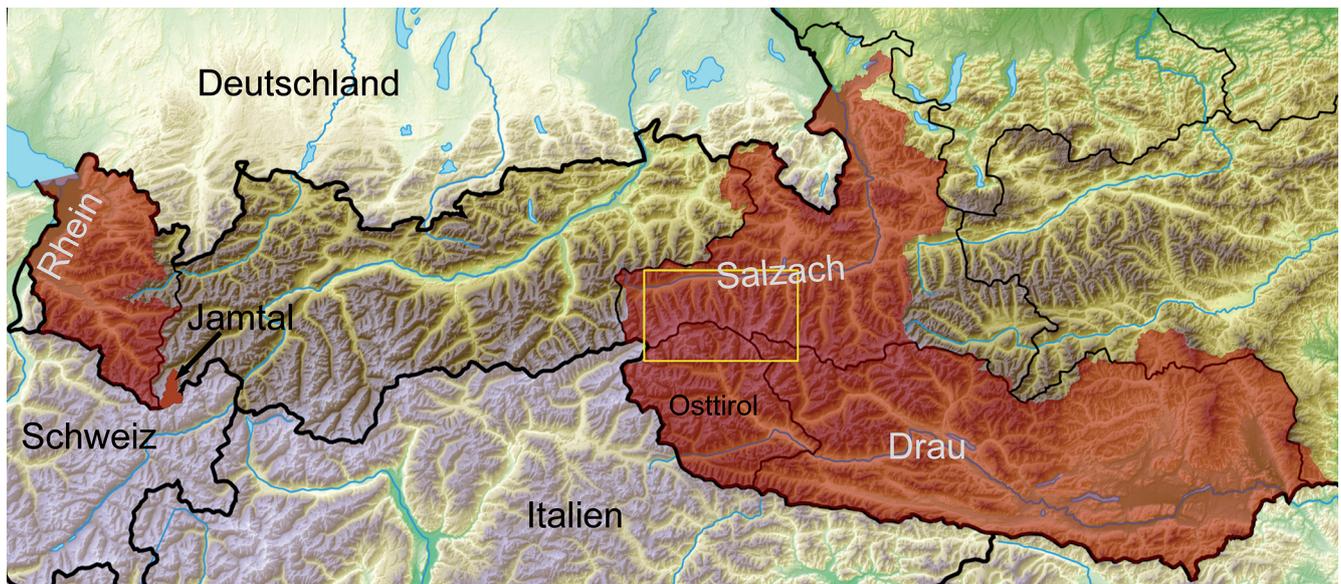


Abb. 3. Untersuchungsgebiete (rot) in den österreichischen Alpen einschließlich der Einzugsgebiete von Rhein, Salzach und Drau. Das Jamtal im Bundesland Tirol wurde im Detail analysiert, um die Rekonstruktion der historischen Landbedeckung zu validieren (gelbes Rechteck: siehe Detail in Abbildung 5; Hintergrund: Reliefkarte Österreichs (2018) von Tschubby – CC BY-SA 3.0; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

GIS-Shapefiles hinzugefügt (RAMM, 2019). Schließlich wurden kleinere Flüsse und Bäche aus einem Datensatz des Projekts „Strategische Planung für alpine Flussökosysteme“ (MUHAR et al., 2018) integriert. Der daraus resultierende Datensatz entspricht etwa der Landbedeckung im Jahr 2016.

Für die Abgrenzung der Flusskorridore wurden verschiedene Hochwassergefahren Datensätze verwendet. Ein GIS-Datensatz mit den hochwassergefährdeten Gebieten bei extremen 300-jährlichen Hochwassern wurde vom BMLFUW zur Verfügung gestellt. Da Daten für einzelne Flüsse fehlten, wurde der Datensatz mit GIS-Daten der „Österreichischen Hochwassergefahrenkarte“ (HORA) für 200-jährliche Hochwasser ergänzt (BMLFUW, 2014). Künstliche Lücken zwischen den verschiedenen räumlichen Datensätzen wurden manuell bereinigt. Weiterführende 3D-Analysen wurden auf Basis eines digitalen Höhenmodells (DEM) mit einer Auflösung von 10 m (data.gv.at – Open Data Austria) durchgeführt. Der resultierende Datensatz der Fluss-

korridore bzw. historisch/aktuell hochwassergefährdeten Gebiete beinhaltet größtenteils (ehemalige) Überschwemmungsgebiete in breiteren Talsohlen, integriert aber auch sehr schmale Flusskorridore steiler Wildbäche und schmale bis breite überschwemmungsgefährdete Bereiche an den Talflanken.

In Übereinstimmung mit den Anforderungen für spätere Niederschlag-Abfluss-Modellierungen wurden die historischen und aktuellen Landbedeckungen zu 11 Klassen aggregiert (Tab. 2).

Die georeferenzierten historischen Katasterkarten wurden manuell mit ESRI ArcGIS 10.6 vektorisiert (BOZZETTA, 2022; KOFLER, 2021; RAPOTTNIG, 2021; STERLE, 2021). Um die Datenaufbereitung in einem vertretbaren zeitlichen Rahmen zu halten, wurden Flurstücke mit einer mittleren Breite < 10 m nicht separat abgegrenzt. Ebenso wurden kleine Fließgewässer mit einer Gerinnebreite von weniger als 5 m (inkl. Schotterbänke) nicht vektorisiert. Das resultierende Gewässernetz umfasst alle Fließgewässer mit Ein-

Landbedeckung	Beschreibung
Siedlungsflächen	Gebäude mit angrenzenden Straßen, Plätze, kleinere Gärten, Straßen außerhalb von Siedlungen
Fließgewässer	Flüsse, kleinere Bäche (mit Schotter-/Sand-/Schluffbänken)
stehende Gewässer	Seen, Weiher, Teiche
Feuchtfelder	Sümpfe, Moore, Röhricht
Grünland	Wiesen, Weiden (Almen), alpines Grasland
Ackerland	Getreidefelder, Gemüsegärten, große Gemüsegärten
Weingärten	kleinere und größere Weinanbauflächen
spärlich bewaldete Flächen	Krummholzzone, Obstbaumwiesen, Weiden mit verstreuten Gehölzen
Wälder	dicht bewaldete Flächen mit größeren Bäumen
Ödland	unbewachsene Schuttflächen, Felsen, Schotter-/Sandgruben
Gletscher	eisbedeckte Flächen

Tab. 2. Landbedeckungsklassen definiert auf Basis historischer und aktueller Grundlagendaten.

zugsgebieten > 10 km<sup>2</sup>. Es wurden aber auch Fließgewässer in kleineren Einzugsgebieten berücksichtigt, wenn ihre historische Gerinnebreite mehr als 5 m betrug. Um eine methodisch fundierte Vergleichsanalyse mit dem Ist-Zustand zu ermöglichen, enthält der Datensatz für 2016 nur jene Fließgewässer, die im historischen Datensatz ausgewiesen sind. Zur Validierung der Genauigkeit des historischen Datensatzes diente das Jamtal im Bundesland Tirol als Detailuntersuchungsgebiet (Abb. 3). Im Rahmen des ESS-Forschungsprojekts „Changing debris cover on Eastern Alpine glaciers: quantification and hydrological impacts“ (Hidden.ice) wurden die Landbedeckungsveränderungen in diesem Tal sehr detailliert rekonstruiert (ATZLER, 2021; HOHENSINNER et al., 2021b).

Die aktuellen Ausdehnungen der hochwassergefährdeten Gebiete bei ca. 300-jährlichen Hochwassern dienten als Grundlage für die Annäherung an die historischen Fließgewässerkorridore, das heißt die bei extremen Hochwassern überschwemmten Talböden, Wildbäche und Abflussrinnen an Talhängen. Für alle Fließgewässer wurden die Höhen der Wasserlinie entlang der aktuellen Überschwemmungsgebiete mit Hilfe eines 10 m-DEM ermittelt. In einem nächsten Schritt wurde untersucht, ob das an die Wasserlinie angrenzende Gelände seit dem frühen 19. Jahrhundert durch Straßenbau, Flussbau, Eisenbahnlinien oder neue Siedlungsgebiete künstlich angehoben wurde. Dazu wurden der Franziszeische Kataster, das DEM, aktuelle Orthofotos und zusätzlich Google Earth verwendet. In den Fällen, in denen die Daten auf ein aktuell höheres Gelände als vor mehr als 170 Jahren hinwies, wurde die potentielle historische Wasserlinie außerhalb des aktuellen Überschwemmungsgebiets ermittelt. In den meisten Fällen zeigten die historischen Landnutzungen in den Katasterkarten deutlich die seitliche Ausdehnung der ehemaligen Überschwemmungsgebiete. An einigen größeren Flüssen führten intensive Flussbegradigungen zu erheblichen Eintiefungen der Gerinnesohlen und damit zu Absenkungen der Wasserspiegel bei Hochwasser (HOHENSINNER et al., 2021c). Wenn aus den Katasterkarten und den

Orthofotos klar hervorging, dass die Höhe des ehemaligen Wasserspiegels höher und die Aue breiter gewesen sein muss, wurde ebenfalls ein historisch breiteres Überschwemmungsgebiet angenommen. Die Ausdehnungen der ehemaligen Überschwemmungsflächen lassen jedoch keine konkreten Aussagen über die zugehörige Hochwasserjährlichkeit zu, das heißt, ob sie unter den klimatischen und hydrologischen Bedingungen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts einem 100-, 300- oder 500-jährlichen Hochwasser entsprachen. Man kann jedoch feststellen, dass die rekonstruierten Überschwemmungsgebiete bei Hochwassern mit ähnlichen Wasserständen wie heute potentiell überflutet waren.

In einem letzten Schritt wurde das 10 m-DEM mit den einzugsgebietsweiten Datensätzen verschnitten. Daraus ergaben sich Höhenverteilungen für jede historische und aktuelle Klasse der Landbedeckung bzw. Landnutzung.

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Einzugsgebietsweite Veränderungen der alpinen Landbedeckung

Zwischen 1826 und 1859 nahmen die Wälder in den österreichischen Einzugsgebieten von Rhein, Salzach und Drau mit 37 % die größte Fläche ein (Abb. 4; HOHENSINNER et al., 2021a). Während die verschiedenen Formen des Grünlands 22 % ausmachten, betrug der Anteil der Ackerflächen nur die Hälfte davon. Wenig bewaldete Flächen, die meist als Weideflächen genutzt wurden, machten 16 % des gesamten Untersuchungsgebietes aus. Dementsprechend wurde nur rund ein Fünftel der gesamten landwirtschaftlichen Fläche für den Getreide- und Gemüseanbau genutzt. Offenbar waren viele Flächen in steileren und höheren Lagen als Ackerland ungeeignet. Mit Ausnahme von Ödland spielten alle anderen untersuchten Landbedeckungstypen nur eine untergeordnete Rolle.

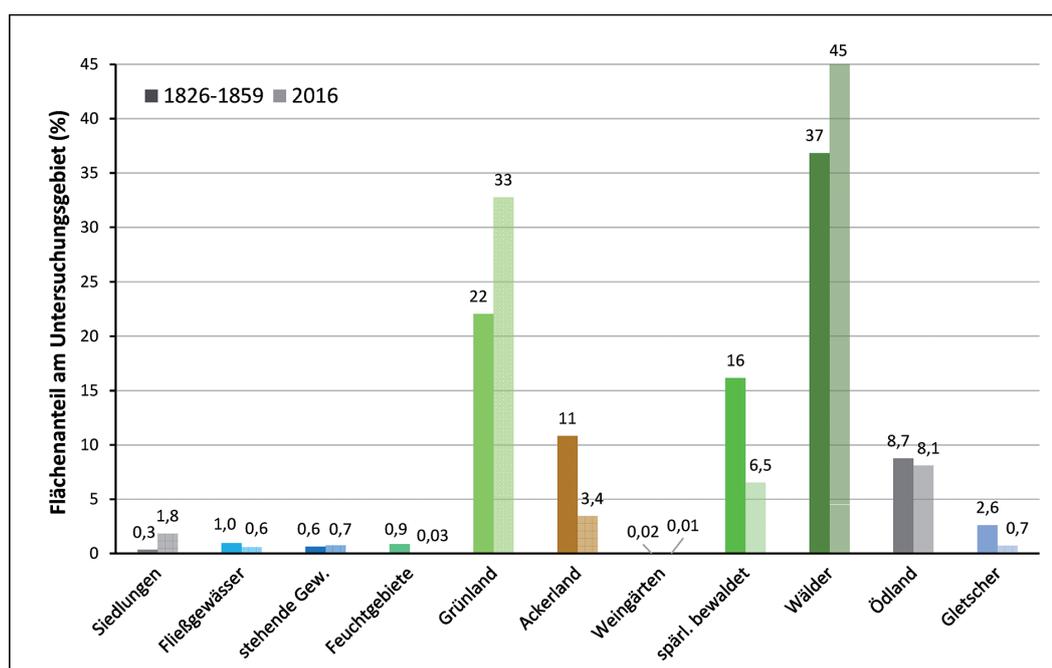


Abb. 4. Anteile der Landbedeckungstypen und Landnutzungstypen in den österreichischen Einzugsgebieten von Rhein, Salzach und Drau in % (linke Säulen: 1826–1859, rechts: 2016; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

Bis 2016 ist eine erhebliche Ausweitung der bewaldeten Flächen (von 37 auf 45 % des Untersuchungsgebiets) zu verzeichnen (Abb. 4). Auch das Grünland nahm von 22 auf 33 % erheblich zu, während die Ackerflächen einen deutlichen Rückgang auf nur mehr 3,4 % im Jahr 2016 erfuhren. Ein ähnlicher Rückgang ist bei spärlich bewaldeten Flächen ersichtlich, der auf eine anthropogene Umwandlung in Grünland oder Wälder hindeutet. Es überrascht nicht, dass sich die Siedlungsflächen seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts enorm vergrößert haben. Heute sind sie sechsmal größer. Flüsse und kleinere Bäche wurden durch Flussbegradigungen und Gerinneeingengungen um 40 % verringert. Feuchtgebiete, das heißt Sümpfe, Moore und

Schilfgebiete, sind nahezu verschwunden. Ähnlich verhält es sich mit den vergletscherten Flächen: Sie sind von 2,6 auf 0,7 % des gesamten Untersuchungsgebiets stark zurückgegangen. Der dramatische Rückzug der Gletscher ließe eine deutliche Zunahme der Ödlandflächen erwarten. Im Jahr 2016 wiesen sie jedoch sogar einen etwas geringeren Flächenanteil auf als zwischen 1826 und 1859. Das bedeutet, dass große Flächen ehemaligen Ödlandes bis heute von Vegetation besiedelt wurden.

Abbildung 5 veranschaulicht die für das gesamte Untersuchungsgebiet festgestellten Veränderungen im Detail. Seit 1826–1859 hat sich die Region um Österreichs höchste

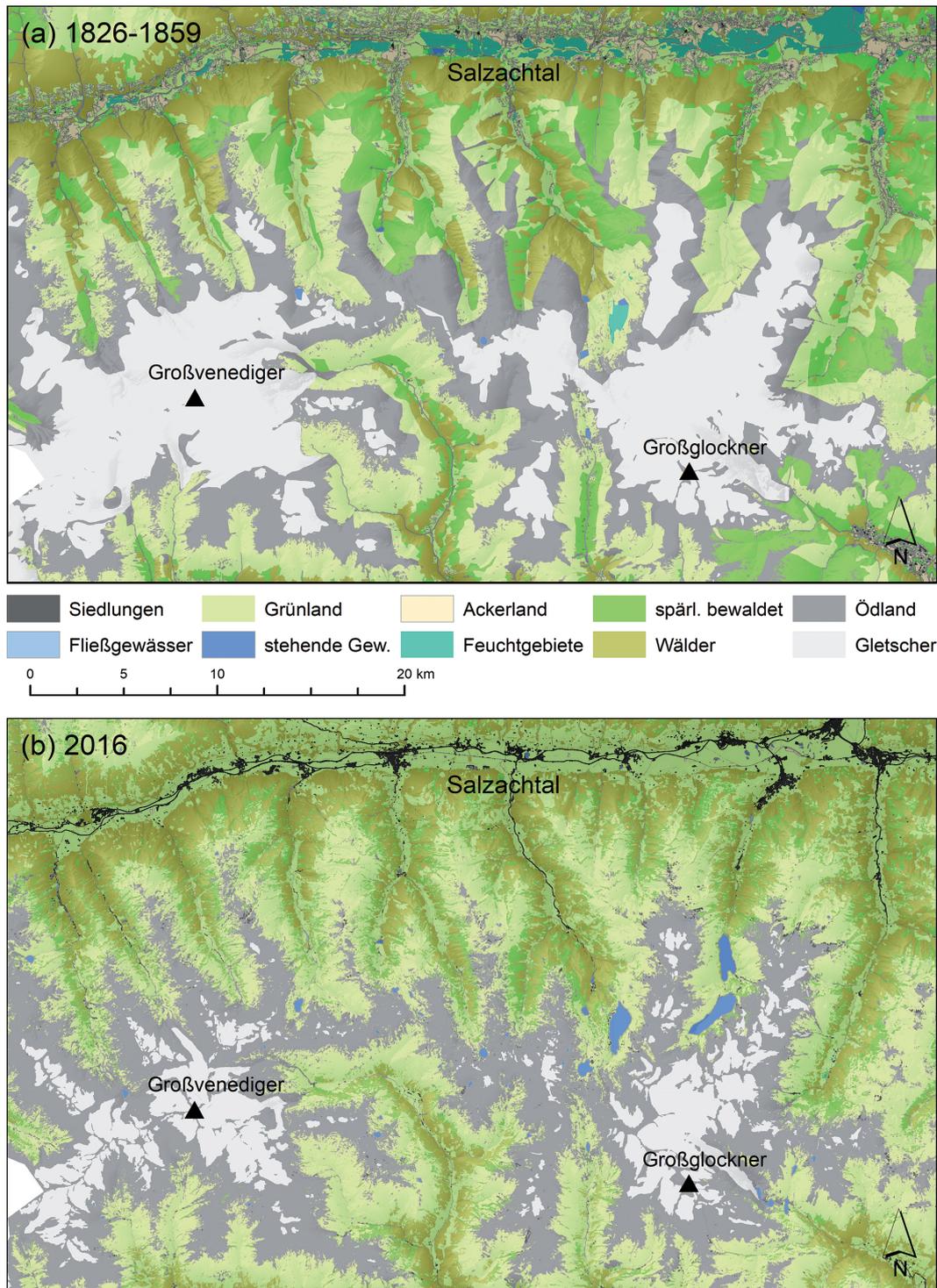


Abb. 5. (a) Landbedeckung zwischen 1826 und 1859 in der Region der höchsten Gipfel Österreichs südlich des Salzkachals; (b) Landbedeckung im Jahr 2016 (siehe Lage des Ausschnitts in Abbildung 3; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

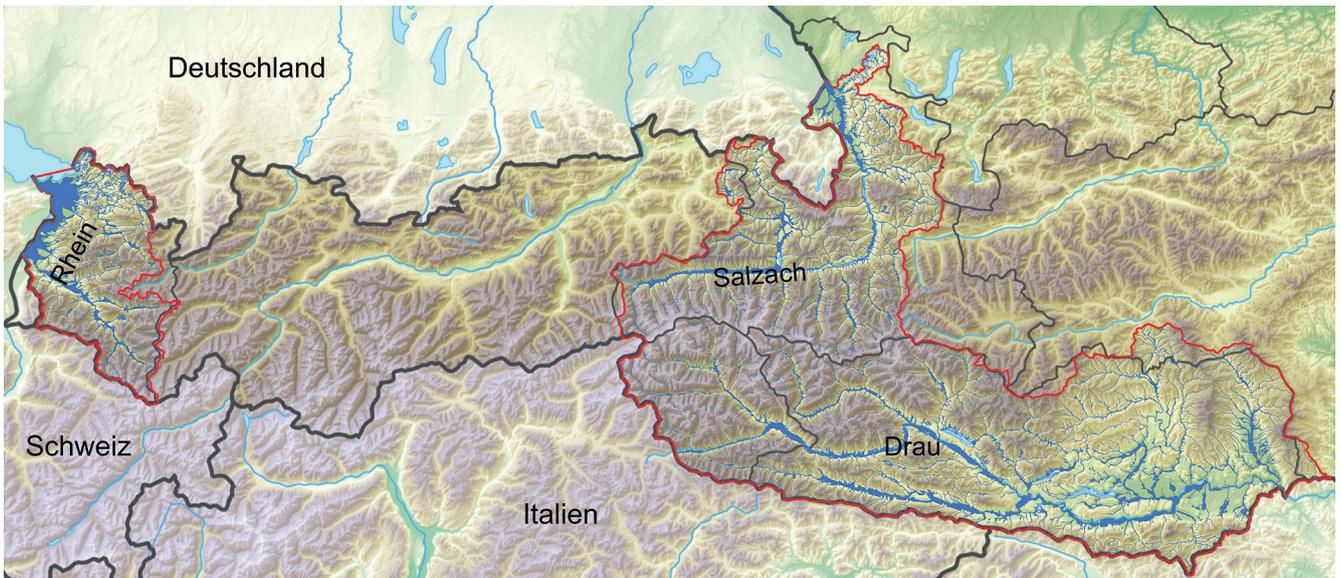


Abb. 6. Räumliche Verteilung der alpinen Fließgewässerkorridore bei etwa 300-jährlichen Hochwassern zwischen 1826 und 1859 (blau) innerhalb des Untersuchungsgebiets (rot) (Hintergrund: Reliefkarte Österreichs (2018) von Tschubby – CC BY-SA 3.0; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

Gipfel in den Zentralalpen stark gewandelt. Am augenfälligsten ist der umfassende Rückzug der größten Gletscher Österreichs wie der Pasterze am Großglockner. Parallel dazu drangen alpines Grünland und teilweise spärliche bewaldete Flächen (z.B. Krummholz) in höhere Lagen vor. Der Talboden der Salzach nördlich der Gletscher war ursprünglich durch ausgedehnte Sümpfe und Röhrichte gekennzeichnet (Abb. 5a). Im Jahr 2016 sind sie weitgehend verschwunden. Dies ging mit einer enormen Ausdehnung der Siedlungsflächen einher (Abb. 5b). Darüber hinaus sind neue stehende Gewässer, z.B. Stauseen, die nach dem Zweiten Weltkrieg für die Energieerzeugung angelegt wurden, heute ein dominierendes Landschaftsmerkmal. Einige von ihnen haben ehemalige alpine Feuchtgebiete ersetzt. Zudem wurden im Salzachtal ehemalige Ackerflächen in Grünland umgewandelt.

### 3.2.2 Veränderung der Landbedeckung in alpinen Fließgewässerkorridoren

Die Veränderungen der Landbedeckung und Landnutzung in den Korridoren der Fließgewässer, das heißt in Gebieten, die bei einem 300-jährlichen Hochwasser überschwemmungsgefährdet waren/sind, spiegeln die Entwicklung im gesamten Einzugsgebiet wider (Abb. 6, 7). Einige Arten der Bodenbedeckung in solchen Gebieten – von denen sich die überwiegende Mehrheit in den breiteren Talsohlen befindet – haben sich sogar stärker verändert.

Historisch gesehen machte hier, im Gegensatz zum gesamten Untersuchungsgebiet, das Grünland den größten Flächenanteil aus, gefolgt von Ackerland (29 bzw. 22 %; Abb. 7; HOHENSINNER et al., 2021a). Zwischen 1826 und 1859 waren nur 15 % dieser Korridore von (Au-)Wäldern

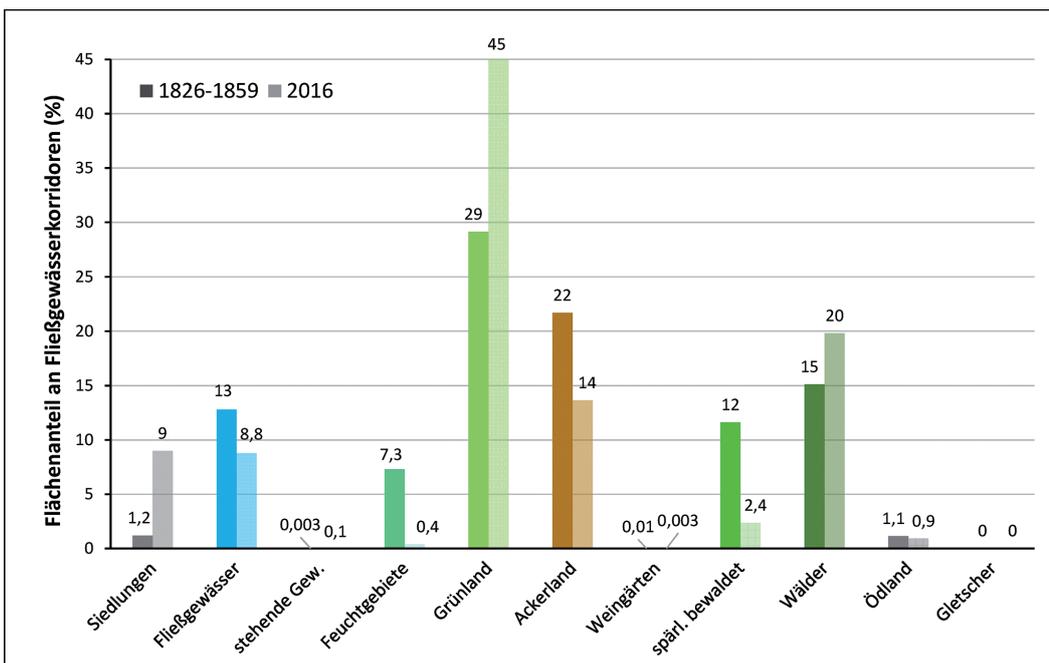


Abb. 7. Anteile der Landbedeckungstypen und Landnutzungstypen in alpinen Fließgewässerkorridoren in % (linke Säulen: 1826–1859, rechts: 2016; zu beachten ist, dass sich die Prozentwerte auf unterschiedliche große Korridorflächen in den Jahren 1826–1859 und 2016 beziehen; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

bedeckt. Im Vergleich zu den stehenden Gewässern dominierten die Fließgewässer mit 13 % eindeutig die Talböden. Kein Wunder, dass der Flächenanteil der Feuchtgebiete (7,3 %) deutlich höher war als im gesamten Untersuchungsgebiet. Auch die Siedlungen beanspruchten in den Fließgewässerkorridoren deutlich höhere Flächenanteile. Wie in Abbildung 5 dargestellt, war die Entwicklung der Siedlungen eng mit den Flusskorridoren verbunden. Im Jahr 2016 nahmen sie 7,5 Mal größere Flächen ein als zwischen 1826 und 1859 (Abb. 7).

Der Rückgang der Fließgewässer war geringer, als man angesichts der systematischen Regulierungsprogramme erwarten könnte (HOHENSINNER et al., 2021a). In dieser Hinsicht war vor allem der Bau großer Stauanlagen an der Drau in Kärnten dafür verantwortlich, die enormen Flächenverluste durch die Regulierung der Flüsse teilweise zu kompensieren. Im Gegensatz dazu wurden die Feuchtgebiete um 95 % ihrer früheren Ausdehnung beschnitten. In engem Zusammenhang mit dieser starken Schrumpfung der Feuchtgebiete steht die Zunahme der Grünlandflächen von 29 auf 45 % der Flusskorridore. Die neu gewonnenen Flächen wurden jedoch teilweise auch für den Anbau von Feldfrüchten genutzt. Dennoch wurde auch die Ackerfläche entlang der Flüsse um ein Drittel reduziert. Die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung in ehemals spärlich bewaldeten Flächen (Obstbaumwiesen und teilweise bewaldete Weiden) sowie im Grünland spiegelt sich in der Zunahme des Waldanteils von ehemals 15 auf 20 % im Jahr 2016 wider.

Neben der seit dem 19. Jahrhundert veränderten Zusammensetzung der Landbedeckung in den Fließgewässerkorridoren wurde auch die Gesamtausdehnung der potentiellen Überschwemmungsgebiete durch menschliche Eingriffe beeinflusst. Im Jahr 2016 betrug die Überschwemmungsflächen bei etwa 300-jährlichen Hochwassern im gesamten Untersuchungsgebiet 1.247 km<sup>2</sup>. Dieser Wert ist als Minimum zu betrachten, da für zahlreiche kleinere Bäche keine Daten über die zugehörigen Überschwemmungsgebiete vorliegen. Bei Hochwasserständen, die mit dem heutigen 300-jährlichen Hochwasser vergleichbar sind, waren die Überflutungsgebiete in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts deutlich größer (1.450 km<sup>2</sup>). Seitdem wurden sie für die Gewinnung von besser nutzbaren Flächen und im Rahmen von Hochwasserschutzmaßnahmen um 203 km<sup>2</sup> oder 14 % verkleinert.

### 3.2.3 Höhenzonale Verteilung der alpinen Landbedeckung

Die dreidimensionale Analyse der einzelnen Landbedeckungstypen gibt weitere Einblicke in ihre räumliche Organisation im historischen und aktuellen Zustand. Historisch gesehen erstreckte sich der Gradient zunehmender Höhenlagen von den Siedlungsgebieten als niedrigste bis zu den Gletschern als höchste (Abb. 8; HOHENSINNER et al., 2021a). Zwischen 1826 und 1859 lag die mittlere Höhe der Siedlungsgebiete bei 599 m. Bis 2016 ist dieser Wert deutlich auf 498 m gesunken, da sich die Siedlungsgebiete vor allem in tief gelegenen Talböden ausbreiteten (vgl. Salzachtal in Abbildung 5). Gleichzeitig stießen kleinere Siedlungen und größere Straßen in höhere Alpenregionen vor. Auch das Ackerland befand sich vor allem in den tiefer gelegenen Talböden. Seit dem 19. Jahrhundert ist die

mittlere Höhenlage von ehemals 698 auf 513 m im Jahr 2016 gesunken. Der Boxplot in Abbildung 8 zeigt, dass sich die Ackerflächen heute weitgehend auf etwa 500 m konzentrieren. Die nächsthöhere Landbedeckungskategorie sind Wälder, deren Medianwert nur geringfügig von 1.149 auf 1.167 m angestiegen ist. Dennoch reichen die Wälder heute an einigen Orten in höhere Lagen.

Spärlich bewaldete Flächen – darunter die alpine Krummholzzone – als nächsthöhere Landbedeckungsart wiesen in der Vergangenheit eine mittlere Höhe von 1.399 m auf. Heute liegt dieser Wert deutlich höher (1.609 m; Abb. 8). Das Grünland verdient eine genauere Betrachtung, da es in den letzten 170 Jahren einen gegenläufigen Trend zeigte. Ausgehend von einem historischen Mittel von 1.588 m Seehöhe liegt der vergleichbare aktuelle Wert hingegen mit 1.291 m deutlich niedriger. Diese Werte spiegeln die Außernutzungsstellung alpiner Weiden und Wiesen in ungünstigen Hochlagen und die Umwandlung von Ackerland in Grünland in tiefer gelegenen Talböden wider.

Das alpine Ödland hat sich zu Beginn des 21. Jahrhunderts deutlich um 173 m von ehemals 2.286 auf 2.459 m verschoben (Abb. 8). In ähnlicher Weise haben sich die Gletscher seit etwa 1860 erheblich zurückgezogen. Ihre mittlere Höhe stieg um 187 m von ehemals 2.729 auf 2.916 m an.

## 3.3 Schlussfolgerungen

Basierend auf den neu erstellten Datensätzen zur historischen und aktuellen Landbedeckung in den österreichischen Alpen lassen sich folgende Erkenntnisse im Hinblick auf das alpine Hochwasserrisiko ableiten (HOHENSINNER et al., 2021a):

(1) Die Einzugsgebiete von Rhein, Salzach und Drau in Österreich erfuhren seit Beginn der Industrialisierung eine umfassende Transformation. Im Jahr 2016 war die Siedlungsfläche sechsmal größer als vor 170 Jahren. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen gingen um rund 27 % zurück, wobei die Ackerflächen sogar um 69 % reduziert wurden. Die Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen in ungünstigen Lagen spiegelt sich in einer Zunahme der Wälder von 37 auf 45 % im gesamten Untersuchungsgebiet wider. Die Gletscher verloren etwa 73 % ihrer früheren Ausdehnung.

(2) Die alpinen Flusskorridore, das heißt hochwassergefährdete Gebiete bei ca. 300-jährlichen Hochwassern, spiegeln die Konzentration der menschlichen Landnutzung direkter wider als die einzugsgebietsweite Perspektive. Hier hat sich die Besiedlung um das 7,5-fache ausgedehnt, wodurch sich das Potential für Hochwasserschäden stark erhöht. Im Gegensatz dazu verringerte sich die gesamte Fläche der Fließgewässer um 40 % und 95 % der ehemals großen Feuchtgebiete wurden in landwirtschaftliche Flächen, Wälder oder Siedlungsgebiete umgewandelt. Bis 2016 gingen rund 203 km<sup>2</sup> oder 14 % der ehemaligen Flusskorridore verloren, wodurch sich die Hochwasserrückhaltekapazität verringerte. Retentionsflächen, die bei einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet werden, weisen wahrscheinlich deutlich größere Flächenverluste auf, konnten aber im Rahmen der vorliegenden Studie nicht quantifiziert werden.

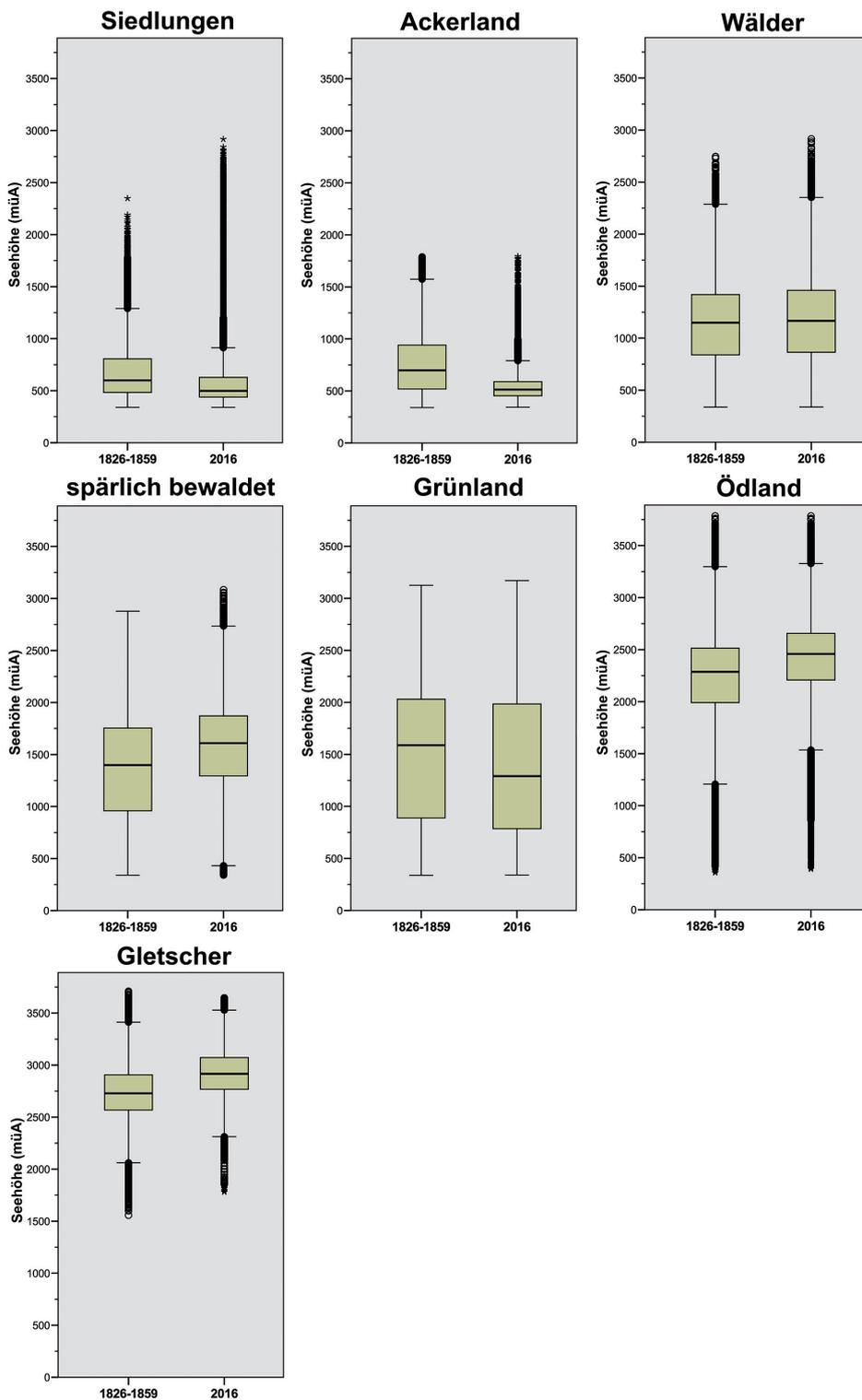


Abb. 8. Höhenverteilung von Siedlungsgebieten, Ackerland, Wäldern, spärlich bewaldeten Gebieten (Krummholz), Grünland, Ödland und Gletschern in den österreichischen Einzugsgebieten des Rheins, der Salzach und der Drau (verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

(3) Die Konzentration intensiver menschlicher Landnutzungsformen in tieferen Lagen einerseits und die Verschiebung weniger intensiver, naturnaher Nutzungen in höhere Lagen andererseits führte langfristig sowohl zu einer räumlichen als auch zu einer vertikalen Separation der alpinen Landschaftselemente (Abb. 9). Insbesondere Siedlungsflächen und Ackerland konzentrieren sich heute in tieferen Lagen als noch im 19. Jahrhundert. Wärmere Temperaturen als Folge des Klimawandels könnten die bereits festgestellten Verlagerungen der alpinen Vegetation bergwärts noch verstärken.

Diese Studie zeigt, dass die veränderten landschaftlichen Rahmenbedingungen einer Zunahme der Hochwasserrisiken in den alpinen Tallagen generell Vorschub leisten. Menschliche Eingriffe im alpinen Raum spiegeln sich in Veränderungen der Landbedeckung wider, die entweder das Hochwasserrisiko erhöhen (Siedlungsausweitung, Urbarmachung ehemaliger Gewässerflächen und Feuchtgebiete usw.) oder das Risiko vermindern (Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen, Aufforstung usw.). Dabei ist aber zu beachten, dass der Einfluss von Landbedeckungsänderungen auf das Hochwasserregime in kleineren, flussauf-

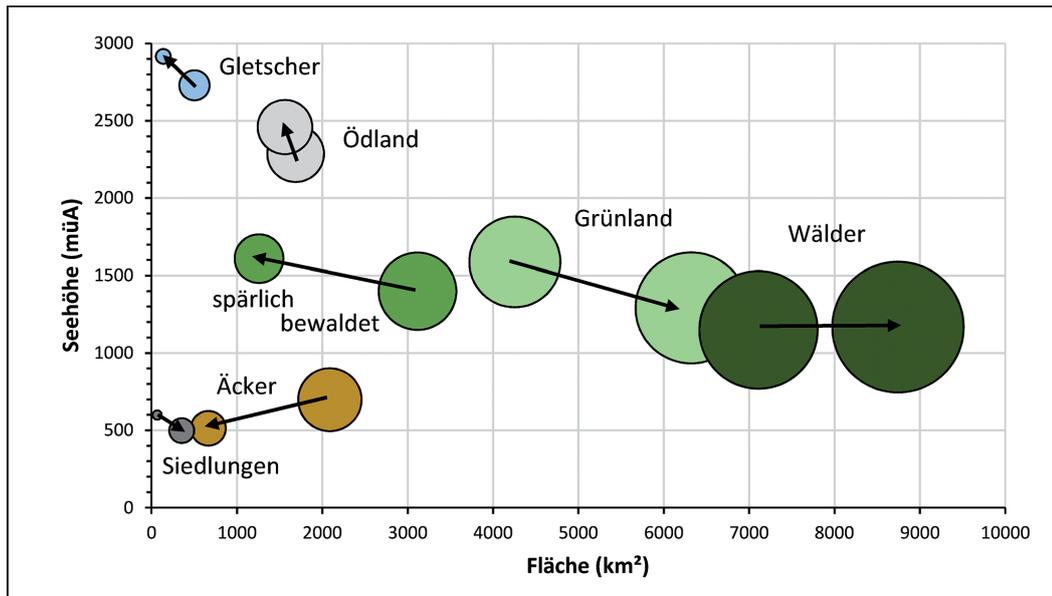


Abb. 9. Höhenverschiebungen (Y-Achse) und Veränderungen der Flächenausdehnung (X-Achse) ausgewählter Typen der Landbedeckung/Landnutzung zwischen 1826–1859 und 2016. Die Höhenwerte beziehen sich auf die Medianwerte der Höhenlagen; die Kreisgröße spiegelt die relativen Veränderungen der Flächenausdehnung wider (Pfeile: Entwicklung von 1826–1859 bis 2016; verändert nach HOHENSINNER et al., 2021a).

wärts gelegenen Einzugsgebieten in der Regel größer ist als in breiteren, tiefer gelegenen Tälern, in denen sich die meisten größeren Siedlungen befinden. Hier wirken sich der Klimawandel, Hochwasserschutzanlagen und Flussregulierungen stärker auf das Hochwasserrisiko aus

(VIGLIONE et al., 2016; BLÖSCHL, 2020). Um die Rolle von Landbedeckungsveränderungen für das alpine Hochwasserrisiko genauer zu bestimmen, sollen die präsentierten Daten für weitere Analysen mittels räumlich expliziter Niederschlag-Abfluss-Modelle verwendet werden.

#### 4 Hochwasserretention in alpinen Gebieten

Hochwasserrisiko setzt sich aus der Hochwassergefährdung und der Hochwasserexposition zusammen. Vereinfacht bedeutet dies, dass es eine Gefahr (z.B. Überflutungen durch einen über das Ufer tretenden Fluss) und entsprechend gefährdete Werte (Häuser, Infrastruktur, Menschen) benötigt, dass ein Hochwasserrisiko besteht. Die Hochwassergefahr in alpinen Gebieten wird von den natürlichen Gegebenheiten wie der Vegetation, Topografie und den hydroklimatischen Verhältnissen bestimmt. Gleichzeitig wurden mit dem Bau von ersten großen Wasserkraftwerken in Österreich, am Beginn des 20. Jahrhunderts (z.B. Speicher Wiestal) (WAGNER et al., 2015), mit großen künstlichen Stauseen Möglichkeiten zum Hochwasserrückhalt in den Quellgebieten geschaffen, die ein erhebliches Potential zur Abminderung von Abflussspitzen und zur Reduktion der Hochwassergefährdung bereitstellen.

Abbildung 10 zeigt die Abflussdaten des Zembachs (Zillertal) von 1956 bis 2017, in dessen Oberlauf der Stausee Schlegeis der Kraftwerksgruppe Zemm-Ziller liegt. Es ist eine deutliche Veränderung der Abflusscharakteristik nach der Errichtung des Speichers im Jahr 1971 erkennbar. Das mittlere jährliche Abflussmaximum (MJHQ) von 1971 bis 2017 ist mit 16,8 m³/s im Vergleich zum MJHQ vor 1971 mit 54,8 m³/s um 69 % geringer. Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, wie alpine Speicher Spitzenabflüsse reduzieren und das gesamte Abflussregime verändern können. Gleichzeitig ist das primäre Ziel dieser Anlagen die Energieerzeugung. Explizite Absenkungen für den Hochwasserschutz oder generell ein Speicherbetrieb im Sinne des Hochwasserrisikomanagements sind bis auf wenige Ausnahmen nicht vorgesehen. Die bisher durchgeführten Analysen, welche die Auswirkungen von Speicherseen auf Hochwasserspitzen in Österreich untersuchten, fokussier-

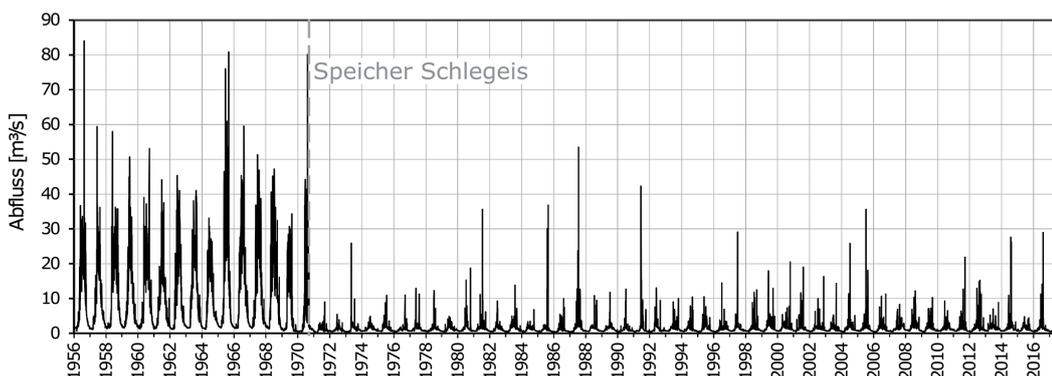


Abb. 10. Mittlerer täglicher Abfluss des Zembachs (Zillertal) von 1956 bis 2017. 1971 erfolgte die Errichtung des Speichers Schlegeis flussauf des Pegels, der die Hydrologie nennenswert verändert hat.

ten sich größtenteils auf einzelne Hochwasserereignisse (z.B. LAUFFER, 1975; KUGI & WEISSEL, 1986; GANAHL, 1988; PIRCHER, 1990; HOFER et al., 2013).

Der Kraftwerksbetrieb und die Öffnung von Wehren kann aber gleichzeitig die Hochwassergefahr flussabwärts erhöhen und beeinflussen. Nach Hochwasserereignissen mit Überflutungen im Unterlauf sehen sich Wasserkraftunternehmen in Österreich häufig dem Vorwurf ausgesetzt, dass die Stauseen unzureichend bewirtschaftet wurden, um die Hochwassergefahr zu reduzieren (z.B. Donau 2013, Drau 2012 oder Kamp 2002; vgl. BMLFUW, 2016a). Ungeachtet des Potentials zur Reduktion der Hochwassergefahr besteht in der Regel für die Betreiber von Wasserkraftwerken keine gesetzliche Verpflichtung zur Übernahme von Verantwortung im Hochwasserrisikomanagement, da ihr primäres Ziel die Stromerzeugung ist (WAGNER et al., 2015).

Neben der Erhöhung des Rückhaltepotentials durch künstliche Speicher haben menschliche Aktivitäten wie Veränderungen der Landnutzung und Bodenbedeckung im Zusammenhang mit der Forstwirtschaft (Forststraßen/Abholzung/Aufforstung) oder der Infrastruktur- und Siedlungsentwicklung in den Talböden, aber auch die Intensivierung des Tourismus, z.B. durch den Bau von Skipisten, das natürliche Hochwasserrückhaltepotential reduziert und gleichzeitig die Hochwasserexposition erhöht (BMLFUW, 2007; LÖSCHNER et al., 2017; TASSER et al., 2007; WESEMANN et al., 2017). In den alpinen Gebieten Österreichs kam es seit Mitte des 19. Jahrhunderts zu einer umfangreichen Veränderung der Landnutzung (Kap. 3.1). Diese Veränderungen führten zu einem allgemeinen Anstieg des Hochwasserrisikos in alpinen Talschaften (HOHENSINNER et al., 2021a). Grundsätzlich sind die Auswirkungen der Landnutzungsänderung auf Hochwasserregime in kleineren Kopfeinzugsgebieten stärker. In größeren Einzugsgebieten sind andere Faktoren wie Flussbegradigungen, der Verlust von Überschwemmungsgebieten und Veränderungen der atmosphärischen Bedingungen dominanter (VIGLIONE et al., 2016). Numerische Simulationen zeigen beispielsweise, dass Hochwasserspitzen in kleinen Kopfeinzugsgebieten durch Forststraßen um 75 % erhöht werden können (WESEMANN, 2021). Angesichts der starken Änderung der Landnutzung kommt es auch zu Verschiebungen im natürlichen Wasser-Retentionsvermögen der Landschaft und dadurch auch beim Hochwasserrisiko. Am Beispiel des Lechtals wurde auf der Grundlage von verschiedenen Landnutzungsänderungsszenarien für die nahe Zukunft (2030) ermittelt, dass es in Abhängigkeit vom gewählten Szenario zu keiner Hochwasserbetroffenheit oder bis zu einem maximalen Anstieg von 159 % der von Hochwasser betroffenen Wohngebiete kommen kann (CAMMERER et al., 2013). Durch Anpassungen von nicht strukturellen Maßnahmen, wie strengere Landnutzungsvorschriften oder private Initiativen (z.B. Bauverbote in gelben und roten Zonen, erhöhte Hochwasserrisikokommunikation) kann das Hochwasserrisiko im Lechtal gleichzeitig um bis zu 30 % reduziert werden (THIEKEN et al., 2016). Diese Arbeiten zeigen potentielle Verbesserungen, aber auch Verschlechterungen des Hochwasserrisikos, die durch die Veränderung der Landnutzung entstehen können. Eine sehr starke Rolle spielt die Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen zu Siedlungs- und Industriegebieten, sowie Verkehrsflächen und Freizeiteinrichtungen, in den ohnehin schon sehr limitierten Flächen, die in den Österreichischen Alpen für

Siedlungsentwicklungen zur Verfügung stehen (JUNGER et al., 2022). Im Zeitraum von 2018 bis 2020 wurden die produktiven Böden in Österreich im Durchschnitt um 42 km<sup>2</sup> pro Jahr verringert. Davon wurden rund 41 % (ca. 15–20 km<sup>2</sup> pro Jahr) versiegelt, was einen dauerhaften Verlust der Böden und der Bodenfunktionen (z.B. Bodenneubildung, Zerschneidung von Lebensräumen, erhöhtes Hochwasserrisiko) bedeutet (UMWELTBUNDESAMT, 2022).

Um die sektoralen Zusammenhänge zwischen Hochwasserrückhalt in alpinen Gebieten und Hochwasser zu beurteilen, erfolgt eine Problemanalyse durch die Untersuchung (i) des Hochwasserrückhaltevermögens von Speicherkraftwerken in Österreich und (ii) der Veränderungen des natürlichen Wasserrückhalts im Vergleich zwischen der historischen und aktuellen Landnutzung und Landbedeckung. Im Anschluss erfolgt die Darstellung der sektoralen Politikkoordination im Interaktionsfeld Wasserkraft, bei dem mittels Experteninterviews mit verschiedenen Akteurinnen und Akteuren Synergien und Konflikte zwischen Wasserkraftwerksbetreibern und dem Hochwasserrisikomanagement analysiert werden. Anhand einer Fallstudie wird aufgezeigt, wie die zur Verfügung stehenden Instrumente der Koordination im Interaktionsfeld Wasserkraft angewandt und umgesetzt werden.

## 4.1 Methodik

Die vorliegende Problemanalyse zum Hochwasserrückhaltevermögen von Speicherkraftwerken zielt darauf ab, den Einfluss von Speicherkraftwerken auf das Hochwassergeschehen zu untersuchen. Die Problemanalyse umfasst (i) die Quantifizierung des potentiellen Hochwasserrückhalts durch Speicherkraftwerke und die Auswirkungen entlang des beeinflussten Unterlaufs, (ii) eine Abschätzung der möglichen Hochwasserrisikominderung durch die Beurteilung der jeweiligen Ereignisjährlichkeit, sowie (iii) die Bewertung der Beziehung zwischen der geschätzten Hochwasserscheitelreduzierung und den Eigenschaften des Einzugsgebiets und des Stausees. Analysiert werden dabei nicht nur ausgewählte Extremereignisse, wie dies in der Vergangenheit der Fall war. Vielmehr erfolgt eine systematische Analyse der jährlichen maximalen Abflussspitzen aus langjährigen Abflussaufzeichnungen mit verschiedenen Jährlichkeiten und Wiederkehrperioden, was bereits von WIDMANN (1988) gefordert wurde. Untersucht werden sowohl die wesentlichen alpinen Speicherkraftwerke und Kraftwerksgruppen in Österreich, als auch die Staukette am Kamp mit Einzugsgebietsgrößen von 955 km<sup>2</sup> bis 9.310 km<sup>2</sup> (Abb. 11). Diese Wasserkraftwerke produzieren einen Großteil der Energie aller Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke in Österreich (ICOLD, 2021; WAGNER et al., 2015).

Bestehende internationale und nationale Untersuchungen analysierten die Auswirkungen von Stauseen auf Hochwasserereignisse, indem sie (i) Abflussdaten stromauf- und stromabwärts von Stauseen (GRAF, 2006), (ii) Abflussdaten vor und nach der Errichtung der Stauseen (KONDOLF & BATTALLA, 2005; MEI et al., 2017) oder (iii) eine umfassendere Datenbasis, wie Zu- und Abflüsse zu den Stauseen, Informationen zum Speicherbetrieb oder zu Zu- und Ableitungen, für detaillierte ereignisbasierte Analysen verwenden (GANAHL, 1988; HOFER et al., 2013). Für die vorliegende Studie sind diese Ansätze keine Option, da diese Daten für

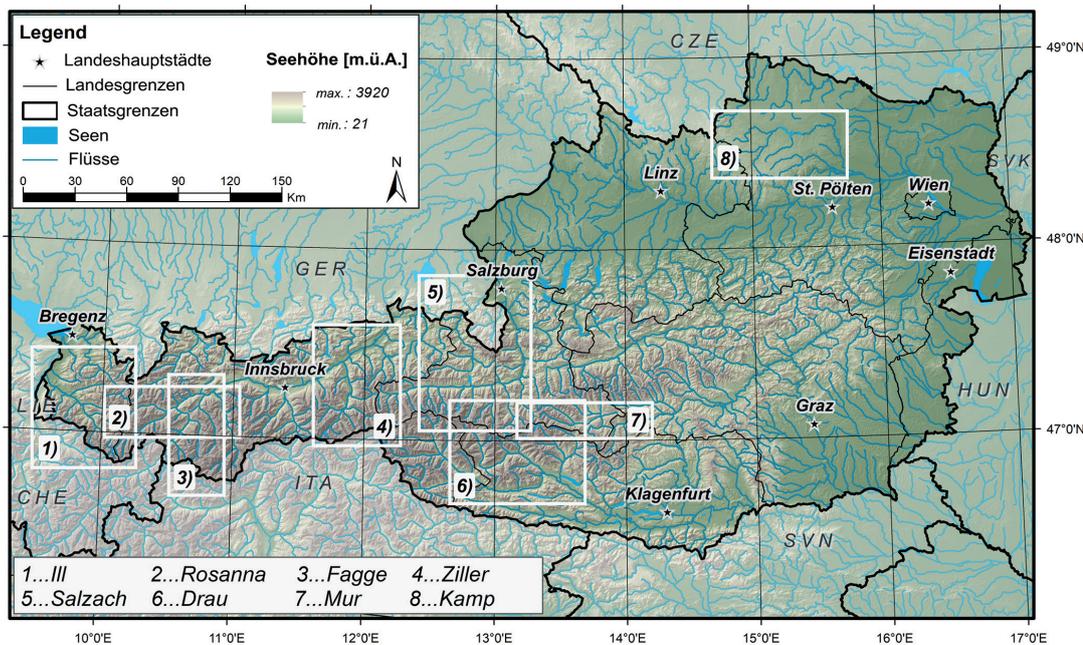


Abb. 11. Analyierte Einzugsbiere mit großen Speicherkraftwerken und Kraftwerksgruppen.

die meisten analysierten Speicherkraftwerke nicht frei verfügbar sind. Es wird ein Ansatz verwendet, bei dem beobachtete und beeinflusste Abflussspitzen einem geschätzten, natürlichen Abflusswert (ohne Kraftwerkeinfluss) gegenübergestellt werden. Um – als Referenz – die natürlichen, von Speicherkraftwerken unbeeinflussten, maximalen Jahresabflüsse flussab der Staumauern zu schätzen, werden Abflussaufzeichnungen von anthropogenen unbeeinflussten Einzugsgebieten herangezogen. Es wird dabei angenommen, dass hydroklimatische und hydrogeologische Verhältnisse in nahen beieinanderliegenden Einzugsgebieten ähnlich und daher die Hochwasserreaktionen vergleichbar sind (MERZ & BLÖSCHL, 2005). Unter Berücksichtigung der entsprechenden räumlichen Nähe, der Einzugsgebietsfläche und der vorherrschenden Niederschlagsverhältnisse werden die Jahresabflussspitzen von unbeeinflussten Einzugsgebieten auf die von Speicherkraftwerken beeinflussten untersuchten Pegel übertragen und mit diesen in Relation gesetzt. Die Entfernung zwischen den beeinflussten und den unbeeinflussten Pegeln liegt dabei zwischen 6,6 km und 39,1 km. Eine detailliertere Erläuterung der Methodik und der Ergebnisse findet sich in STECHER & HERRNEGGER (2022) und wird daher hier nicht wiederholt.

Die Problemanalyse zur Veränderung des natürlichen Wasserrückhaltepotentials wurde auf Basis der in Kapitel 3 beschriebenen historischen und aktuellen Landnutzungsdaten durchgeführt. Im Allgemeinen zielt integriertes Hochwasserrisikomanagement darauf ab, die Intensität von und die Anfälligkeit für Überschwemmungen auf der Grundlage eines Portfolios von Ansätzen, die strukturelle und nicht-strukturelle Maßnahmen umfassen (VAN HERK et al., 2015), zu reduzieren. Wie auch in der EU-Hochwasserrichtlinie (EU-HWRL 2007) beschrieben, kann die Förderung nachhaltiger Flächennutzung als auch die Verbesserung des Wasserrückhalts und die kontrollierte Überflutung bestimmter Gebiete im Falle eines Hochwasserereignisses in Hochwasserrisikomanagementpläne miteinbezogen werden. Daher spielt die Flächen- bzw. Landnutzung

eine wesentliche Rolle im Integrierten Hochwasserrisikomanagement. Diese verändert sich laufend und beeinflusst dadurch die Hochwassergefährdung und das Hochwasserrisiko.

HOHENSINNER et al. (2021a) haben die Landnutzungsänderungen in Österreich mit Schwerpunkt auf alpinen Gebieten umfassend und in sehr hoher Auflösung analysiert (Kap. 3.1). Um zu ermitteln, wie sich die Landnutzungsänderung von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart auf den natürlichen Wasserrückhalt der Landschaft auswirkt, wurde der Wasserretentionsindex (Water Retention Index – WRI) auf Basis der historischen und heutigen Landnutzung berechnet. Der WRI ist ein qualitativer Indikator, der das potentielle Wasserretentionsvermögen der Landschaft auf einer relativen Skala von 0 bis 10 darstellt. Der Index wurde von VANDECASTEELE et al. (2018) entwickelt, um die Fähigkeit der Landschaft zur Wasserregulierung und damit auch zur Verringerung des Risikos von Hochwasser, aber auch von Dürreperioden abzubilden. Der Indikator zielt darauf ab, die physikalischen Prozesse der Interzeption, Infiltration sowie Wasserspeicherung und Wasserretention im Boden, der Versickerung in das Grundwasser und der Wasserspeicherung in fließenden und stehenden Oberflächengewässern anhand von Proxydaten darzustellen. Als zusätzliche Daten, die das Wasserretentionspotential beeinflussen, wird die Hangneigung und der Anteil der versiegelten Fläche bei der Berechnung des Indikators berücksichtigt (VANDECASTEELE et al., 2018). Im vorliegenden Fall wurde der WRI für alpine Gebiete in Österreich in einer Auflösung von 100 x 100 m berechnet. Das Untersuchungsgebiet umfasst die österreichischen Einzugsgebiete von Rhein, Salzach und Drau. Der abgedeckte Bereich entspricht dabei den Analysen in HOHENSINNER et al. (2021a) (Kap. 3.1), von denen die Landnutzungsdaten stammen. Der WRI wird als gewichtete Summe verschiedener flächiger Parameter, die Elemente im Hochwasserrückhalt der Landschaft darstellen, berechnet:

$$WRI = (R_{gw} * w_{gw} + R_s * w_s + R_v * w_v + R_{sl} * w_{sl} + R_{wb} * w_{wb}) * (1 - \frac{R_{ss}}{100}) \quad (\text{Gleichung 1})$$

$R_{gw}$  wurde anhand des Datensatzes von HUSCROFT et al. (2018), welcher die Durchlässigkeit des festen und lockeren Bodens angibt, abgeleitet. Die Durchlässigkeit gibt an, wie viel Wasser potentiell in das Grundwasser versickern und gespeichert werden kann. Zur Ableitung des Indikators  $R_s$ , der die Infiltrations- und Retentionskapazitäten des Bodens widerspiegelt, wurden die Bodenspeicherinformationen von ZEITFOGEL et al. (2021) verwendet. Der potentielle Rückhalt durch die Vegetation wird durch den Parameter  $R_v$  dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass die Fähigkeit der Vegetation, Wasser aufzunehmen und zurückzuhalten, linear mit dem Blattflächenindex (LAI) zusammenhängt. Deshalb wurde zur Ableitung dieses Parameters der mittlere Blattflächenindex von 2014 bis 2020 herangezogen (ESA GLOBAL LAND SERVICES, 2021). Der Neigungsparameter  $R_{sl}$  wurde aus dem für Österreich frei verfügbaren digitalen Höhenmodell abgeleitet (data.gv.at). Die Parameter  $R_{wb}$  und  $R_{ss}$ , die den Anteil der Gewässer (stehende/fließende Gewässer) inklusive Feuchtgebiete bzw. versiegelte Fläche darstellen, wurden auf Basis

des aktuellen Landnutzungsdatensatzes aus HOHENSINNER et al. (2021a) abgeleitet. Da die räumliche Auflösung der für die Berechnung verwendeten Datensätze unterschiedlich ist bzw. diese nicht als Rasterdaten vorliegen, wurden alle Datensätze zu Rasterdatensätze mit einer konsistenten Auflösung von 100 m transformiert. Die Parameter  $R_{wb}$  und  $R_{ss}$  wurden aus den Landnutzungsdaten abgeleitet und stellen den prozentualen Anteil der Wasserflächen bzw. der versiegelten Fläche pro Rasterzelle dar. Mit Ausnahme des Parameters der versiegelten Fläche ( $R_{ss}$ ) wurden alle Parameter von 0 bis 10 neu skaliert. Der Parameter  $R_{sl}$  wurde invers zwischen 0 und 10 skaliert, um steilen Hängen niedrige Werte und flachen Gebieten hohe Werte zuzuordnen. Die einzelnen Parameter sind in Abbildung 12 dargestellt. Auch aufgrund der relativ hohen Auflösung lässt sich ein klares räumliches Muster erkennen. Der alpine Charakter der Untersuchungsgebiete mit den großen Tälern und hohen Gebirgszügen ist in mehreren Parametern, darunter  $R_{gw}$ ,  $R_s$ ,  $R_{sl}$  und  $R_{ss}$ , deutlich zu erkennen.

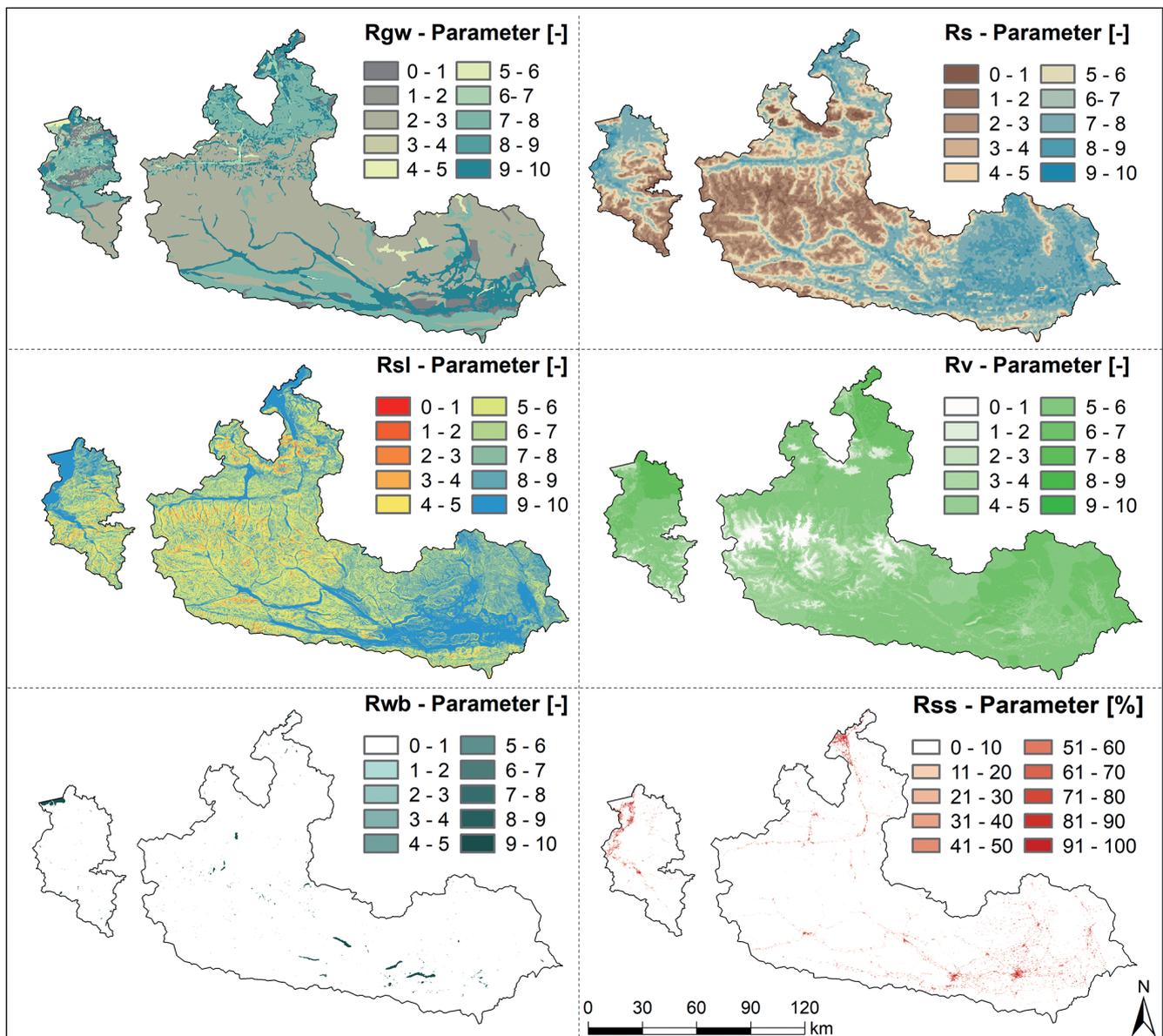


Abb. 12. Parameter des Wasserretentionsindex (WRI).

Die Gewichtungen der einzelnen Parameter in Gleichung 1 wurde mit Hilfe des COMPOSITE INDICATOR ANALYSIS AND OPTIMIZATION TOOL (CIAOV.2) (LINDEN et al., 2018) durchgeführt. Die Optimierung der Parametergewichte zielt darauf ab, dass jeder Parameter zu gleichen Anteilen zur Gesamtvarianz des WRI beiträgt (VANDECASTEELE et al., 2018).

Für die Berechnung des historischen WRI wurden die Parameter  $R_{wb}$  und  $R_{ss}$  aus dem historischen Landnutzungsdatensatz direkt abgeleitet. Um die Veränderung der Landnutzung im historischen Vegetationsparameter  $R_v$  darzustellen, wurden für die jeweiligen Landnutzungsklassen und Einzugsgebiete des *LamaH Datensatzes* (KLINGLER et al., 2021) mittlere Werte des aktuellen Vegetationsparameters  $R_v$  auf die entsprechenden historischen Landnutzungsklassen und Einzugsgebiete übertragen. Durch das Miteinbeziehen der Einzugsgebietsgliederung können räumliche Abhängigkeiten bei der Übertragung berücksichtigt werden. Die übrigen Parameter wurden für die Berechnung des historischen WRI unverändert beibehalten.

Für die Analyse der sektoralen Politikkoordination im Interaktionsfeld Wasserkraft wurden eine Literatur- und Dokumentenanalyse sowie zehn Interviews mit Experten und Expertinnen durchgeführt. Die betrieblichen Anforderungen und Auswirkungen von Wasserkraftwerken sind Gegenstand kontroverser Sichtweisen und Erzählungen, wenn es um den Hochwasserrückhalt geht. Eine Sichtweise ist, dass der Bau von Wasserkraftwerken zu einem Verlust von Retentionsraum durch Kanalisierungsmassnahmen führt und damit eine natürliche Hochwasserdämpfung unmöglich macht (WWF, 2009). Eine andere Perspektive argumentiert, dass Stauseen die Wasserretentionskapazität innerhalb des Tals, in dem sie sich befinden, deutlich erhöhen können (SCHÖBERL, 2003) und in der Lage sind, die Hochwasserspitze zu reduzieren (HAUENSTEIN, 2009; STECHER & HERRNEGGER, 2022). Um diese potentiellen Konflikte als auch Synergien durch die Nutzung von Speicherkraftwerken zu analysieren, wurden daher Interviews durchgeführt. Die Interviewpartner vertraten dabei verschiedene Organisationen bzw. Bereiche: Bundesministerien, Wasserbauverwaltungen der Länder, Kraftwerksbetreiber, Wissenschaft und Umweltverbände. Anhand der durchgeführten Interviews wurden die verschiedenen Formen der Zusammenarbeit als auch mögliche Kontroversen zwischen Akteurinnen und Akteuren analysiert, die im Hochwasserrisikomanagement beteiligt sind. Die Interviews konzentrieren sich auf die Anforderungen und Spannungen zwischen der Energie- und Wasserwirtschaft. Zu diesem Zweck wurden verschiedene potentielle Interviewpartner aus verschiedenen Bereichen und Ebenen für Interviews angefragt. Um die Interviews in einem konsistenten und nachvollziehbaren Rahmen durchzuführen, wurde hierfür ein Interview-Leitfaden erstellt. Folgende Bereiche wurden dabei abgedeckt: (i) Eröffnungsfrage, (ii) Rechtliche Grundlagen/ Prozesse, (iii) Hemmnisse und Fördernde Faktoren, (iv) Klimawandel und (v) Beispielprojekte. Die Interviewdauer betrug zwischen 45 und 90 Minuten. Alle Interviews wurden vollständig transkribiert und mit Hilfe des Softwareprogrammes MAXQDA 2020 systematisch im Rahmen einer qualitativen Datenanalyse ausgewertet.

Die Fallstudie dient zur Bewertung der Wirksamkeit von sektoraler Politikkoordination anhand eines ausgewählten Falles, in dem ein sektorübergreifender Ansatz zwischen

Wasserkraftwerksbetreiber und Hochwasserrisikomanagement gezielt umgesetzt wurde. Als Fall haben wir die Änderung der Wehrbetriebsordnungen für die Kraftwerkskette an der Drau (Kärnten) nach dem Hochwasserereignis 2012 ausgewählt. Für die Einzelfallstudie wurde methodisch ebenfalls eine Literatur- und Dokumentenanalyse mit Interviews von Expertinnen und Experten kombiniert. Die Interviews wurden mit Personen und Institutionen geführt, die in den Koordinationsprozess direkt involviert waren. Der Interview-Leitfaden deckte folgende inhaltlichen Bereiche ab: (i) Hintergrund und Hochwasserereignis 2012, (ii) Prozess zur Änderung der Wehrbetriebsordnungen bis 2014, (iii) Behördliche Anordnung der Stauseeabsenkung in 2018 und 2019 und (iv) Bewertung der Koordination. In diesem Sinne waren die Interviews aus einer prozessorientierten Sicht sehr nützlich, um aufzuzeigen, welche Koordinationsinstrumente verwendet wurden und wie diese Instrumente eingesetzt wurden. Alle Interviews wurden transkribiert und mittels MAXQDA 2020 ausgewertet.

## 4.2 Hochwasserrückhalt von Speicherkraftwerken

Abbildung 13 zeigt den Einfluss der Speicherseen auf Jahreshochwasser für Pegel flussab der untersuchten Speicherkraftwerke. Am Kopf jeder Grafik ist der Zeitraum der analysierten Zeitreihe angegeben. Im Oberlauf der Ziller und der Drau befinden sich mehrere Stauseen an verschiedenen Zubringern. Die Auswirkungen der Stauseen entlang dieser Zubringer sind einzeln dargestellt und die Lage des Zusammenflusses ist in den entsprechenden Darstellungen mit einem Stern gekennzeichnet.

Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse eine deutliche Hochwasserscheitelreduktion an allen Pegeln. Diese Reduktion nimmt entlang der Fließstrecke, mit zunehmender Einzugsgebietsgröße, ab. Im Durchschnitt ist die Verringerung der Hochwasserspitze an den ersten Pegeln flussabwärts eines Stausees am stärksten und beträgt im Mittel 63 %. An den zweiten Pegeln flussab der Stauseen sinkt die mittlere Hochwasserscheitelreduktion auf 26,5 %. Weiter flussabwärts schwächt sich die Reduktion weiter ab. Verglichen mit der Gesamtanzahl ( $n = 838$ ) der analysierten Hochwasserereignisse an allen Pegeln zeigen etwa 5,5 % der Ereignisse ( $n = 46$ ) einen Anstieg des jeweiligen maximalen jährlichen Abflusses. Dies entspricht einem Anstieg des beeinflussten Abflusses im Vergleich zum geschätzten natürlichen Abfluss. Zusätzlich sind auch die Jährlichkeiten der analysierten Ergebnisse, basierend auf GUMBEL (1958) dargestellt. Im Allgemeinen weisen Hochwasser mit niedrigeren Jährlichkeiten ( $< HQ_5$ ), die also häufiger auftreten, die größte Scheitelreduktion auf. Diese Ereignisse werden im Mittel um über 35 % reduziert. Hochwasserabflüsse zwischen einem  $HQ_5$  und  $HQ_{10}$  werden im Durchschnitt um 31 % abgedämpft. Weiters konnte festgestellt werden, dass Ereignisse mit einer geringeren Auftrittswahrscheinlichkeit ( $HQ_{10}$ – $HQ_{30}$ ) mit einer mittleren Reduktion von 23 % am wenigsten reduziert werden. Extremere Ereignisse ( $> HQ_{30}$ ) hingegen erfuhren eine stärkere Hochwasserscheitelreduktion von rund 33 %. Der Großteil der Ereignisse, bei denen die Ergebnisse eine Zunahme der Hochwasserspitzen zeigen, weisen eine Jährlichkeit von  $< HQ_5$  und stellen daher eine vernachlässigbare Hochwassergefährdung dar. Nur zwei Ereignisse, die eine Jähr-

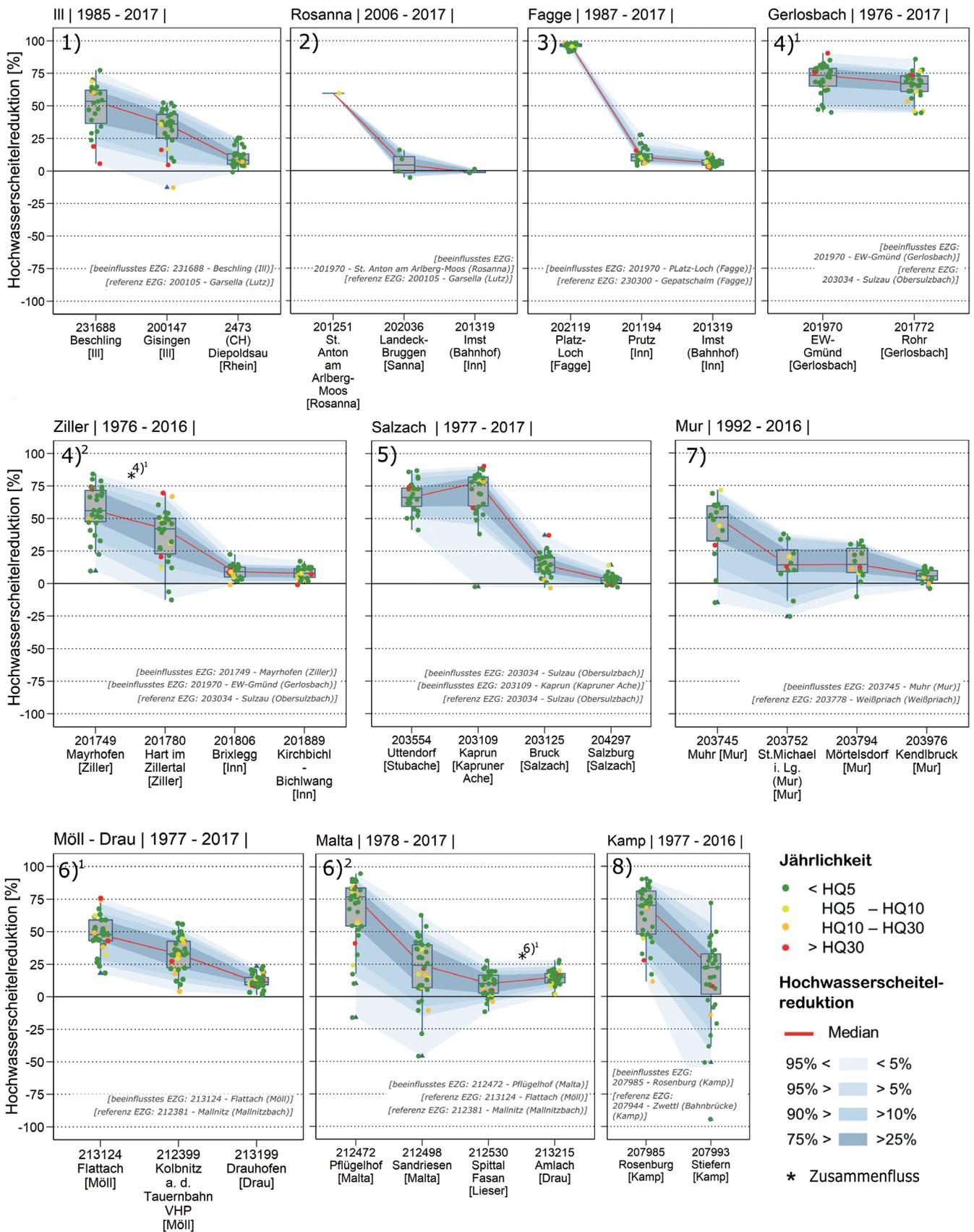


Abb. 13. Hochwasserscheitelreduktion [%] aufgrund der Speicherkraftwerke für verschiedene Pegel und Flussgebiete in Österreich, inklusive Jährlichkeit der untersuchten Jahreshochwasser.

lichkeit größer HQ<sub>30</sub> aufweisen, zeigen eine Zunahme der Hochwasserspitzen von lediglich –0,7 % und –0,4 % auf.

Die angewandte Methodik zur Abschätzung von unbeeinflussten Jahreshochwassern und ihre Annahmen sind

klarerweise mit Unsicherheiten behaftet. Dies betrifft in erster Linie die Übertragung von Hochwasserwerten der unbeeinflussten Gebiete auf die Einzugsgebiete mit Wasserkraftwerken. Gleichzeitig zeigt der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit früheren Untersuchungen (z.B. WIDMANN, 1988) eine gute Übereinstimmung der möglichen Hochwasserscheitelreduktion durch Speicherkraftwerke. Obwohl die österreichischen Speicherkraftwerke primär der Stromerzeugung dienen und meist kein gesetzlicher Auftrag zur Verbesserung der Hochwassersituation besteht, zeigen die Ergebnisse eine eindeutige Hochwasserscheitelreduktion und somit eine Reduktion der Hochwassergefahr in den Unterliegergebieten. Es kann erwartet werden, dass ein noch höheres Potential zur Verringerung von Hochwasserspitzen vorhanden ist. Dies wäre der Fall, wenn entsprechende Betriebsvorschriften vorgesehen wären, was aber den derzeitigen (bescheidmäßig festgelegten) Betriebsordnungen mit dem Ziel der Optimierung und Maximierung der Energieproduktion widersprechen würde.

### 4.3 Veränderungen des natürlichen Wasserrückhaltepotentials

Die räumliche Verteilung des WRI beider Berechnungszeiträume (1826–1859 vs. 2016) zeigt ein klares räumliches Muster (Abb. 14). Im Allgemeinen sind die Werte in Tallagen und eher flachen Gebieten, wie im Rheintal, entlang der Drau oder im Osten des analysierten Gebiets, höher als in Gebieten, die von einer steilen Topografie und alpiner Vegetation geprägt sind. Dies weist darauf hin, dass die Wasserretention in den Tallagen stärker ausgeprägt ist als in steilen Kopfeinzugsgebieten. Diese Charakteristik ist in beiden untersuchten Zeiträumen vergleichbar und die grundlegenden räumlichen Muster haben sich nicht verändert.

Der Vergleich bzw. die Differenz zwischen dem historischen und aktuellen WRI (Abb. 14 unten) zeigt jedoch eine moderate bis starke Abminderung des Retentionspotentials vor allem in den Tälern und tiefen Lagen bzw. auch entlang von Fließgewässern. Dies erklärt sich größtenteils durch die Ausweitung und Entwicklung von Siedlungsgebieten und der damit einhergehenden Flächenversiegelung. Hinzu kommen noch der Verlust und die Trockenlegung von Feuchtgebieten und die Abholzung von Waldflächen in tieferen Lagen. Zusätzlich spielt noch der Faktor der Flussbegradigungen eine Rolle, welcher Flüsse und deren Flussbett in ihrer Retentionswirkung nennenswert einschränken kann. Im Gegensatz dazu gibt es aber auch Bereiche, in denen ein Anstieg des Wasserretentionsindex ersichtlich ist. Dies sind in erster Linie höher gelegene Flächen, bei denen es zu einer Zunahme von Waldflächen und zu einer Transformation von Ödland zu Grünland gekommen ist. Zudem sind durch alpine Speicherkraftwerke neue künstliche Wasserflächen hinzugekommen, was sich positiv auf das Retentionspotential auswirkt.

An den Beispielen rechts unten in Abbildung 14 wird die Veränderung des Wasserretentionsindex im Salzachtal (a) und östlich von Klagenfurt (b) detaillierter dargestellt. Im Salzachtal ist zu erkennen, dass der WRI durch die Landnutzungsänderung nennenswert abgenommen hat. Gleichzeitig zeigt sich, dass sich das Retentionspotential entlang der Talflanken in höher liegenden Gebieten ver-

bessert hat. Im Bereich von Klagenfurt und nördlich entlang der Glan ist es zu einer starken Reduktion des WRI gekommen. Dies ist zu einem großen Teil auf die großräumige Entwicklung von Siedlungsgebieten zurückzuführen.

Abbildung 15 zeigt Verschiebungen des WRI zwischen dem historischen und aktuellen Zustand. Dafür wurden die kontinuierlich berechneten WRI-Werte in fünf Klassen in die Kategorien sehr niedrig (0–2), niedrig (2–4), moderat (4–6), hoch (6–8) und sehr hoch (8–10) aggregiert. Hier zeigt sich, dass es in 94,9 % des untersuchten Gebiets zu keinen Klassenverschiebungen gekommen ist. In lediglich 5,1 % des analysierten Gebiets kommt es zu einer Klassenverschiebung zwischen dem historischen und aktuellen WRI. Diese Verschiebungen sind in Abbildung 15 dargestellt. Zusätzlich sind die absoluten Flächen und die relativen Anteile am Gesamtgebiet angegeben.

Abbildung 15 zeigt, dass es zu einer über 9-fachen Zunahme an Flächen mit sehr niedrigem WRI (0–2; rot) gekommen ist. Landnutzungsänderungen haben ebenfalls zu einer starken Reduktion von Flächen mit hohen und sehr hohen WRI (6–10; hell- und dunkelblau) geführt. Im Vergleich zwischen historischem und aktuellem Zustand zeigt sich, dass sich Flächen mit sehr hohen WRI Werten (8–10; dunkelblau) um das 13-fache verringert haben. Bei historisch niedrigen WRI Werten (2–4; gelb) ist es im Gegensatz dazu vielfach zu einer Verbesserung und Verschiebung zu moderaten WRI Werten (4–6; grün) gekommen. Dies ist in erster Linie mit der Zunahme der Waldflächen in höher gelegenen Gebieten zu erklären.

Zusammengefasst ergeben die Analysen des historischen und aktuellen Wasserretentionsindex, dass es in rund 95 % des Gebietes nur zu geringfügigen Änderungen im WRI gekommen ist. Allerdings zeigen Flächen, bei denen es zu einer Klassenverschiebung gekommen ist, auch deutliche Verschlechterungen des aktuellen natürlichen Wasserretentionsindex im Vergleich zum historischen Zustand. Diese Verschlechterungen treten vor allem in den Tallagen und Ballungszentren auf und zeigen, dass es sowohl zu einer Veränderung der Hochwassergefährdung, als auch zu einer Erhöhung der Hochwassereexposition in diesen Bereichen gekommen ist.

### 4.4 Sektorale Koordinationsprozesse in der Wasserkraft

Die Einbindung der Wasserkraft in das Hochwasserrisikomanagement ist für eine vielfältige Gruppe von Akteurinnen und Akteuren von besonderem Interesse, darunter Kraftwerksbetreiber, Bundes- und Landesbehörden, Gemeinden und Anrainer, Nichtregierungsorganisationen und andere Wirtschaftsunternehmen. Aus den Anforderungen dieser unterschiedlichen Interessengruppen können sich sowohl Synergie- als auch Konfliktpotentiale ergeben. Eine zuverlässige Stromversorgung und Netzstabilität, auch bei Hochwasser, hat oberste Priorität und verbindet die verschiedenen Interessen.

Trotz ihres Potentials für den Hochwasserschutz sehen die Betreiber von Wasserkraftwerken in Österreich das Hochwasserrisikomanagement nicht in ihrer Verantwortung. Ihr Hauptziel sei die Stromerzeugung. Aus Sicht der Wasserkraft ist das Hochwasserrisikomanagement ein rele-

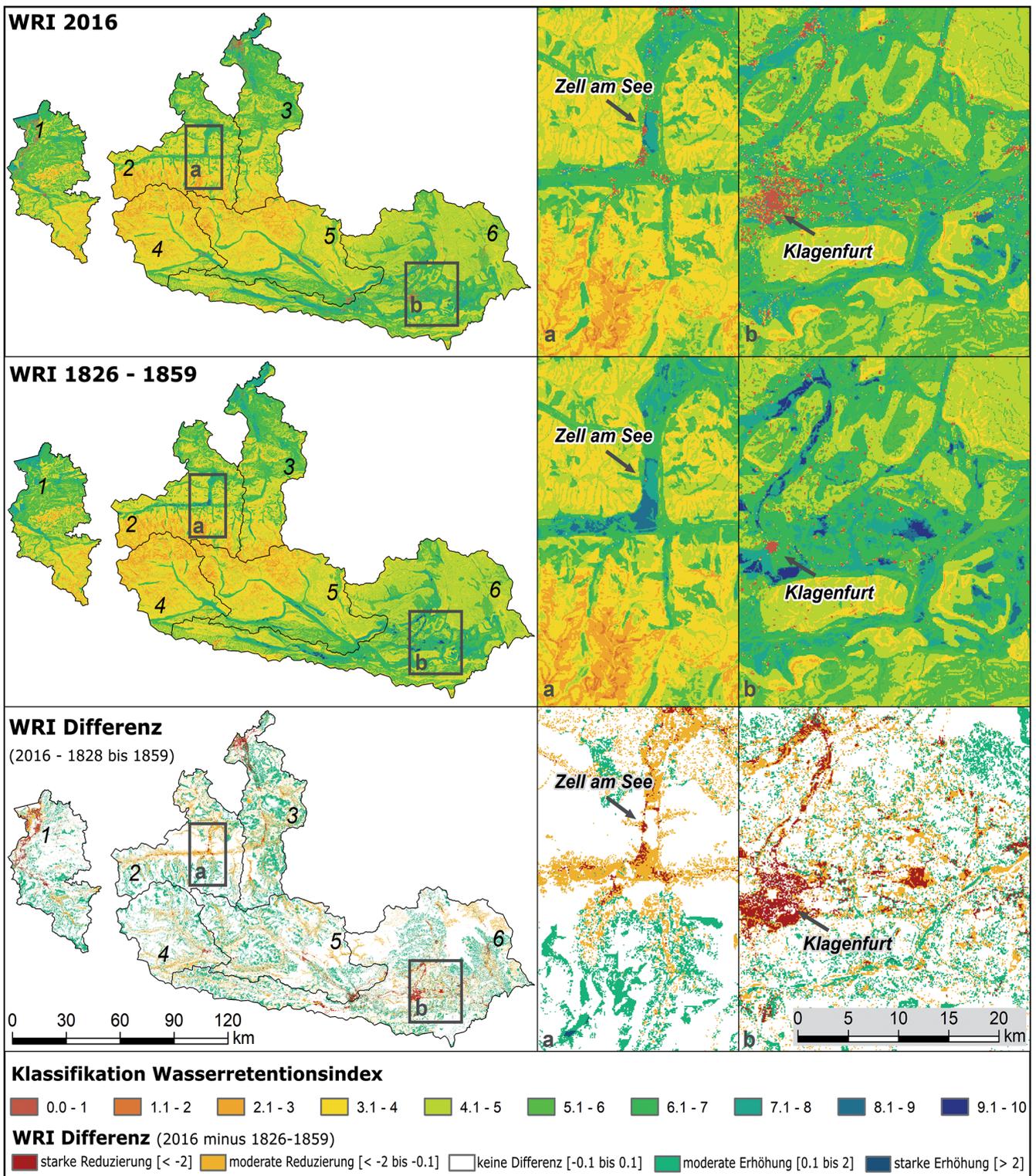


Abb. 14. Wasserretentionsindex historisch (1826–1859) und aktuell (2016) und Differenzen.

vantes, aber sekundäres Problem. Das wichtigste Instrument zur Integration der sektoralen politischen Ziele der Stromerzeugung aus Wasserkraft und des Hochwasser- risikomanagements ist das österreichische Wasserrechts- gesetz (WRG 1959), das eine Bewilligungspflicht für Was- serkraftanlagen vorsieht. Die Bewilligung darf nicht erteilt werden, wenn die Wasserkraftanlage öffentliche Inter- essen oder bestehende Rechte (z.B. Eigentumsrechte) ver- letzt (I6). Allerdings verlangt das Wasserrechtsgesetz kei-

ne Verbesserung der Hochwassersituation nach dem Bau einer Wasserkraftanlage, sondern verbietet klar eine Ver- schlechterung (I6, I9). Im Rahmen des Bewilligungsverfah- rens muss der Anlagenbetreiber Wehrbetriebsordnungen vorschlagen, welche die Betriebsregeln einer Wasserkraft- anlage sowohl für den Normalbetrieb als auch für Hoch- wasserereignisse festlegen. Die Wehrbetriebsordnung wird von den Behörden genehmigt. Dies ist im Grunde das Kerninstrument für die politische Integration. Betroffe-

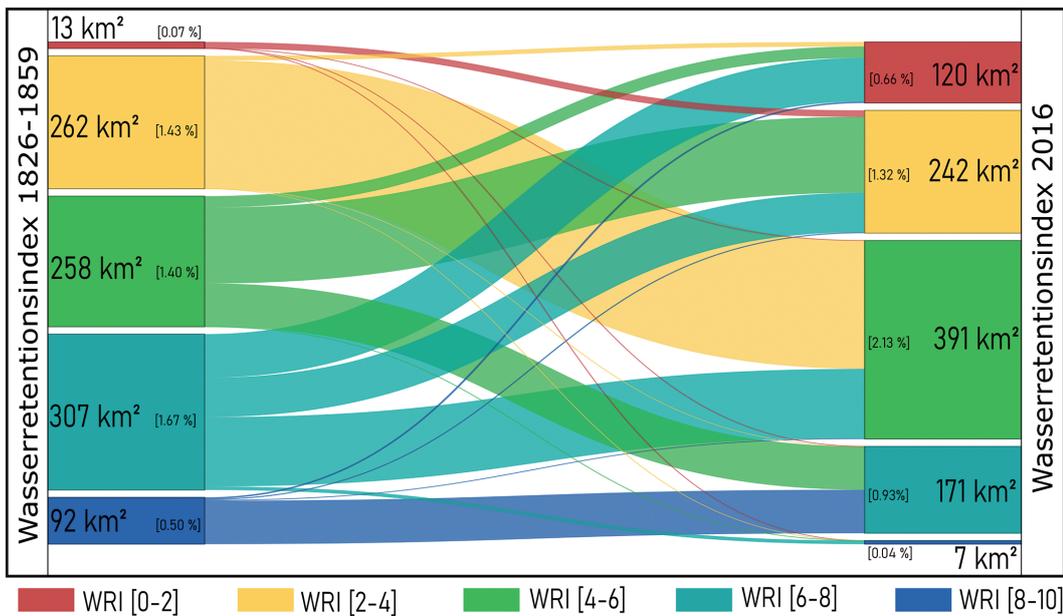


Abb. 15. Verschiebungen des Wasserretentionsindex zwischen historischem (1826–1859; links) und aktuellem (2016; rechts) Zustand. Der WRI wurde dafür in fünf Klassen mit den Kategorien sehr niedrig, niedrig, moderat, hoch und sehr hoch eingeteilt. Die dargestellten Veränderungen beziehen sich auf 5,1 % des Gesamtgebiets, bei denen es zu Klassenverschiebungen gekommen ist.

ne Dritte können während des Bewilligungsverfahrens zur Wahrung ihrer Rechte eine schriftliche Stellungnahme einreichen. Die bewilligten Wehrbetriebsordnungen können nachträglich vom Betreiber oder den Behörden angepasst werden, nicht aber von Dritten. Kleinere Anpassungen sind durchaus üblich: „Die Wehrbetriebsordnung [...] ist aufgrund der Erfahrungen bei den letzten Hochwassern immer wieder angepasst worden“ (I9). Zusätzlich könnte die Behörde, wenn das öffentliche Interesse nicht hinreichend geschützt ist, eine Abänderung der Bewilligung aufgrund einer Anpassung an die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, zur Erreichung dieses Schutzes in Auftrag geben. Dies wurde in Österreich noch nie angewandt (I5). Im Falle eines außergewöhnlichen Hochwasserereignisses kann die Wehrbetriebsordnung außer Kraft gesetzt werden und der Kraftwerksbetrieb wird durch einen behördlich eingerichteten Krisenstab (Katastrophenschutz) kontrolliert. Die Betreiber größerer Wasserkraftwerke können diesem Team angehören (I3, I4, I7). In Abbildung 16 sind die aus den Interviews hervorgegangenen Interaktionsbereiche dargestellt.

Die enge Abstimmung zwischen Behörden und Kraftwerksbetreibern, insbesondere bei den größeren Kraftwerken, ist historisch gewachsen und hat in Österreich zu einem synergetischen Verhältnis und einem eher geschlos-

senen Netzwerk geführt. Ein Interviewpartner fasst dies so zusammen: „Wir treffen uns recht oft. Nicht nur zum Thema Hochwasserschutz, sondern auch zum nationalen Wasserwirtschaftsplan. Es gibt eine Reihe von Themen, die wir austauschen. Und wir kennen die beteiligten Personen gut und Sie kennen uns. Das funktioniert also gut“ (I8). Diese enge sektorale Beziehung bringt bestimmte Vorteile für die politische Integration mit sich, insbesondere direkte persönliche Kontakte, die im Falle eines extremen Hochwasserereignisses schnelle und informelle Entscheidungswege ermöglichen. Darüber hinaus tauschen Behörden und Anlagenbetreiber Daten (z.B. über den Abfluss oder Prognosen), Fachwissen und Zuständigkeiten aus und betreiben auch Hochwasservorhersagemodelle gemeinsam. Die enge Vernetzung kann aber auch Defizite mit sich bringen, wenn sie den Anlagenbetreibern eine Vormachtstellung gegenüber anderen Akteurinnen und Akteuren verschafft. Ein Vergleich von zehn Wehrbetriebsordnungen verschiedener Wasserkraftwerke entlang der Donau zeigte einige Unterschiede zwischen den operativen Regelwerken (RECHNUNGSHOF, 2016). Nur sehr wenige enthielten Regelungen zu den Rechten von Land- und Waldbesitzern und zu Mechanismen zur Abwicklung von Schadensersatzansprüchen. Darüber hinaus haftet der Anlagenbetreiber in der Regel für alle Schäden, die durch den rechtlichen



Abb. 16. Interaktionsfelder zwischen Hochwasserschutz und Wasserkraft.

Bestand der Wasserkraftanlage verursacht werden, es sei denn, die Beeinträchtigung wurde durch höhere Gewalt verursacht. Dementsprechend argumentierten Anlagenbetreiber in vielen Gerichtsverfahren erfolgreich mit höherer Gewalt und damit, dass sie sich an die genehmigten Wehrbetriebsordnungen hielten, um nicht für Hochwasserschäden haftbar zu sein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es starke Synergien zwischen Wasserkraftwerksbetreibern und den Behörden gibt, welche sich positiv auf die politische Koordination auswirken. Dies spiegelt sich vor allem im informellen Netzwerk zwischen den beiden Akteurinnen und Akteuren wider, wo Prozesse aufeinander abgestimmt und Entscheidungen zeitnah und unkompliziert gefällt werden können. Hierdurch kann es allerdings möglicherweise zu Nachteilen für Dritte, also im Ereignisfall betroffene Akteurinnen und Akteure kommen.

#### **4.5 Fallstudie: Wehrbetriebsordnungen als Instrument der sektoralen Politikkoordination**

Nach Hochwasserereignissen mit Überflutungen im Unterlauf sehen sich Wasserkraftunternehmen in Österreich häufig dem Vorwurf ausgesetzt, dass der Betrieb der Wehranlagen und das Stauraummanagement während des Hochwassers zu einer Erhöhung der Hochwassergefahr im Unterlauf geführt hat. Dies war beispielsweise bei den Hochwasserereignissen am Kamp 2002, an der Donau 2013 oder an der Drau 2012 der Fall.

Im Rahmen des Projektes wurde die Drau als Fallstudie näher untersucht, da die Prozesse der sektoralen Politikkoordination rund um das Hochwasser 2012 (und weitere Hochwasser 2018 und 2019) vielschichtig und interessant sind. Starker Niederschlag und verhältnismäßig hohe Temperaturen, die zu einem „Regen auf Schnee“-Ereignis auch in höheren Lagen geführt haben, waren Auslöser des Hochwassers 2012. Das Ereignis in Kärnten am 5. November 2012 entsprach einem 30- bis 100-jährlichen Ereignis. Aufgrund der generellen Wetterlage war die Vorhersage des Hochwassers schwierig und die Schwere wurde in den anfänglichen Prognosen stark unterschätzt. Es kam zu Überflutungen und in weiterer Folge zu Klagen und Schadensersatzforderungen des Landes Kärnten, von Gemeinden, von Privatpersonen und weiteren Betroffenen aus Slowenien gegen die Verbund AG als Kraftwerksbetreiber. Der Vorwurf lautete, dass die Betriebsweisen der Kraftwerke während des Hochwassers zu einer Verschärfung der Überflutungen geführt haben. Die darauffolgenden Gerichtsprozesse zeigten jedoch, dass die Wehrbetriebsordnungen eingehalten wurden.

Das erste Kraftwerk an der Drau wurde in den Jahren 1939 bis 1943 in Schwabeck errichtet. Bis 1988 wurden mit dem letzten errichteten Kraftwerk Paternion insgesamt zehn Laufkraftwerke an der Drau errichtet. Die Kraftwerke erhielten jeweils Einzelbewilligungen und es fehlte ein gesamtheitliches Konzept für die Wehrbetriebsordnungen (WBO) der gesamten Kraftwerkskette. Ziel dieser Einzelbewilligungen war der Schutz der Kraftwerksanlagen. Eine Berücksichtigung der Unterlieger war nicht vorgesehen. Erste Absichten zu einem Gesamtkonzept und zu zulaufgesteuerten Wehrbetriebsordnungen erfolgten 2009, waren aber

bis zum Hochwasser 2012 noch nicht bewilligt. Herausfordernd war dabei die Implementierung der Berücksichtigung von Abflussprognosen und die Diskussion, welche Prognose (Verbund AG, Land Kärnten) maßgeblich sei. Ein wesentlicher Streitpunkt der aktualisierten Wehrbetriebsordnungen war die Festlegung von Abstaukurven. Abstaukurven definieren das Ausmaß von Vorabsenkungen der Speicher bei gewissen prognostizierten Durchflüssen. Einerseits kann eine Vorabsenkung Retentionsvolumen für eine Kappung von Hochwasserwellen bereitstellen, andererseits führen hohe Absenkungsraten und Absenkungsvolumen zu ökologischen und naturschutzrechtlichen Problemen (Fischerei) und potentiellen Problemen mit Hangrutschungen und Böschungsbrüchen, also der Betriebssicherheit. Absenkungen führen auch zum Verlust an Produktionsmitteln und zu Einbußen in der Stromproduktion. Die Steuerung der Absenkungen ist weiters nicht trivial, da sie von Zuflussprognosen abhängt und diese mit nennenswerten Unsicherheiten verbunden sind, gerade wenn der Prognosezeitpunkt weiter in der Zukunft liegt.

Nach dem Hochwasserereignis vom November 2012 wurde die Verbund AG vom zuständigen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) aufgefordert, die betreffenden Abstauregelungen aufgrund der Erfahrungen mit dem Hochwasser zu überarbeiten und zur wasserrechtlichen Bewilligung einzureichen. Bis zum Vorliegen einer endgültigen Abstauregelung wurde vom BMLFUW im Juni 2013 eine temporäre Abstauregelung befristet bewilligt.

In den Wasserrechtsverhandlungen zur Überarbeitung der WBO hatten Unterliegergemeinden, Fischereiberechtigte, Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer sowie das Land Kärnten Parteienstellung. Im August 2014 stellte die Verbund AG einen Antrag auf Erteilung einer finalen wasserrechtlichen Bewilligung sowohl für die Abstauregelung (Wehrbetriebsordnung – WBO) als auch für die Betriebs- und Überwachungsordnungen (BÜO) der Kraftwerkskette. In den mündlichen Verhandlungen argumentierten sowohl das Land Kärnten als auch die Unterliegergemeinden, dass Vorabsenkungen nennenswertes Retentionspotential zum Kappen von Hochwasserwellen haben und zum verbesserten Schutz von Unterliegergebieten führen würden. Die eingebrachten Argumente wurden jedoch im Bescheid des Bundesministeriums für die konsolidierte WBO vom Dezember 2014 nicht im gewünschten Maße berücksichtigt. Auch Einsprüche beim Landesverwaltungsgerichtshof Kärnten änderten dies nicht. Ein Grund dürfte hier sein, dass das bestehende Wasserrechtsgesetz (WRG) ausschließlich ein Verschlechterungsverbot der Hochwassersituation durch die zu bewilligende Anlage im Unterlauf vorsieht. Ein Verbesserungsgebot ist im WRG nicht vorgesehen. Die verhandelten WBOs waren schließlich ein Kompromiss, in dem geringfügige, prognosebasierte Vorabsenkungen bei Prognosen, die festgelegte Durchflüsse überschreiten, vorgesehen sind, die gleichzeitig aus ökologischer Sicht vertretbar waren und welche die Betriebssicherheit der Anlagen nicht gefährdeten. Ein Interviewpartner fasste den Prozess so zusammen: *„Sicherlich ein notwendiger Prozess, der für alle Beteiligten, sei es für die Betreiber, die Behörden, die beteiligten Gemeinden und die Bürger notwendig und auch sinnvoll war, und schlussendlich Vorteile gebracht hat [...], das muss man positiv sehen“* (I47).

Vom 28. bis 31. Oktober 2018 ereignete sich an der Drau, der Möll, der Gail und ihren Zubringern ein 10- bis 120-jährliches Hochwasser, das auch zu großflächigen Überschwemmungen führte. Hier kamen die neuen Wehrbetriebsordnungen zum Einsatz. Laut der Hochwasserprognose wurde für Lavamünd ein 30- bis 100-jährliches Hochwasser prognostiziert, was verheerende Überschwemmungen zur Folge gehabt hätte. Daher wurden von den Bezirkshauptmannschaften Wolfsberg, Völkermarkt und Klagenfurt-Land, die im Krisenfall die obersten Behörden sind, zusätzlich einstweilige Verfügungen erlassen, um verschiedene Stauräume weiter abzusenken als in der neuen WBO festgelegt wurde. In diesem Fall wurden erstmals die Stauräume Annabrücke und Ferlach um 2,5 m abgesenkt. Zusätzlich wurde der Speicher Edling über die normale Absenkgrenze hinweg um 4 m abgesenkt. Dies verhinderte weitgehende Überflutungen. Die Vorabsenkungen wurden im Landeskrisenstab besprochen, in dem alle Lageinformationen der verschiedenen Beteiligten zusammenkommen. Die Mitglieder des Krisenstabs haben aus den Erfahrungen des Hochwassers 2012 sehr viel gelernt und der Krisenstab wird von allen Beteiligten als sehr professionell und wichtig eingeschätzt.

Im November 2019 kam es dann zu einem weiteren Hochwasser an der Drau. Hier wurde für den Ort Lavamünd ein 10- bis 30-jährliches Hochwasser prognostiziert. Dabei wurde wieder eine einstweilige Verfügung durch den Bezirkshauptmann des Bezirks Völkermarkt erlassen, in der das Kraftwerk und der Stauraum Edling liegt. In der einstweiligen Verfügung wurde eine massive Stauraumabsenkung in Edling verordnet, die deutlich über jene in der neuen WBO festgelegten Absenkung im Hochwasserfall hinausging. Der Schritt des Bezirkshauptmanns war der Grund, warum es flussab und in der Gemeinde Lavamünd in der Folge zu keinen größeren Überschwemmungen gekommen ist.

Die sektorale Koordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Wasserkraft sowie den betroffenen Interessengruppen nach dem Hochwasser 2012 war ein mehrjähriger Lern- und Abstimmungsprozess, der rückblickend von allen Beteiligten als sehr positiv beurteilt wird. Die Verhandlungen zur temporären und dann finalen WBO waren zum Teil schwierig, aber am Ende ein erfolgreicher Prozess für den Hochwasserschutz an der Drau. Die Ereignisse rund um die Hochwasser 2018 und 2019 sind insofern interessant, als dass mit dem zusätzlichen Instrument der einstweiligen Verfügung Maßnahmen gesetzt wurden, die zu einer nennenswerten Reduktion der Hochwassergefahr geführt haben. Ironischerweise entsprechen diese Maßnahmen im Wesentlichen den Forderungen, die das Land Kärnten und die Gemeinde Lavamünd bereits im Wasserrechtsverfahren zur Änderung der Wehrbetriebsordnungen gefordert hatten. In diesem Sinne könnte man abschließend kritisch anmerken, dass die Anliegen von Unterliegern im Wasserrechtsverfahren bei der Bewilligung von Kraftwerken noch zu wenig berücksichtigt werden. Auch sind weitergehende Fragen bezüglich weiterer potentieller Retentionsflächen entlang der Drau im Fall eines mehr als 100-jährlichen Hochwasserereignisses nicht besprochen worden, da diese Anliegen nicht Teil der wasserrechtlichen Verhandlung zur Wehrbetriebsordnung sind.

## 4.6 Schlussfolgerungen

Die künstlich angelegten Stauseen in hochalpinen Tälern führen zu einer starken Erhöhung des Hochwasserrückhalts. Die Ergebnisse der Problemanalyse zum Hochwasserrückhaltevermögen von Speicherkraftwerken zeigen auf, dass die Stauseen der Kraftwerke die Hochwasserspitzen deutlich reduzieren, obwohl die Kraftwerke primär zur Stromerzeugung errichtet und genehmigt wurden. Speicherabsenkungen oder ein Speicherbetrieb im Sinne eines integrierten Hochwasserrisikomanagements sind bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Speicher Klaus) nicht vorgesehen. Allerdings wird die Hochwassergefahr durch die errichteten Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke entlang des Unterlaufs, aber auch in Vorflutern reduziert. Ungedacht, dass die Speicherseen einen Beitrag zur Reduzierung der Hochwassergefahr leisten, besteht in der Regel für die Betreiber von Wasserkraftwerken keine gesetzliche Verpflichtung zur Übernahme von Verantwortung im Hochwasserrisikomanagement.

Neben der eindeutigen Reduzierung der Hochwassergefahr durch Speicherseen haben menschliche Aktivitäten, wie die Veränderung der Landnutzung, das natürliche Hochwasserrückhaltepotential und dadurch die Hochwasserexposition erhöht. Da das Ziel eines integrierten Hochwasserrisikomanagements die Reduktion der Auswirkungen von Überschwemmungen durch strukturelle und nicht-strukturelle Maßnahmen ist, spielt die Land- und Flächennutzung eine wesentliche Rolle. Dies wird auch in der EU-Hochwasserrichtlinie (EU-HWRL 2007) dargestellt. Die Veränderung der Landnutzung beeinflusst dadurch die Hochwasserexposition und das Hochwasserrisiko. In Österreich werden jährlich zwischen 15 und 20 km<sup>2</sup> der produktiven Böden dauerhaft versiegelt. Das bedeutet, dass seit dem Jahr 2000 etwa die Fläche von Wien (415 km<sup>2</sup>) an produktiven Böden und deren Funktionen dauerhaft verloren gegangen sind (z.B. Bodenbildung, Wasserretention, Biodiversität). Die Problemanalyse zur Veränderung des natürlichen Wasserrückhaltepotentials aufgrund von Landnutzungsänderungen zwischen dem 19. Jahrhundert und heute zeigt auf, dass sich das Wasserrückhaltepotential vor allem in den Tälern und tiefen Lagen stark reduziert hat. Dies ist zu einem sehr großen Teil auf die erhebliche Zunahme von Siedlungsgebieten und Ballungszentren zurückzuführen. Hinzu kommt noch der Verlust von Feuchtgebieten durch Trockenlegungen und die Abholzung von Waldflächen, um diese Flächen landwirtschaftlich zu nutzen. Im Gegensatz dazu gibt es aber auch Bereiche, in denen ein Anstieg des Wasserrückhaltepotentials ersichtlich ist. Dies sind in erster Linie höher gelegene Flächen, bei denen es zu einer Zunahme von Waldflächen und zu einer Transformation von Ödland zu Grünland gekommen ist. Diese Veränderung der Landnutzung führt daher zu einer Veränderung der Hochwassergefahr und zu einer Erhöhung der Hochwasserexposition in Tallagen.

Neben den Veränderungen des Hochwasserrisikos in den letzten Jahrzehnten und Jahrhunderten durch menschliche Aktivitäten sind auch die sektorale Koordination und die zur Verfügung stehenden Instrumente ein wesentlicher Faktor im Hochwasserrisikomanagement. Das wichtigste Instrument der Politikkoordination zwischen den Kraftwerksbetreibern und dem Hochwasserrisikomanagement ist das österreichische Wasserrechtsgesetz (WRG 1959). Dies regelt die Genehmigungen und Bewilligungen von Wasser-

kraftanalagen. Im Zuge einer Bewilligung wird eine Wehrbetriebsordnung definiert, welche das Kerninstrument der Politikintegration darstellt. Im Bewilligungsverfahren können betroffene Dritte eine schriftliche Stellungnahme einreichen. Nachträgliche Änderungen der Bewilligung können nur von den Betreibern oder den Behörden angeregt werden. Dadurch kann es allerdings zu Nachteilen für Dritte, möglicherweise betroffene Akteurinnen und Akteure kommen. Durch das historisch gewachsene synergetische Verhältnis zwischen Kraftwerksbetreibern und Behörden werden mögliche Abstimmungen eher in einem geschlossenen Netzwerk durchgeführt. Dies ermöglicht den Verantwortlichen bei einem Hochwasserereignis schnelle und auch informelle Entscheidungen zu treffen. In Extremfällen kann die Wehrbetriebsordnung von den Behörden außer Kraft gesetzt werden und die Steuerung der Anlage durch einen Krisenstab kontrolliert werden. Dadurch ergeben sich gewisse Vorteile für die sektorale Koordination im Hochwasserrisikomanagement. Gleichzeitig bedeutet die enge sektorale Beziehung zwischen Anlagenbetreibern und dem Hochwasserrisikomanagement, dass es im Ereignisfall möglicherweise zu Benachteiligungen von betroffenen Dritten durch Schäden kommen kann.

Um die Wirkungen der Politikintegration und der ausgewählten Instrumente zwischen der Wasserkraft und dem Hochwasserrisikomanagement detailliert zu analysieren, wurde im Rahmen einer Fallstudie an der Drau der sektorale Koordinationsprozess anhand der Änderung einer Wehrbetriebsordnung in Folge des Hochwasserereignisses 2012 untersucht. Im Jahr 2018 wurden aufgrund der Hochwasserprognose des Kraftwerksbetreibers erstmals drei Stauräume vorübergehend um 2,5 m von den Kraftwerksbetreibern abgesenkt. Dies wurde in der neuen geänderten Wehrbetriebsordnung nach den Erfahrungen vom Hochwasser 2012 geregelt. Während der Hochwasser 2018 und 2019 wurde durch den Krisenstab und die Bezirkshauptmannschaften eine zusätzliche Absenkung der Stauräume verordnet. Zusätzlich wurden noch weitere lokale Schutzmaßnahmen angeordnet. Bei dem Ereignis 2018 wurde der Speicher des Kraftwerks Edling durch eine einstweilige Verfügung über die normale Absenkgrenze hinaus um 4 m abgesenkt. Diese Maßnahmen spiegeln Instrumente der sektoralen Politikkoordination im Hochwasserrisikomanagement zwischen dem Kraftwerksbetreiber und der Schutzwasserwirtschaft wider, welche im Ereignisfall zusätzlich zur Anwendung kommen können.

## 5 Landwirtschaft und Hochwasserrückhalt

Die Rolle der Landwirtschaft im Politikfeld Hochwasser hat sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Wurden früher landwirtschaftliche Flächen vor wiederkehrenden Überflutungen geschützt, so stellen diese heute eine wichtige „Ressource“ für den Hochwasserrückhalt und die Reduzierung der Abflussspitzen dar. Damit gehen unterschiedliche Erwartungshaltungen einher, welchen Beitrag die Landwirtschaft im Hochwasserrisikomanagement zu leisten hat. Aus diesem Spannungsfeld ergeben sich die folgenden konkreten Ziele der Bearbeitung des Interaktionsfeldes Hochwasserrückhalt – Landwirtschaft:

- Schärfung des Bewusstseins für die räumlichen Dimensionen und die differenzierte Vulnerabilität der landwirtschaftlichen Gebiete gegenüber Hochwasserereignissen.
- Darstellung und Analyse derzeitiger rechtlicher Rahmenbedingungen und Instrumente.
- Identifizierung und Darstellung der Grundstruktur des Koordinationsprozesses und der Art der Einbindung, Vernetzung und Koordination landwirtschaftlicher Akteurinnen und Akteure und ihrer Rolle bei der prozessualen Umsetzung von Hochwasserschutzprojekten mit den anderen Beteiligten.
- Aufzeigen von Optionen zur verbesserten Einbindung landwirtschaftlicher Akteurinnen und Akteure in die Politikkoordination im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements (HWRM).

In Kapitel 5.1 werden die verwendeten Daten und Methoden beschrieben. Darauf folgen in Kapitel 5.2 die Ergebnisse der räumlichen Analysen an der Schnittstelle von landwirtschaftlicher Landnutzung und Hochwasserrisikogebieten. Die Verfahrensabläufe bei der Umsetzung von

Hochwasserschutzprojekten auf landwirtschaftlichen Flächen und die damit zusammenhängenden Herausforderungen für landwirtschaftliche Beteiligte werden in Kapitel 5.3 behandelt und beinhalten eine Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen und Instrumente im Interaktionsfeld, eine Beschreibung und Analyse der Prozesse und Beteiligten, die Entschädigungspraxis anhand eines Fallbeispiels sowie eine Analyse der identifizierten Barrieren in Prozessen des HWRM und Lösungsvorschläge zur Überwindung dieser Barrieren. Daraus resultierende Schlussfolgerungen werden in Kapitel 5.4 gezogen.

### 5.1 Methodik

Das Untersuchungsgebiet im landwirtschaftlichen Teilprojekt umfasste das gesamte österreichische Bundesgebiet mit einem speziellen Fokus auf die Alpenregion nach der Abgrenzung der Alpenkonvention (Abb. 17).

Um die räumlichen Zusammenhänge zwischen Landwirtschaft und HWRM darzustellen, erfolgten GIS-Analysen der detaillierten landwirtschaftlichen Flächennutzung (IN-VEKOS, landwirtschaftlich genutzte Flächen von Betrieben, die an Maßnahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik teilnehmen; BMLRT, 2018) und Überlagerungen mit der Hochwasserrisikozonierung für ein 300-jährliches Hochwasser (beinhaltet Gefahrenzonen bzw. Überflutungsflächen der Bundeswasserbauverwaltung (BWV), der Wildbach- und Lawinverbauung (WLV) und HQ200-Flächen von HORA, Stand Anfang 2020), wie sie für die historische Analyse der Flächennutzung im Arbeitspaket „Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore“ entwickelt wurde (HÖHENSINNER et al., 2021a). Zusätzliche Informationsquellen waren die Österreichische Bodenkarte (BFW, 2018) und

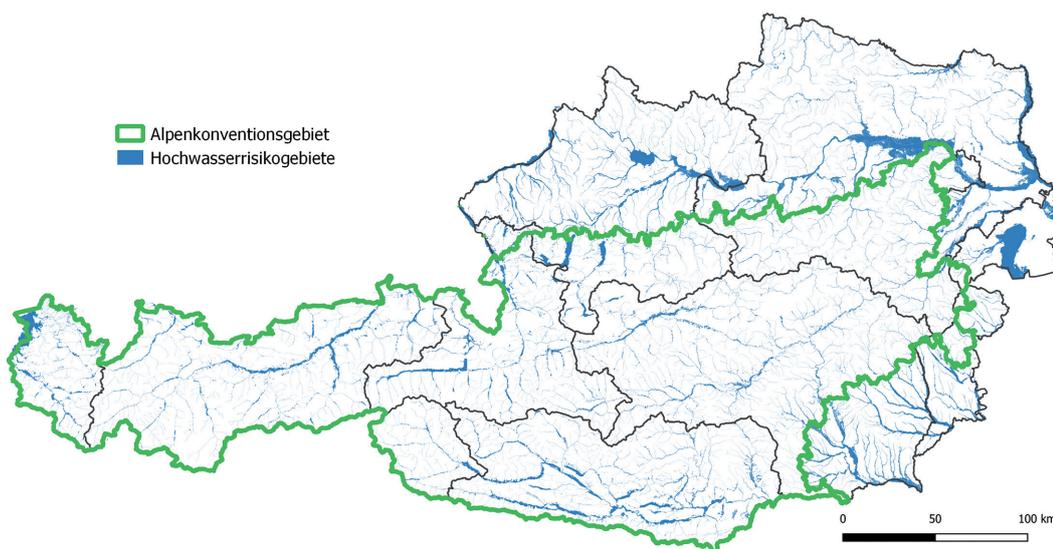


Abb. 17. Österreichisches Gebiet der Alpenkonvention sowie Hochwasserrisikozonierung als Basis der räumlichen Verschneidung mit landwirtschaftlichen Flächennutzungen (Quelle: Darstellung BAB mit Daten von BEV, Alpine Convention, HOHENSINNER et al., 2021a)

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich“ (HASLMAYR et al., 2016) sowie Standardoutputkoeffizienten für die Landwirtschaft (BAB, 2020), die den durchschnittlichen Geldwert der Bruttoagrarerzeugung einzelner Kulturen wiedergeben. Um die gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen zu verstehen, wurden Richtlinien, Gesetze, Maßnahmen und Instrumente mit Einfluss auf das Spannungsfeld Landwirtschaft – HWRM hierarchisch dargestellt. Die Erfahrungen der landwirtschaftlichen Beteiligten (überwiegend Expertinnen und Experten der Landwirtschaftskammern (LK) und der Behörden der Schutzwasserwirtschaft) wurden mit Hilfe von 14 strukturierten qualitativen – telefonischen bzw. persönlichen – Interviews erfasst und mittels der Software MAXQDA ausgewertet. Darüber hinaus wurde die Thematik der Entschädigungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer im Rahmen einer Fallstudie eingehender anhand von weiteren Recherchen und drei Interviews untersucht.

genutzt, 36.000 ha sind mit Futtermais (Körnermais und Corn-Cob-Mix) sowie 25.000 ha mit Winterweichweizen bebaut. Jeweils rund 11.000 ha machen Sojabohnen und Silomais aus. Ölkürbis und Zuckerrüben sind mit jeweils rund 4.000 ha vertreten. Nur auf das Alpengebiet bezogen (Abb. 18), verschieben sich die Nutzungsanteile hin zu Grünland- und Feldfutter- sowie Futtergetreidenutzungen. Brotgetreide und andere Ackerfrüchte, Hack- und Ölfrüchte sind nur in geringem Ausmaß vertreten.

## 5.2 Landwirtschaftliche Nutzung in Hochwasserrisikogebieten

Die folgenden Ergebnisse der Überlagerung von landwirtschaftlichen Flächen und Hochwasserrisikogebieten zeigen das Ausmaß der räumlichen Verflechtung zwischen Landwirtschaft und HWRM und spezifische Vulnerabilitäten landwirtschaftlicher Gebiete gegenüber Hochwasserereignissen.

### 5.2.1 Flächendimensionen

Eine Überlagerung der Hochwasserrisikogebiete (HQ300) mit den INVEKOS-Daten 2018 für ganz Österreich ergibt, dass rund 246.000 ha (= 7,7 % der gesamten INVEKOS-Flächen) innerhalb dieser Hochwasserrisikogebiete liegen. Die Anteile sind naturgemäß regional sehr unterschiedlich und können in einzelnen alpinen Gemeinden 50 und mehr Prozent der landwirtschaftlichen Flächen erreichen.

Insgesamt werden beispielsweise 57.200 ha der Landwirtschaftsflächen in HQ300-Gebieten als intensives Grünland

### 5.2.2 Ökonomische Dimension

Eine Betrachtung der Bodeneigenschaften der Landwirtschaftsflächen in den Hochwasserrisikogebieten zeigt, dass in Österreich ein beträchtlicher Anteil dieser Agrarflächen in den Hochwasserrisikogebieten auf hochwertige Ackerflächen (77.000 ha) bzw. hochwertige Grünlandflächen (78.000 ha) entfällt und damit von besonderer Wichtigkeit für die landwirtschaftlichen Betriebe ist. Die große Spannweite der Standardoutputkoeffizienten (SO-

Häufigste Landnutzungsarten in Hochwasserrisikogebieten (HQ300) im Gebiet der österr. Alpenkonvention, 2018

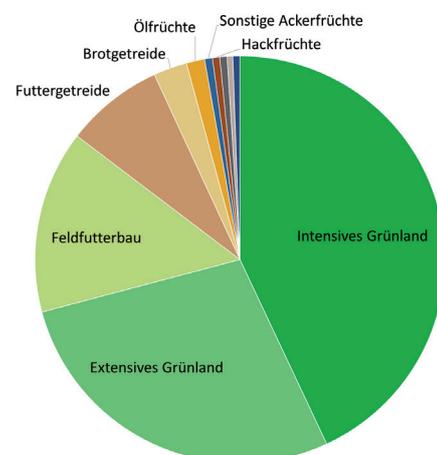


Abb. 18. Landwirtschaftliche Nutzung in Hochwasserrisikogebieten im österreichischen Alpengebiet (Quelle: Darstellung BAB, eigene Berechnungen und Bearbeitung nach Daten von Alpenkonvention, BMLRT HORA, INVEKOS).

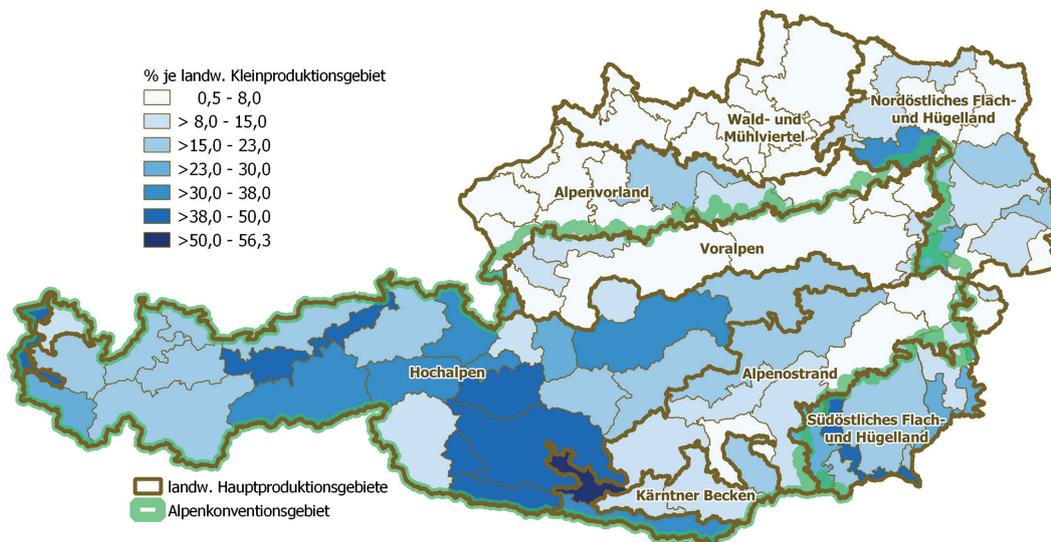


Abb. 19. Anteil wertvoller landwirtschaftlicher Flächen (Projekt BEAT) je Kleinproduktionsgebiet, die innerhalb von Hochwasserrisikogebieten liegen (Quelle: Darstellung BAB; eigene Berechnungen und Bearbeitung nach Daten von BAB, BEV, Alpine Convention, BMLRT HORA und HASLMAYR et al., 2016).

KO, 2020 für die Beispielregion Kärnten, Indikator für den Geldwert der landwirtschaftlichen Erzeugung als Durchschnittswert über mehrere Jahre in Euro/ha/Jahr) für einzelne Feldfrüchte weist auf die ökonomisch sehr differenzierte Bedeutung der jeweiligen Flächen in den HQ300-Gebieten hin. Während für intensiv genutztes Grünland mit einem SO-KO von 340 €/ha und Jahr gerechnet wird, liegt dieser Wert beispielsweise für Silomais bei 760 €, für Winterweizen bei 800 €, für Körnermais bei 1.640 € und für Zuckerrüben bei 2.120 €.

Das Projekt „Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich“ (HASLMAYR et al., 2016), weist 1,3 Mio. ha – und damit mehr als ein Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche Österreichs (INVEKOS 2018: 3,2 Mio. ha) – als wertvoll für die landwirtschaftliche Nutzung und damit für die Ernährungssicherung aus. Dafür wurde neben den natürlichen Eigenschaften zur landwirtschaftlichen Produktion und des sich daraus ergebenden Produktionspotentials – auch unter Klimawandelbedingungen – zusätzlich die regionale Verteilung auf Ebene der landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebiete berücksichtigt. Darauf aufbauende, im Projekt PoCo-FLOOD durchgeführte GIS-Überlagerungen ergeben, dass in Österreich 12 % (insgesamt 157.200 ha) der als wertvoll ausgewiesenen Produktionsflächen in HQ300-Hochwasserrisikogebieten liegen. Auf Ebene der landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebiete betrachtet (Abb. 19), zeigt sich besonders in den alpinen Regionen, dass tendenziell ein größerer Anteil (bis zu 56 %) der als für die Ernährungssicherung wichtig ausgewiesenen Böden in Hochwasserrisikogebieten liegt. In etlichen alpinen Gemeinden in Kärnten liegt dieser Wert bei über 70 % bis maximal 91 % und zeigt die hohe Vulnerabilität der wichtigen Landwirtschaftsflächen und damit der regionalen Ernährungssicherung speziell in alpinen Gebieten.

### 5.3 Prozesse und Herausforderungen für landwirtschaftliche Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisiko-management

Bei der Umsetzung des HWRM sind verschiedene Beteiligte vor dem Hintergrund unterschiedlicher Politiken und Gesetze gefordert, eine gemeinsam umsetzbare Lösung zu finden. Neben der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen spielen für die landwirtschaftlichen Akteurinnen und Akteure die benötigten landwirtschaftlichen Flächen sowie Entschädigungen für deren Nutzungen eine wichtige Rolle. Folgend werden ein Überblick über die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen und bestehenden Instrumente gegeben, der Prozess des HWRM und seine Beteiligten vorgestellt, die Entschädigungsmöglichkeiten für Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer allgemein sowie anhand eines Fallbeispiels beschrieben. Abschließend werden die resultierenden Barrieren in Prozessen des HWRM genauer beleuchtet.

#### 5.3.1 Politikfelder mit Einfluss auf das Hochwasserrisikomanagement

Im Rahmen einer Literaturrecherche zu den bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen wurden die Disziplinen Wasserrecht und Schutzwasserwirtschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Raumplanung als die wichtigsten Einflussbereiche an der Schnittstelle von HWRM und Landwirtschaft identifiziert. Abbildung 20 zeigt einen Überblick über diese Politikfelder, ihre Instrumente, räumlichen Wirkungsebenen und ihr Zusammenspiel (gekennzeichnet durch Pfeilverbindungen).

Die Landwirtschaft soll laut österreichischem Landwirtschaftsgesetz den Schutz vor Naturgefahren unterstützen (LWG 1992). Die landwirtschaftliche Praxis selbst ist stark von der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) geprägt. Sie wird in hohem Maße durch Subventionen gelenkt, die es ermöglichen, die Landnutzung im Hinblick auf gesellschaftliche Interessen zu beeinflussen. Da die Bewirtschaftungspraxis zur Verringerung des fluvialen und pluvialen Hochwasserrisikos beitragen kann (durch die Reduktion des Oberflächenabflusses, die Erhaltung der In-

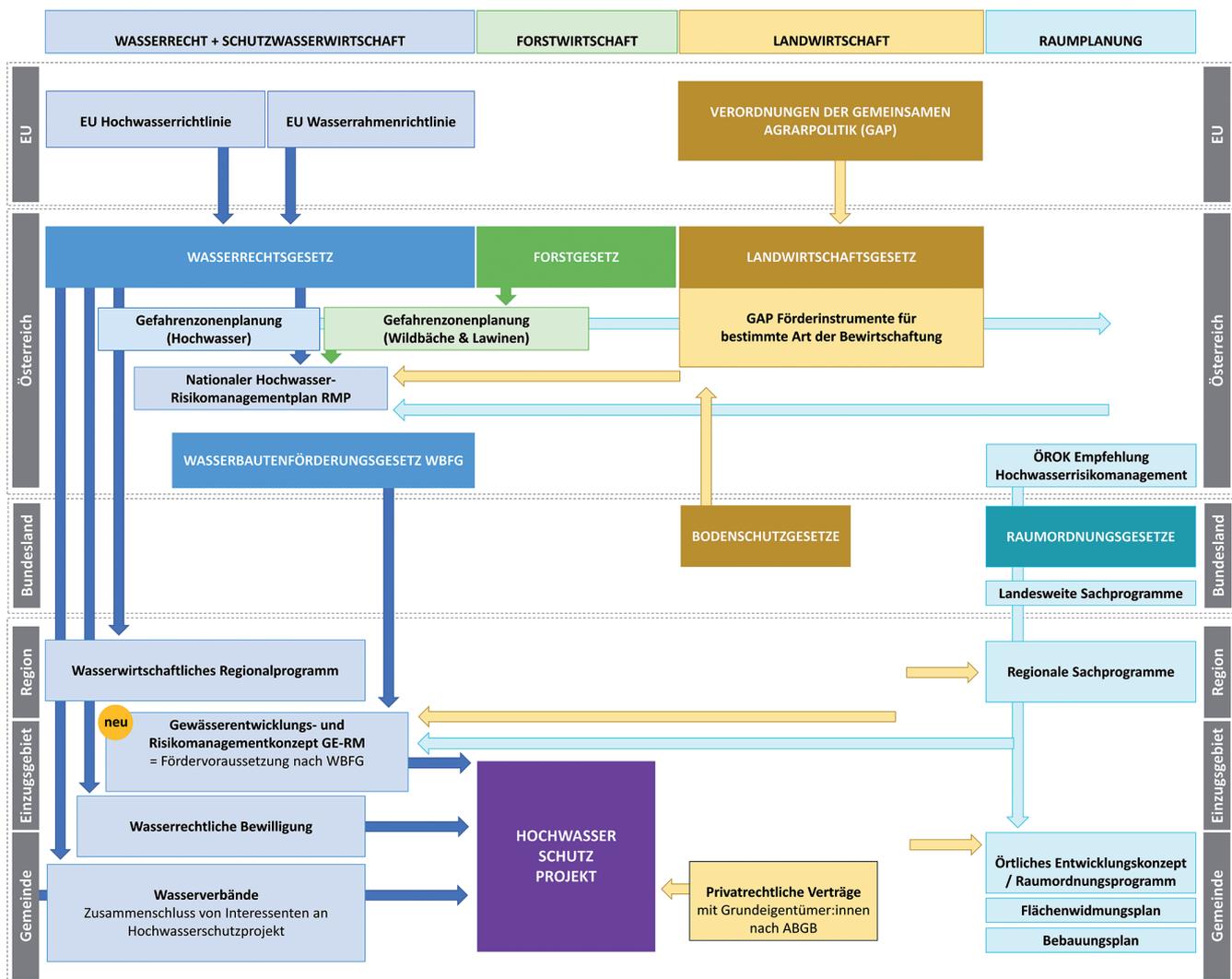


Abb. 20. Rechtliche Rahmenbedingungen und Instrumente mit Relevanz im Interaktionsfeld HWRM und Landwirtschaft (Darstellung BAB).

filtrations- und Wasserspeicherkapazität und durch Retentionsflächen), kommt der Landwirtschaft als einer der größten Flächennutzer im HWRM eine wichtige Rolle zu (BMLRT, 2021; ZISCHG et al., 2012). Die bestehenden GAP-Fördermaßnahmen (Periode 2014–2022), die im Bereich des Hochwasserschutzes Wirkung entfalten, sind im Nationalen Hochwasserrisikomanagementplan (RMP) genannt und zielen vor allem auf die Reduktion des Oberflächenabflusses, die Erhaltung der Bodenstruktur und der Wasserspeicherkapazität der Böden sowie auf die Verhinderung von Bodenerosion ab (BMLRT, 2021; AMA, 2020). Sie wurden seit dem RMP 2015 weiterentwickelt (BMLRT, 2021). Zum Teil handelt es sich bei den Maßnahmen um Mindestvorgaben (Cross Compliance) beim Bezug von Direktzahlungen, die fast flächendeckend umgesetzt werden (z.B. Begrünungsvorgaben, Verbot von Bodenbearbeitung in einem Mindestabstand zu Gewässern, kein Maschineneinsatz auf wassergesättigten Böden, Anbau quer zum Hang unter bestimmten Bedingungen), und zum Teil um Maßnahmen im Rahmen des Greening (z.B. Flächen mit Zwischenfruchtanbau), des ÖPUL (z.B. Mulch- und Direktsaat) oder der LE-Projektförderung im Rahmen der Ländlichen Entwicklung (z.B. Förderung für Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushaltes). Im neuen

GAP-Strategieplan, der für die Programmperiode 2023–2027 gelten wird, gibt es Neuerungen in der Umweltarchitektur. Maßnahmen im Bereich Gewässerschutz, effiziente Wassernutzung und Schutz vor Naturgefahren werden dabei in weiterentwickelter Form fortgeführt werden (BMLRT, 2021). Während das österreichische Forstgesetz den Erhalt von Waldflächen fest schreibt und Umwidmungen nur unter sehr strengen Kriterien ermöglicht sowie die gesetzliche Grundlage für die Wildbach- und Lawinenverbauung (WLVB) und ihre Gefahrenzonenplanung bildet, verfügt das österreichische Landwirtschaftsgesetz im Gegensatz dazu weder über Instrumente zum Schutz landwirtschaftlicher Flächen selbst, noch enthält es konkrete Vorgaben für das HWRM (FORSTG 1975; LWG 1992).

Die Raumplanung nimmt flächendeckende Landnutzungs-zuweisungen vor und unterscheidet sich zwischen den Bundesländern stark in ihren Vorgaben zu HWRM und Landwirtschaft. Im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen gehen die Bundesländer Tirol, Steiermark und Niederösterreich auf die Notwendigkeit ein, qualitative hochwertige landwirtschaftliche Böden in Bezug auf Größe, Struktur und Anordnung zu erhalten. Auf lokaler, regionaler und landesweiter Ebene gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, Flächen für die Landwirtschaft zu sichern.

Die Steiermark und Tirol ermöglichen beispielsweise die Ausweisung von Vorrangzonen für die Landwirtschaft auf überörtlicher Ebene (StROG 2010; TROG 2016). Die Bundesländer Burgenland und Tirol bieten die Möglichkeit, landwirtschaftliche Interessensvertretungen – die Landwirtschaftskammern – bei der Erstellung von überörtlichen und örtlichen Programmen, Konzepten und Plänen anzuhören oder einzubeziehen (TROG 2016; BGLD. RPG 2011). In den meisten Bundesländern müssen die Gefahrenzonenpläne der Bundeswasserbauverwaltung und der Wildbach- und Lawinerverbauung in der Flächenwidmungsplanung berücksichtigt werden, um Gefahrenbereiche von baulichen Nutzungen freizuhalten. Diese Regelungen variieren stark, sind in einigen Bundesländern sehr präzise, in anderen nur allgemein definiert.

Im Wasserrechtsgesetz ist der Nationale Hochwasserrisikomanagementplan (RMP) als nationale Leitlinie zur Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie verankert. Darin sind Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko (APSFR) ausgewiesen, für die Hochwassergefahrenkarten sowie Hochwasserrisikokarten erstellt werden. Zur Bewertung des Risikos werden die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten herangezogen. Ziele des RMP sind die Vermeidung neuer und die Reduktion bestehender Risiken und nachteiliger Folgen während und nach einem Hochwasserereignis sowie die Stärkung des Risiko- und Gefahrenbewusstseins. Dafür werden Maßnahmen zu verschiedenen Sektoren definiert, unter anderem Landwirtschaft (Maßnahmen siehe obigen Absatz Landwirtschaft) und Raumplanung. Der RMP schlägt zudem vor, bestehende Hochwasserschutzmaßnahmen für landwirtschaftliche Flächen gegebenenfalls zu entfernen, um zusätzlichen Retentionsraum für zukünftig häufigere Hochwasserereignisse bereitzustellen. Im Maßnahmenenteil Raumordnung und Raumplanung wird der fortschreitende Bodenverbrauch thematisiert und auf die nachteiligen Folgen hinsichtlich der Lebensmittelversorgungssicherheit durch den Verlust produktiver Böden hingewiesen, da Bodenverbrauch meist auf landwirtschaftlich genutzten Böden stattfindet (BMLRT, 2021). Als rein wasserrechtliches Instrument zur Flächensicherung steht das Wasserwirtschaftliche Regionalprogramm zur Verfügung. Dieses kann zum Zwecke der Verringerung hochwasserbedingter Auswirkungen in jeder individuell definierten Region auf der Grundlage der Gefahrenkartierung verordnet werden, um Flächen rechtsverbindlich zu schützen. Es wurde aber für den Hochwasserschutz bisher selten genutzt (SEHER & LÖSCHNER, 2018b).

Zuständig für die Schutzwasserwirtschaft sind – abhängig vom Gewässer – die Landesbehörden der Bundeswasserbauverwaltung, die Wildbach- und Lawinerverbauung oder die Österreichische Wasserstraßengesellschaft. Die Finanzierung von Projekten der Schutzwasserwirtschaft ist das wichtigste Steuerungsinstrument und wird nach dem Wasserbautenförderungsgesetz und den dazugehörigen technischen Richtlinien (WBFG 1985; RIWA-T, 2016; RIWA-T-BWS, 2010; TRL-WLV, 2015) gewährt. Die technischen Richtlinien legen fest, dass höherwertige Nutzungen wie Siedlungen und wichtige Wirtschafts- und Verkehrseinrichtungen vor Hochwasser geschützt werden, während landwirtschaftliche Flächen für den Hochwasserrückhalt genutzt werden sollen (RIWA-T, 2016). Voraussetzung für eine Förderung ist das Vorhandensein eines GE-RM (Ge-

wässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzept) im jeweiligen Einzugsgebiet oder Gewässerabschnitt. Dieses vergleichsweise neue Instrument der Schutzwasserwirtschaft versucht, alle Anspruchsgruppen und deren Interessen zusammenzuführen, um breit akzeptierte und nachhaltige Maßnahmen auf Ebene von Gewässerabschnitten oder Einzugsgebieten zu entwickeln. Dabei werden bestehende Regelungen der Raumplanung integriert und landwirtschaftliche Interessengruppen in den Beteiligungsprozess einbezogen. Für die Bearbeitung regionaler Projekte der Schutzwasserwirtschaft können sich Gemeinden zu Wasserverbänden nach den Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes (WRG, 1959) zusammenschließen. Für die Realisierung eines Hochwasserschutzprojektes werden Grundflächen sowohl für Bauwerke als auch für den Wasserrückhalt im Ereignisfall benötigt. Die Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer müssen für die Nutzung ihrer landwirtschaftlichen Flächen sowie für die entstandenen Beeinträchtigungen im Schadensfall entschädigt werden. Die Bedingungen dafür werden zivilrechtlich ausgehandelt und mit privatrechtlichen Vereinbarungen und Verträgen zwischen den Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern und den Wasserverbänden/Wassergenossenschaften geregelt.

### 5.3.2 Prozesse und deren Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisikomanagement

Im Planungsprozess eines HWRM-Projektes sind unterschiedliche Akteurinnen und Akteure involviert, die in Abbildung 21 zu sehen sind. Die Landwirtschaftskammer (LK) wird dabei fallweise, aber nicht zwangsweise eingebunden.

Die folgende Abbildung 22 zeigt eine Grundstruktur, wie solche Prozesse typischerweise unter besonderer Berücksichtigung des Wasserrechts-, Naturschutz- sowie des Raumordnungsgesetzes ablaufen. Eine betroffene Gemeinde tritt als Initiator (Interessent) eines Hochwasserschutzprojektes auf. Im Bedarfsfall kann die Gemeinde in Kooperation mit anderen Gemeinden einen Hochwasserschutzverband gründen, um ein gemeinsames Projekt zum Hochwasserschutz regional zu planen. In die Projektpla-



Abb. 21. Hauptakteurinnen und -akteure im Prozess von Hochwasserrisikomanagement-Projekten in Bezug zur Landwirtschaft (Darstellung BAB).



Abb. 22.  
Grundstruktur des Prozessablaufes (Darstellung BAB).

nung ist von Beginn an die Abteilung Schutzwasserwirtschaft des jeweiligen Bundeslandes (sie setzen Agenden der Bundeswasserbauverwaltung in den jeweiligen Bundesländern um) bzw. die zuständige Gebietsbauleitung der Wildbach- und Lawinerverbauung miteinbezogen, diese spielen eine wichtige Rolle als Beraterinnen und Begleiterinnen der Gemeinde bzw. des Verbandes. Dabei empfehlen sie geeignete Maßnahmen für einen Hochwasserschutz und beraten Gemeinden/Verbände, wie solche unter Einhaltung der geltenden Förderrichtlinien in die Praxis umgesetzt werden können. Dafür wird eine detaillierte Projektstudie erstellt, die oftmals auch weitere Expertinnen und Experten, z.B. aus der Wissenschaft, miteinbezieht. In einem weiteren Schritt werden die vorwiegend landwirtschaftlichen Grundeigentümer über die geplanten Schritte auf ihren Flächen informiert. Es folgen Verhandlungen zu Verkäufen bzw. Nutzungsvereinbarungen und deren finanzielle Abgeltung. Dabei wird oft auch die Landwirtschaftskammer als gesetzliche Vertretung der Landwirtinnen und Landwirte involviert. Deren Vertreter beraten diese rechtlich und leisten einen allgemeinen Beistand sowie Beratung bei Verhandlungen. Nach einer Einigung aller involvierten Beteiligten kann eine Ausschreibung der Planung durch ein Zivilingenieurbüro erfolgen, daraufhin folgt der Bau als finaler Schritt.

### 5.3.3 Entschädigungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer

Für ein Hochwasserschutzprojekt werden Flächen sowohl für Bauwerke, als auch für die Hochwasserretention im Ereignisfall benötigt. Die Nutzung dieser im Normalfall landwirtschaftlichen Böden muss den Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern entsprechend entschädigt werden. Die Grundlage für die Entschädigung bildet ein Gutachten, das den Basispreis der Fläche ermittelt, welcher aufgrund der Verkehrswerte der letzten Jahre errechnet wird.

Entschädigungen sind gemäß Wasserbautenförderungsgesetz 1985 förderfähig, vorausgesetzt, dass diese den im Gutachten ermittelten Wert nicht übersteigen. Darüber hinaus können Gemeinden/Verbände den Eigentümerinnen und Eigentümern einen Toleranzzuschlag bezahlen, der jedoch nicht aus den öffentlichen Geldern stammen darf.

Es gibt prinzipiell drei Möglichkeiten der Entschädigungen (Abb. 23): 1. Einrichtung einer Dienstbarkeit, 2. Ankauf der Fläche oder 3. Tausch gegen eine andere Fläche.

### 5.3.4 Barrieren in Prozessen des Hochwasserrisikomanagements aus Sicht landwirtschaftlicher Akteurinnen und Akteure

Nutzungskonflikte um landwirtschaftliche Böden nehmen allgemein zu und führen auch im Hochwasserrisikomanagement zu Problemen. Es gibt österreichweit einige Hochwasserschutzprojekte, in denen seit Jahren Konflikte schwelen und eine Umsetzung weit entfernt scheint. Im Rahmen der Untersuchungen haben sich einige besonders problematische Punkte gezeigt, die als Barrieren für die Umsetzung von Hochwasserschutzprojekten auftreten und zu Konflikten führen können.

#### Unterschiedliche Interessen

Für die Umsetzung eines HWRM-Projektes braucht es Vereinbarungen zwischen den betroffenen Akteurinnen und Akteuren, die in der Landwirtschaft in erster Linie landwirtschaftliche Flächen und die Entschädigungen für deren Inanspruchnahme betreffen. Lösungen zu finden, die von allen Beteiligten akzeptiert werden, ist in der Praxis oft ein schwieriges Unterfangen. Landwirtinnen und Landwirte sehen mit dem Verkauf bzw. der Beeinträchtigung ihrer Flächen oft die Existenzgrundlage ihrer Betriebe bedroht. Für sie ist ein Ausgleich dieser Verluste daher wesentlich und hat „angemessen“ zu sein, weshalb sich einzelne Eigentümerinnen und Eigentümer auch weigern, eine

Dienstbarkeit/Servitut	Ankauf von Flächen	Tauschflächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzielle Abgeltung der Duldung - Dienstbarkeitsvertrag (kann auch zwangsrechtlich eingeräumt werden)</li> <li>• Finanzielle Abgeltung von Schäden für Ernteverluste, Räumung, Entsorgung <ul style="list-style-type: none"> <li>- einmalig oder</li> <li>- im Ereignisfall</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächen für Bauwerke werden angekauft</li> <li>• häufig überschwemmte Flächen (bis HQ 5) werden angekauft</li> <li>• auch andere Retentionsflächen können angekauft werden</li> <li>• für passiven Hochwasserschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• benötigte Flächen werden gegen gleichwertige landwirtschaftliche Flächen getauscht</li> </ul>

Abb. 23.  
Formen der Entschädigung für Retentionsflächen (Darstellung BAB).

Beeinträchtigung ihrer Flächen zu dulden. Behördenvertreterinnen bzw. Behördenvertreter treten ihnen gegenüber oft sehr hoheitlich auf, sie berufen sich dabei auf bestimmte Gesetze (v.a. Wasserrechts-, Raumplanungs-, Naturschutzgesetz), die sie vertreten und drohen auch mit der Umsetzung dieser mittels Enteignungsverfahren und Zwangseinräumungen von Dienstbarkeiten. Alle involvierten Beteiligten treten mit starken Eigeninteressen ihres Fachgebietes auf.

#### Fehlende Kommunikation und Koordination

Die Wahrnehmungen der beteiligten Akteurinnen und Akteure hinsichtlich der Verhandlungsprozesse in den wasserrechtlichen Verfahren unterscheiden sich sehr deutlich voneinander. Während seitens der Schutzwasserwirtschaft das sektorale Verhältnis als gleichberechtigt beschrieben wird, erleben die landwirtschaftlichen Eigentümer diese Verfahren oft als hierarchisch und von der Schutzwasserwirtschaft dominiert. Obwohl sich die meisten Beteiligten darin einig sind, dass eine ausreichende Kommunikation essentiell ist, wird diese seitens der Landwirtschaft oft als unzureichend erlebt. Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer werden oft erst zu einem späten Zeitpunkt involviert, wo Pläne bereits fertiggestellt sind und kaum mehr Handlungsspielräume bestehen. Sie fühlen sich oft nicht ausreichend informiert und können dadurch auch viel Unsicherheit erleben.

#### Widerstandsgruppen

Besonders bei geplanten Großprojekten gibt es in einigen Fällen Widerstand gegen geplante Hochwasserschutzmaßnahmen und die damit verbundenen Veränderungen. Vor allem landwirtschaftliche Grundeigentümer wollen ihre Flächen aus unterschiedlichen Gründen oft nicht verkaufen oder auch keine Einschränkungen dulden. Widerstandsgruppen bilden und stärken sich häufig mithilfe diverser Social-Media-Kanäle und können Projekte stark verzögern oder sogar verhindern.

#### (Un)Faire Entschädigungen

Ein besonders heikler und oft problematischer Punkt im Prozess sind die Entschädigungen, die Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer für die Nutzung ihrer Flächen erhalten sollen. Prinzipiell wird im Rahmen eines Gutachtens ein Basispreis für die benötigte Fläche festgelegt,

der die Grundlage für jegliche Entschädigung bildet. Dieser Basispreis wird von Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern oft als zu niedrig empfunden, da sich dessen Ermittlung auf vergangene Verkehrswerte bezieht. Es ist daher häufig nötig, dass die Gemeinde oder der Verband zusätzlich noch einen Akzeptanzzuschlag bezahlen, um eine Zustimmung zu erlangen. Diese Variante kann aber keine Lösung für alle Projekte sein, da nicht alle Gemeinden/Verbände über entsprechende finanzielle Mittel verfügen. Die Besteuerung einer Entschädigung kann ebenfalls problematisch werden, da laut landwirtschaftlicher Vertretung nicht ausreichend geregelt ist, ob diese zu versteuern ist. Die einmalige Auszahlung der durch Hochwasser entstehenden Schäden an Flächen wird von den meisten Wasserbaubehörden präferiert, da die Abwicklung der Förderungen unbürokratischer ausfällt. Aus landwirtschaftlicher Sicht wird diese jedoch oft als unfair empfunden, da zukünftige Entwicklungen unsicher sind und die Landwirtinnen und Landwirte damit Risiken alleine tragen müssten (z.B. Kosten für zukünftige Bewirtschaftungsauflagen).

#### Flächenverlust

Bei der Umsetzung eines Hochwasserschutzprojektes kommt es in jedem Fall zu Verlusten oder Beeinträchtigungen von landwirtschaftlich nutzbaren Flächen. Vor allem vor dem Hintergrund des Rückganges von Agrarflächen in Österreich stellen sich landwirtschaftliche Beteiligte die Frage, ob landwirtschaftlich hoch produktive Flächen als Retentionsflächen dienen sollen. Für Landwirtinnen und Landwirte selbst sind diese Flächen oft von großer Bedeutung, um ihren Betrieb aufrechterhalten zu können. Der Tausch von Flächen, der Verluste abwenden könnte, ist in vielen Fällen aufgrund der Flächenknappheit in einigen Regionen Österreichs nicht oder kaum möglich. Aufgrund des starken Preisdrucks für landwirtschaftliche Produkte sehen viele Landwirtinnen und Landwirte längerfristige betriebliche Überlebenschancen nur in der Mehrproduktion, die jedoch mit weniger Fläche schwierig zu bewerkstelligen ist.

#### Fehlender Ausgleich zwischen Ober- und Unterlieger

Der steigende Bedarf an Siedlungs- und Industriegebieten führt zu Umwidmungen von meist landwirtschaftlich genutzten Flächen. Da Flächen für Wohnsiedlungen und Industrie in Österreich ausreichend vor Hochwassern geschützt werden müssen, führen solche neuen Widmungen

auch des Öfteren zu einem höheren Bedarf an Hochwasserschutzmaßnahmen, wo abermals landwirtschaftliche Flächen als Retentionsräume gebraucht werden. Mit der Umwidmung, z.B. von landwirtschaftlicher Nutzung auf Industriegebiet, geht auch eine Wertsteigerung dieser Fläche einher. Die Entschädigungen für Retentionsflächen erhöhen sich dadurch jedoch nicht. Das heißt, dass Unterlieger sowohl von einer Umwidmung und entsprechender Wertsteigerung, als auch von einer verbesserten Hochwassersituation profitieren, während Oberlieger Flächen für den Hochwasserschutz zur Verfügung zu stellen haben, deren Entschädigungen auf dem Verkehrswert der letzten fünf Jahre basieren. Diese Situation der ungleichen Verteilung von Vor- und Nachteilen empfinden viele landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer als ungerecht. Dieses Empfinden kann dazu führen, dass diese kaum Verständnis für Hochwasserschutzmaßnahmen und den damit verbundenen Bedarf an Retentionsflächen aufbringen können. Der fehlende Ausgleich zwischen Ober- und Unterliegern führt daher immer wieder zu Widerständen und Konflikten.

#### 5.4 Die Entschädigungsrichtlinie des Bundeslandes Salzburg als Koordinationsinstrument – das Fallbeispiel Gainfeldbach in der Stadtgemeinde Bischofshofen

Die Landwirtschaftskammer Salzburg tritt in HWRM-Projekten immer wieder sowohl als Sachverständige, als auch als Interessensvertretung für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer auf. Das Thema der Entschädigungen zeigte sich dabei immer wieder als es-

sentiell für das Zustandekommen solcher Projekte. In den Jahren 2020 und 2021 wurde von der Landwirtschaftskammer Salzburg in Abstimmung mit der Wildbach- und Lawinerverbauung eine Grundlage für privatrechtliche Übereinkünfte bei Hochwasserschutzprojekten sowie eine Muster-Vereinbarung erstellt. Diese sollen Dienstbarkeit und Entschädigung sowie sonstige Rahmenbedingungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer regeln. In der Unterlage werden Regelungen für die Dauer der Bauzeit, für die Betriebsphase sowie für ein Hochwasserereignis genau erläutert. In der vertraglichen Vereinbarung zwischen Genossenschaft bzw. Gebietskörperschaft und landwirtschaftlichem Grundeigentümer wird Folgendes geregelt: 1. Vertragsgegenstand, 2. Entschädigung, 3. Regelungen für die Dauer der Bauzeit, 4. Regelungen für die Dauer der Betriebsphase, 5. Regelungen im Anlassfall, 6. Kautions-, 7. Schadenersatz und Haftung, 8. Meistbegünstigtenklausel, 9. Kosten und Gebühren sowie 10. Sonstige Bestimmungen. Diese Unterlage samt Muster-Vertragsvereinbarung wurden seit der Erstellung schon mehrmals angewandt (z.B. bei Projekten in Bischofshofen und Bad Hofgastein).

Für das Stadtzentrum von Bischofshofen stellen große Wildholz-, Geschiebe- und Hochwassermengen aus dem rund 12,5 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet des Gainfeldbaches (Abb. 24) eine erhebliche Bedrohung für Bauten und Verkehrswege dar. Auf Grund der großen Gefährdung sollten mittels baulicher Maßnahmen – geplant von der Wildbach- und Lawinerverbauung – Geschiebeherde abgesichert, Schadgeschiebe und Wildholz zurückgehalten sowie Hochwasserspitzen gedrosselt werden.

Für das Projekt wurden Gesamtkosten von 5,2 Mio. € veranschlagt, wovon 60 % vom Bund, 15 % vom Land Salzburg sowie 25 % von den Interessenten zu tragen sind. Die



Abb. 24. Fallbeispiel Projekt Gainfeldbach in der Stadtgemeinde Bischofshofen (Quelle: Darstellung BAB nach Daten von basemap.at, Umweltbundesamt).

Kosten der Interessenten werden zu 60 % (750.000 €) von der Gemeinde Bischofshofen und zu 40 % (500.000 €) von der Wassergenossenschaft Gainfeldbach finanziert. Der Anteil der Wassergenossenschaft wird unter allen Liegenschaftseigentümerinnen und -eigentümern aufgeteilt, die sich laut Gefahrenzonenplan in der gelben oder roten Zone befinden.

Nachdem es bereits seit 2010 Versuche für die Umsetzung eines Projektes gab, welche jedoch aufgrund von Widerständen scheiterten, wurde 2019 ein neuer Versuch unternommen. Bei diesem gab es Bestrebungen, die Abwicklungen des Projektes fairer zu gestalten. Der Gefahrenzonenplan musste überarbeitet werden, was dazu führte, dass die Gefahrenzonen ausgeweitet wurden und damit die Kosten für die einzelnen Grundeigentümer erheblich gesenkt werden konnten. Noch im selben Jahr konnte die Wassergenossenschaft Gainfeldbach gegründet werden. Die landwirtschaftlichen Grundbesitzer, deren Flächen durch die baulichen Maßnahmen beeinträchtigt sind, wurden von der Wildbach- und Lawinerverbauung gemeinsam mit der Landwirtschaftskammer (LK) Salzburg kontaktiert. Diese wurden durch die Wildbach- und Lawinerverbauung über die konkreten Vorhaben und etwaige Benachteiligungen informiert. Darüber hinaus fanden gemeinsame Begehungen der betroffenen Flächen statt, die auch die Grundlage für die Flächenberechnungen bildeten. Darauf aufbauend wurde von der LK eine gutachterliche Stellungnahme erarbeitet und im Rahmen einer vertraglichen Vereinbarung konnten sowohl Entschädigungssummen als auch inhaltliche Details mit den Grundbesitzerinnen und Grundbesitzern geregelt werden. Diese waren mit den inhaltlichen Regelungen auf Basis der Entschädigungsrichtlinie zufrieden und nahmen diese ohne Nachverhandlungen an. Der geplante Baubeginn 2021 musste aufgrund einer Beschwerde des Fischereiberechtigten und Erstellung eines diesbezüglichen Gutachtens auf 2022 verschoben werden.

## 5.5 Schlussfolgerungen

Die Flächenbilanzen zeigen, dass signifikante Anteile der landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs in Hochwasserrisikogebieten liegen. Umso mehr in alpinen Regionen, wo zudem die hochwertigsten und für die Landwirtinnen und Landwirte und die Ernährungssicherung wertvollsten Böden in oft engen Tallagen hochwassergefährdet sind. Deshalb sollte das Bewusstsein um die Bewahrung hochwertiger landwirtschaftlicher Flächen gesteigert werden. Im Hochwasserrisikomanagement sollte jedenfalls eine differenzierte ökologische und ökonomische Bewertung der Landwirtschaftsflächen erfolgen, damit die regionale Ernährungssicherung und die ökonomische Tragfähigkeit für die Landwirtschaft in alpinen Bereichen auch in Klimawandelszenarien berücksichtigt und bewahrt bleiben.

Es wurde aufgezeigt, dass das österreichische Landwirtschaftsgesetz beim Schutz landwirtschaftlicher Flächen vor Landnutzungsänderungen kaum greift, da es keine spezifischen Instrumente zur Flächensicherung bietet. Ein gewisser Schutz landwirtschaftlicher Flächen wird indirekt über politische Instrumente der Raumplanung (unterschiedliche Möglichkeiten in Bundesländern) und der

Wasserwirtschaft (Wasserwirtschaftliches Regionalprogramm) gewährt, aber es mangelt an Durchsetzungskraft und Nutzung. Während die Bereitstellung von Flächen für ein bestimmtes Hochwasserschutzprojekt auf der Ebene privater Verträge erfolgt, bei denen die Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer ihre persönlichen Interessen vertreten, ist das gesellschaftliche Interesse am Erhalt landwirtschaftlicher Flächen in diesem Prozess nicht vertreten. Der RMP (BMLRT, 2021) thematisiert im Maßnahmenkapitel der Raumplanung den steigenden Bodenverbrauch und die damit einhergehenden landwirtschaftlichen Flächenverluste, mit negativen Folgen für die Ernährungssicherheit und steigendem Hochwasserrisiko. Landwirtschaftliche Flächen ohne bauliche Veränderungen werden in der Risikobewertung des RMP selbst nicht als Schutzgut gesehen, sondern als Retentionsraum bzw. Flächen für Hochwasserschutzmaßnahmen, weil sie im Vergleich von zu schützenden „höherwertigen Nutzungen“ ein geringeres Schadenspotential aufweisen. Da höherwertige Nutzungen an Fläche zunehmen, während die Ausdehnung landwirtschaftlicher Flächen abnimmt (JUNGER et al., 2022), wächst das Spannungsfeld zwischen Anbietern und Nutznießern von Hochwasserschutzmaßnahmen. Neue Instrumente gehen in Richtung eines integrativen Landnutzungsmanagements auf regionaler Ebene – wie das Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzept (GE-RM), das als Fördervoraussetzung für Hochwasserschutzprojekte erstellt werden muss. Die Umsetzung des GE-RM befindet sich erst in der Anfangsphase, der interdisziplinäre Ansatz und die regionale flussgebietsbezogene Perspektive dieses Instruments scheinen jedoch geeignet zu sein, die Landwirtschaft umfassend in den Prozess des HWRM einzubeziehen.

Die landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraxis beeinflusst kumulativ den Wasserabfluss im Einzugsgebiet (ZISCHG et al., 2012). Im Rahmen der GAP bestehen Fördermaßnahmen für Bewirtschaftungsformen, mit denen das Hochwasserrisiko in einem gewissen Ausmaß beeinflusst werden kann, wobei dieser Einfluss in alpinen Bereichen und engeren Tallagen geringer ist (BMLRT, 2021). Die Maßnahmen sind mit dem Nationalen Hochwasserrisikomanagementplan RMP abgestimmt und sollen als Kooperation weitergeführt und weiterentwickelt werden (BMLRT, 2021).

Befragte Akteurinnen und Akteure berichten von zunehmenden Konflikten im Rahmen von Projekten zum Hochwasserschutz. Unterschiedliche Interessen der Involvierten und entstehende Widerstände sollten dabei ernst genommen werden, um erfolgreiche Lösungen für das HWRM zu schaffen. Prozesse können nur dann langfristig erfolgreich sein, wenn alle relevanten Akteurinnen und Akteure rechtzeitig einbezogen werden und die Möglichkeit haben, ihre Bedürfnisse und Befürchtungen bezüglich eines geplanten Projekts zu äußern. KENYON et al. (2008) bezeichnen die Einbeziehung des Agrarsektors in das HWRM als entscheidend, doch die derzeitige Situation hinkt dieser Forderung hinterher. Aktuelle politische Dokumente, wie der Nationale Hochwasserrisikomanagementplan und das GE-RM, fordern eine Beteiligung aller betroffenen Akteurinnen und Akteure. Landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und -eigentümer und die Interessen des gesamten Agrarsektors in regional- bzw. volkswirtschaftlicher Sicht sollten dabei als relevante Akteurinnen und Akteure im Prozess anerkannt werden und dürfen nicht nur als Flächenanbieter

ter gesehen werden. Da der Ausgleich sehr unterschiedlicher Landnutzungsinteressen ein schwieriges Unterfangen ist, erscheint eine neutrale Prozessmoderation als eine wesentliche Voraussetzung für die Überwindung von Barrieren im HWRM. Vor dem Hintergrund der sehr hohen Kosten für die Planung und Umsetzung von Hochwasserschutzbauten würden zusätzliche Kosten für eine neutrale und professionelle Prozessbegleitung nur wenig ins Gewicht fallen und wären sicherlich sinnvoll eingesetzt.

Aus den zuvor erläuterten Problemfeldern ergeben sich drei wesentliche Lösungsansätze, die von den landwirtschaftlichen Akteurinnen und Akteuren als sinnvoll erachtet werden, um Barrieren zu überwinden und Prozesse des HWRM erfolgreicher zu gestalten.

### **Attraktive Konditionen für Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern**

Für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer sind angemessene Konditionen essentiell, damit Projekte auch zustande kommen. Für die Höhe der Entschädigung wird ein Basispreis für Flächengründe vergangenheitsorientiert errechnet – das ist oft ein Hindernis, weil Eigentümer sehen, dass Flächenpreise aktuell höher sind. Die Lösung dafür ist in der Praxis oft eine zusätzliche Auszahlung von Akzeptanzzuschlägen durch Gemeinden, Verbände oder Genossenschaften. Die landwirtschaftliche Vertretung plädiert daher für eine Aufstockung des Projektbudgets für Entschädigungen und eine zukunftsorientierte Bewertung der Flächen, wo aktuelle und zukünftige Wertsteigerungen berücksichtigt werden. Als wichtig wird dabei auch eine transparente Abwicklung angesehen, wo alle Flächeneigentümer dieselben Konditionen erhalten. Ein Konfliktthema sind oft auch die Kosten auf landwirtschaftlichen Flächen, die im Ereignisfall anfallen (z.B. für Ernteausfälle, Sanierungen). Dabei wird die anlassbezogene Auszahlung von landwirtschaftlicher Seite als fairer empfunden, da Landbewirtschaftenden damit garantiert ist, dass alle tatsächlich anfallenden Kosten übernommen werden. Ein weiteres Thema ist die steuerliche Behandlung von Entschädigungen, die derzeit unklar ist. Als Vorbild dafür könnte das Abzugssteuermodell im Leitungsbau sein, wo der Projektwerber im Vorhinein einen fixen Prozentsatz an Steuern abliefern. Die von der LK Salzburg erarbeitete Entschädigungsrichtlinie kann ebenfalls dazu beitragen, dass Konditionen für landwirtschaftliche Grundeigentümer umfangreicher und transparenter geregelt werden. In dem Mustervertrag werden vielfältige Themen, wie z.B. Schadenersatz, Haftung oder Flächensanierung geregelt, sodass bei zukünftigen Hochwasserereignissen mehr

Rechtssicherheiten für die Eigentümer bestehen und die Bedingungen nicht immer in eigener Verantwortung neu verhandelt werden müssen.

### **Ausgleich zwischen Oberliegern- und Unterliegern**

Wie bereits erläutert, sind die Vor- und Nachteile zwischen Ober- und Unterliegern im Fall eines Hochwasserschutzes ungleich verteilt. Solange es dazu keine rechtlichen Lösungen gibt, sind vor allem Wasserverbände und Wassergenossenschaften gefragt, Maßnahmen für einen Ausgleich zu setzen. Ein Vorschlag eines Interviewten wären jährliche Zahlungen von Unterliegern, die von Maßnahmen profitieren, in einer Art Versicherungsmodell. Es könnten auch richtungsweisende Fallbeispiele als Beispiele der guten Praxis dienen, wie z.B. die Gemeinde Bischofshofen, wo alle von den Schutzmaßnahmen Profitierenden einen finanziellen Beitrag leisten, der unter anderem für Kompensationszahlungen an Flächeneigentümerinnen und -eigentümer verwendet wird. In der Gemeinde wurde das Projekt erst akzeptiert, nachdem in einem zweiten Anlauf alle vom Projekt Profitierenden (Unterlieger) miteinbezogen wurden und damit die finanziellen Summen für Einzelne verringert werden konnten. Relevante Akteurinnen und Akteure könnten auch selbst gemeinsam in einem (begleiteten) Prozess Lösungen erarbeiten, die auf einen Ausgleich zwischen Ober- und Unterliegern abzielen. Diese könnten stark zur Akzeptanz und somit auch Umsetzbarkeit von HWRM-Projekten beitragen.

### **Verbesserte Koordination und Kommunikation**

Für eine gute Koordination von Prozessen und Kommunikation innerhalb dieser sollten entsprechende zeitliche, finanzielle und personelle Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. In den Interviews wurde immer wieder darauf hingewiesen, dass Kommunikation entweder „nicht auf Augenhöhe“ passiere oder prinzipiell unzureichend stattfinde. Obwohl Bewusstsein für die Bedeutung einer guten Kommunikation vorhanden ist, werden kaum eigene Mittel dafür in HWRM-Projekten eingeplant. Im Rahmen der Interviews wurde eine neutrale Prozessmoderation vorgeschlagen. Moderatorinnen und Moderatoren könnten Diskussionen professionell leiten, dafür sorgen, dass alle eingebundenen Beteiligten gleich und fair behandelt werden, sowie, dass ausreichend Raum für die Äußerung von Bedürfnissen und Ängsten vorhanden ist. Moderierte Prozesse könnten darüber hinaus helfen, mehr Vertrauen und gemeinsames Verständnis zu entwickeln und damit potentielle Konflikte vorab zu entschärfen.

## **6 Hochwasserschutz und Raumplanung mit Schwerpunkt auf Restrisikobereichen**

Die Überlagerung von potentiellen Siedlungsgebieten mit Gefahrengebieten bzw. jenen Flächen, die für Hochwasserabfluss und Hochwasserrückhalt benötigt werden, stellt eine Herausforderung für die Koordination zwischen Raumplanung und Hochwasserschutz dar. Trotz Fortschritten bei der Eindämmung des Anstiegs der Hochwasserexposition von Menschen und Sachwerten bleibt die Siedlungsentwicklung ein wesentlicher Treiber des Hoch-

wasserrisikos (ELMER et al., 2012; LÖSCHNER et al., 2017). Hohe Risiken treten verstärkt in baulich intensiv genutzten Gebieten mit mittlerer bzw. geringer Hochwassergefährdung auf, insbesondere auch in Restrisikobereichen, in denen technische Hochwasserschutzmaßnahmen eine bauliche Nutzung auf ehemals gefährdeten Flächen ermöglichen (NACHTNEBEL & APPERL, 2015). Der Anstieg des Schadenspotentials als Folge der Siedlungsentwicklung in

Restrisikobereichen wird in der Literatur als Dammeffekt beschrieben (vgl. u.a. BURBY, 2006; CUTTER et al., 2018; DI BALDASSARRE et al., 2018). Wir betrachten den Dammeffekt nicht als unweigerliche Konsequenz der Errichtung von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen, sondern als Auswirkung einer Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung (SEIFERT, 2012; WOLTER-KRAUTBLATTER et al., 2016) und damit als Thema der Politikkoordination. Das Verständnis von Restrisiko in diesem Projektteil basiert auf den Technischen Richtlinien der Bundeswasserbauverwaltung (RIWA-T), nach denen sich das Restrisiko aus dem akzeptierten Risiko, dem unbekanntem Risiko und dem Risiko aufgrund ungeeigneter Maßnahmen zusammensetzt (BMLFUW, 2015). Für das Zusammenspiel von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung ist besonders das akzeptierte Risiko von Relevanz. Die Akzeptanz von Restrisiken nach der Errichtung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen bringt zum Ausdruck, dass vor allem aus wirtschaftlichen Gründen nicht alle Risiken vermieden werden können.

Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich das Interaktionsfeld Hochwasserschutz und Siedlungsentwicklung

- mit der Exposition von Siedlungsbereichen gegenüber Hochwassergefahren im historischen Vergleich als Aufarbeitung des Problems, das die Motivation für die Politikkoordination in diesem Interaktionsfeld darstellt;
- mit dem Prozess der Politikkoordination anhand der Abstimmung von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung zu diesem Themenfeld sowie mit dem Umgang mit Restrisiken in den Raumplanungsinstrumenten und -prozessen und
- mit bestehenden Ansätzen und Optionen der Politikkoordination in diesem Interaktionsfeld zur Bewertung der Effektivität der Politikkoordination im Hinblick auf eine Vermeidung bzw. Verringerung von Hochwasserrisiken.

## 6.1 Methodik

Die in diesem Interaktionsfeld angewendeten Methoden umfassen eine GIS-basierte Analyse und Auswertung zur Darstellung der (Veränderung der) Hochwassereexposition von Siedlungsbereichen im historischen Vergleich (Expositionsanalyse), Literatur- und Dokumentenanalyse sowie Interviews mit Expertinnen und Experten zur Analyse des Prozesses der Politikkoordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung sowie zur Untersuchung eines bestehenden Ansatzes der Politikkoordination mittels einer Fallstudie im oberösterreichischen Machland. Eine zweite Fallstudie zur Revision von Gefahrenzonenplänen und zum raumplanerischen Umgang mit Restrisiken in alpinen Gemeinden Vorarlbergs wurde als Masterarbeit im Zuge von PoCo-FLOOD am Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt (FELLINGER, 2020). Die in dieser Arbeit verwendeten Methoden werden am Ende des Methodenkapitels gesondert dargestellt.

Für die Expositionsanalyse wurde mithilfe der GIS-Software ArcGIS die Siedlungsentwicklung im Hochwasserabflussgebiet zwischen 1826 und 1859 (die Zeitspanne ergibt sich aus den Jahren, in denen die historischen Datengrund-

lagen jeweils erstellt wurden) und 2016 analysiert. Die Daten zu den Siedlungsflächen und den Hochwasserabflussgebieten stammen aus dem Arbeitspaket ‚Historische Landnutzung und Fließgewässerkorridore‘ (vgl. Kap. 3.1 und HOHENSINNER et al., 2021a). Für die Analyse wurde die historische Siedlungsfläche mit der aktuellen Siedlungsfläche überlagert. Die Differenz der beiden Datensätze stellt die Siedlungsentwicklung im jeweils untersuchten Zeitraum dar. Die historischen und aktuellen Siedlungsflächen wurden im nächsten Schritt jeweils mit der ermittelten Hochwasserabflussfläche überlagert. Diese Hochwasserabflussfläche stellt eine Umhüllende der räumlichen Ausdehnung aktueller Hochwasserextremereignisse (zumeist HQ300) aus verschiedenen Datengrundlagen dar, die sowohl für die Ermittlung der aktuellen als auch der historischen Hochwassereexposition verwendet wurde (Kap. 3.1). Diese Überlagerung erfolgte, um die Siedlungsentwicklung innerhalb und außerhalb des Hochwasserabflussgebietes zu ermitteln. Die Resultate der Überlagerung wurden in MS-Excel bearbeitet, um auch die relative Entwicklung der Siedlungsflächen analysieren zu können. Dafür wurde die aktuelle durch die historische Siedlungsfläche (jeweils innerhalb und außerhalb der Hochwasserabflussfläche) dividiert und ein Faktor ermittelt, der das Ausmaß der relativen Siedlungsentwicklung beschreibt. Zusätzlich zur zeitlichen Analyse wurden die Ergebnisse zur Siedlungsentwicklung nach Gemeinden (bezogen auf heutige Gemeindeflächen) aufgeschlüsselt und so auch die räumliche Verteilung der Hochwassereexposition untersucht.

Die Analyse des Prozesses der Koordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung und die Fallstudie im oberösterreichischen Machland basieren auf den Ergebnissen von Literatur- und Dokumentenanalysen sowie auf Interviews mit Expertinnen und Experten. Mittels Literaturanalyse wurden wissenschaftliche Beiträge zu den Themen dieses Interaktionsfelds ausgewertet. Die Dokumentenanalyse beinhaltet die Untersuchung von facheinschlägigen Gesetzen, Richtlinien, Konzepten, Planungsempfehlungen, Maßnahmenplänen und Planungsinstrumenten auf den Ebenen von Bund, Bundesländern und Gemeinden. Zur Analyse des Koordinationsprozesses wurden 21 leitfadengestützte Interviews mit 25 Expertinnen und Experten aus den Bereichen Schutzwasserwirtschaft (auf Bundes- und Landesebene sowie international), Raumplanung (auf Landesebene und international), Versicherungswirtschaft und Zivilschutz geführt. Für die Fallstudie im oberösterreichischen Machland wurden drei Bürgermeister zum Themenbereich Hochwasserschutz und örtliche Raumplanung und ein Vertreter der Machlanddamm GmbH zum Katastrophenschutz auf der Grundlage von Interviewleitfäden befragt. Die Interviews wurden mit einer Ausnahme (das Interview wurde nur protokolliert) aufgenommen, transkribiert, inhaltlich kodiert und mit Hilfe der Software MAXQDA analysiert. Als Grundlage für die inhaltliche Auswertung wurde die strukturierte Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) herangezogen.

Die Ergebnisse der als weitere Fallstudie für dieses Interaktionsfeld herangezogenen Masterarbeit ‚Revision von Gefahrenzonenplänen und ihre Wirkung auf die örtliche Raumplanung – die Wechselwirkung zwischen technischen Schutzmaßnahmen, Gefahrenzonen und räumlicher Entwicklung in alpinen Regionen am Beispiel Vorarlberg‘ (FELLINGER, 2020) basieren zum einen auf einer Analyse

von Gesetzen, Richtlinien, Bescheiden und Planungsdokumenten (v.a. Gefahrenzonenpläne und Flächenwidmungspläne). Weiters wurden in vier Gemeinden in Vorarlberg die Auswirkungen von technischen Schutzmaßnahmen auf die Flächenwidmung und die weitere Siedlungsentwicklung anhand von GIS-basierten Analysen und von leitfadengestützten Interviews mit Expertinnen und Experten untersucht. Die Interviews wurden mit Vertreterinnen und Vertretern der untersuchten Gemeinden, der Wildbach- und Lawinerverbauung Sektion Vorarlberg und mit einem Planungswissenschaftler geführt, transkribiert und mittels der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) ausgewertet.

## 6.2 Hochwassereexposition von Siedlungsgebieten im historischen Vergleich

Der Vergleich der Siedlungsfläche im Zeitschritt 1826–1859 mit der Siedlungsfläche im Jahr 2016 macht deutlich, dass im Untersuchungsraum eine erhebliche Ausweitung der besiedelten Bereiche stattfand. Der Anstieg der Siedlungsfläche variiert zwischen den untersuchten Alpenregionen und fällt besonders im Bundesland Vorarlberg erheblich aus. Starke Zuwächse zeigen auch Salzburg und Kärnten, während der Anstieg der Siedlungsfläche in Osttirol vergleichsweise gering ausfällt (Abb. 25). Innerhalb der einzelnen Regionen nimmt die Siedlungsfläche in den größeren Talräumen, wie dem Vorarlberger Rheintal, in den Beckenlagen sowie in den Städten und deren Umland stärker zu. In den eigentlichen Berggebieten fällt die Expansion der Siedlungsgebiete deutlich geringer aus.

Neben der Siedlungsentwicklung insgesamt ist der Anteil jener Flächen von Bedeutung, die innerhalb der für diese Expositionsanalyse herangezogenen Hochwasserabflussfläche (Abb. 25) liegen. Der Anteil potentiell hochwasserbetreffener Flächen (bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet) variiert in den Untersuchungsregionen zwischen 3 % in Osttirol und 10 % in Vorarlberg. Die Unterschiede im Anteil der hochwasserbetreffenen Siedlungsfläche wurden innerhalb der Untersuchungsregionen auf der räumlichen Grundlage der Gemeinden untersucht. Es zeigt sich dabei, dass sich die Topografie wesentlich

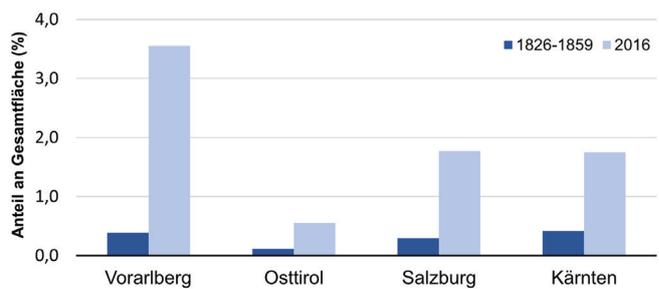


Abb. 25. Zuwachs an Siedlungsflächen im Untersuchungsgebiet.

auf das Ausmaß der Siedlungsfläche im Hochwasserabflussbereich auswirkt. So ist in den stärker alpin geprägten Gemeinden mit geringerem Dauersiedlungsraum der Anteil an Siedlungen im Hochwasserabflussgebiet eines Extremereignisses höher. Abbildung 26 macht am Beispiel von Kärnten deutlich, dass besonders in Oberkärnten relativ mehr Siedlungsfläche im Hochwasserabflussgebiet zu liegen kommt als in den Gemeinden Unterkärntens. In Abhängigkeit von der Siedlungsentwicklung und dem jeweiligen Ausmaß der Hochwasserabflussfläche in den Gemeinden führt die Beschränkung des Dauersiedlungsraums dazu, dass vermehrt potentiell hochwassergefährdete Flächen für Siedlungszwecke genutzt werden.

Aus den Ergebnissen der Überlagerung der Siedlungsflächen im Zeitschritt 1826–1859 mit dem für die Analyse verwendeten Hochwasserabflussgebiet lässt sich ableiten, dass bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet 21 % der Siedlungsgebiete bei einem Extremereignis potentiell hochwassergefährdet waren. Für das Jahr 2016 hat sich dieser Wert auf 29 % erhöht. Vergleicht man die Siedlungsentwicklung im Untersuchungszeitraum innerhalb und außerhalb des Hochwasserabflussgebiets, so zeigt sich, dass der absolute Flächenzuwachs außerhalb der gefährdeten Bereiche höher ausfällt. Betrachtet man aber für beide Bereiche die relative Siedlungsentwicklung (jeweils bezogen auf die Siedlungsflächen im 19. Jahrhundert, dargestellt als Zuwachsfaktor), steigen die Siedlungsflächen innerhalb des Hochwasserabflussgebiets stärker an wie außerhalb (Abb. 27). Damit verlagert sich im Untersuchungszeitraum ein beträchtlicher Teil der Siedlungstä-

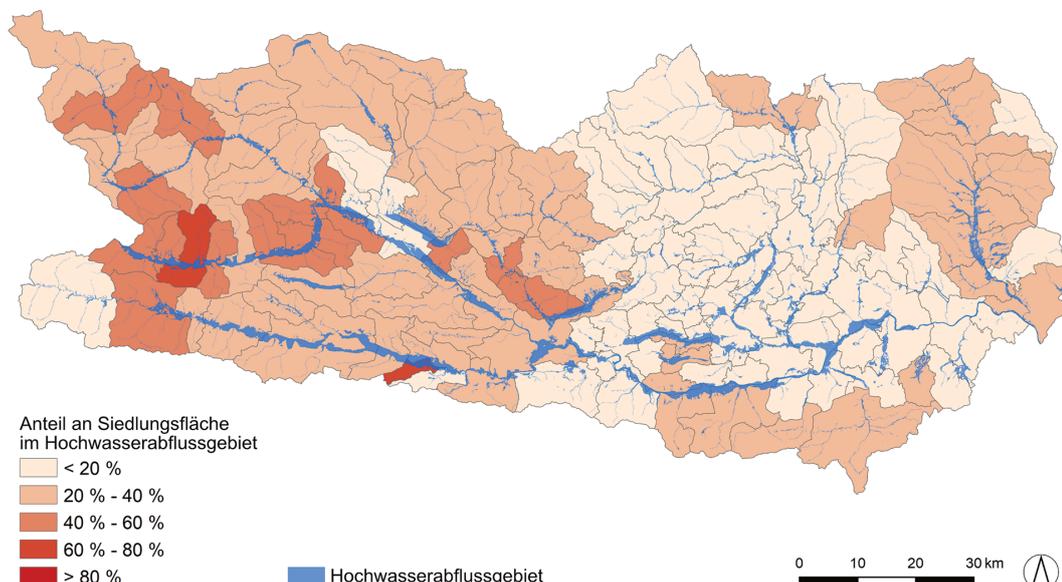


Abb. 26. Prozentueller Anteil der potentiell von Hochwasser betroffenen Siedlungsfläche in Kärnten 2016 (Gemeindegrenzen: BEV; verändert nach JUNGER et al., 2022).

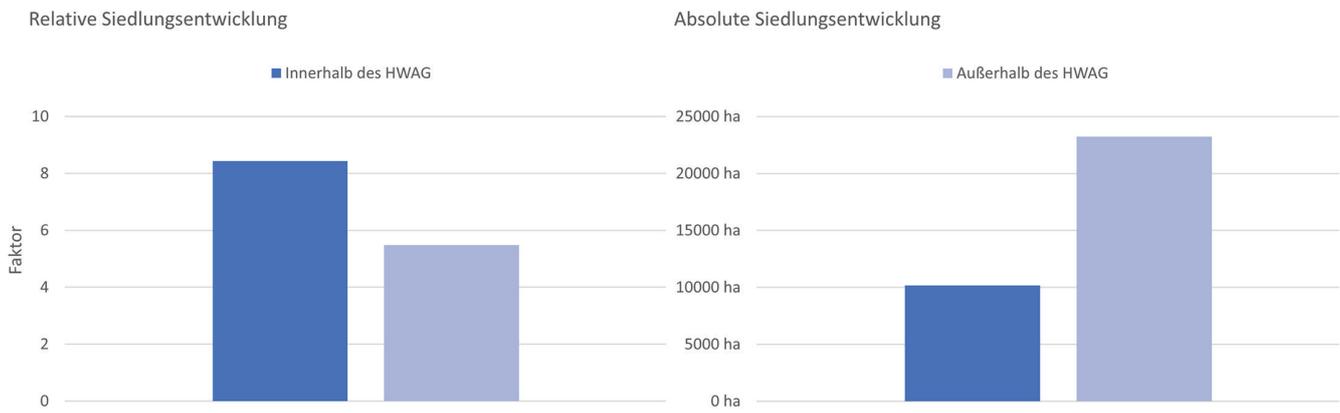


Abb. 27. Gegenüberstellung von relativer und absoluter Siedlungsentwicklung im Untersuchungsgebiet (HWAG = Hochwasserabflussgebiet).

tigkeit in potentiell von Hochwasser betroffene Bereiche, was zu einer Erhöhung des Schadenspotentials führt. Diese Entwicklung wird durch weitreichende Fließgewässerregulierungen und andere technische Hochwasserschutzmaßnahmen ermöglicht, die vielfach gezielt eingesetzt wurden, um Überschwemmungsgebiete für die Siedlungsentwicklung nutzbar zu machen (EBERSTALLER et al., 2004). Die noch im 19. Jahrhundert hochwassergefährdete Siedlungsfläche wurde durch diese Hochwasserschutzmaßnahmen verringert, die darauffolgende bauliche Entwicklung im Wirkungsbereich der Schutzmaßnahmen – in den Restrisikogebieten – hat die bei Extremereignissen hochwassergefährdete Siedlungsfläche aber wieder beträchtlich erhöht.

Den Anstieg der Hochwasserexposition von Siedlungsgebieten weisen auch andere Studien teilweise für vergleichbare Zeiträume nach (vgl. CAMMERER et al., 2013; EBERSTALLER et al., 2004; FUCHS et al., 2015; FRÜH-MÜLLER et al., 2015). FUCHS et al. (2015) zeigen anhand einer Expositionsanalyse, welche die Auswirkungen unterschiedlicher Naturgefahren zum Gegenstand hat, für Österreich zwischen 1919 und 2012 einen Anstieg der Gebäude um 643 %. Die Anzahl der Gebäude im Gefährdungsbereich von Flusshochwassern steigt demnach in diesem Zeitraum um 650 %, jene im Gefährdungsbereich von Wildbächen um 594 % (FUCHS et al., 2015).

Auch der 2. Nationale Hochwasserrisikomanagementplan für Österreich (RMP2021) erlaubt Rückschlüsse auf die Größenordnung von Restrisikogebieten. Da die Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko (APSFR-Gebiete) auf Grundlage von Hochwasserextremereignissen ausgewiesen wurden, weisen jene Bereiche in den APSFR-Gebieten, in denen die wirtschaftlich und technisch möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen bereits umgesetzt wurden, auf Restrisiken hin. Dem RMP2021 zufolge wurden Hochwasserschutzmaßnahmen entlang von Gewässerstrecken mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko von insgesamt 1.168 km umgesetzt, was einem Anteil von 40 % der gesamten Gewässerstrecke in APSFR-Gebieten entspricht. Die Ursachen für das Hochwasserrisiko in diesen Bereichen liegen in „der Standortentwicklung (Siedlung, Betriebe, andere Vermögenswerte) insbesondere nach der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen“ sowie in der begrenzten Schutzwirkung der Anlagen (BMLRT, 2021).

## 6.3 Der Umgang mit Restrisiken als Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung

### 6.3.1 Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung als Akteurinnen und Akteure

Vor dem Hintergrund der administrativen Zuständigkeiten in Österreich betrachten wir die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten als Ergebnis einer Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Die Entwicklungsmöglichkeiten im Wirkungsbereich von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen sind abhängig von

- der Art und Weise, wie die Informationen zur Hochwassergefährdung nach der Fertigstellung der Hochwasserschutzbauten von den Behörden der Schutzwasserwirtschaft an die veränderte Gefahrenlage angepasst werden, und
- den jeweiligen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Widmung dieser Gebiete in der örtlichen Raumplanung.

Im alpinen Raum Österreichs sind als Behörden der Schutzwasserwirtschaft je nach Charakteristik des Fließgewässers die Bundeswasserbauverwaltung und die Wildbach- und Lawinerverbauung für den technischen Hochwasserschutz und die Erstellung von Gefahreninformationen (Gefahrenzonenpläne, Hochwasserabflussuntersuchungen) zuständig. Die Umsetzung der Agenden der Bundeswasserbauverwaltung erfolgt durch die (Schutz) Wasserwirtschaftsabteilungen in den Ämtern der Landesregierungen. Die Wildbach- und Lawinerverbauung ist eine Bundesorganisation mit regionalen Dienststellen (Sektionen und Gebietsbauleitungen) in den Bundesländern. Die österreichische Hochwasserschutzpolitik zielt im Hinblick auf technische Schutzmaßnahmen darauf ab, Hochwasserrisiken für bestehende Gebäude und Infrastruktur zu reduzieren (BMLFUW, 2015). Die Schaffung von baulichen Entwicklungsmöglichkeiten in ehemaligen Überschwemmungsgebieten wird als unbeabsichtigte Auswirkung der errichteten Hochwasserschutzbauten angesehen (I25, I27, I32, I33, I42). Im Fall von konkreten Entwicklungsabsichten von Gemeinden im Restrisikobereich wird die Bundesförderung für die Schutzbauten entsprechend der für eine Baulandwidmung in Betracht gezogenen Fläche reduziert (I25).

Nach der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen wie Dämmen, Wildbachsperrern, Hochwasserschutzmauern oder Hochwasserrückhaltebecken überarbeiten die Behörden der Schutzwasserwirtschaft die Hochwassergefahreninformationen, insbesondere die Gefahrenzonenpläne entsprechend der verringerten Hochwassergefährdung. Die sogenannte Revision von Gefahrenzonenplänen geht einer baulichen Nutzung von Restrisikogebieten voraus, denn erst durch die Aufhebung von vor allem roten Gefahrenzonen werden die rechtlichen Voraussetzungen für eine Baulandwidmung geschaffen. Die Bundeswasserbauverwaltung nimmt nach der Realisierung von Hochwasserschutzanlagen die Gefahrenzonen je nach Reduktion der Gefährdung zurück und ersetzt sie im Wirkungsbereich der Schutzmaßnahmen durch die Ausweisung von Restrisikogebieten (I25, I27, I32), die im Gefahrenzonenplan rot schraffiert dargestellt werden (BMLFUW, 2016b). Die Wildbach- und Lawinenverbauung hebt die Gefahrenzonen in der Regel nicht gänzlich auf, sondern „bewertet die Gefahrenlage nach der Errichtung von Schutzbauten auf der Grundlage von fachlicher Expertise neu“ (I37) und lässt oftmals die gelbe Gefahrenzone bestehen. Diese Vorgehensweise eröffnet den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Wildbach- und Lawinenverbauung die Möglichkeit, fachliche Stellungnahmen in Raumordnungs- und Bauverfahren, die diese Bereiche betreffen, abzugeben (I35, I37; FELLINGER, 2020). Es können im Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung aber auch Flächen mit Restgefährdung ausgewiesen werden. Dies geschieht in einer gesonderten Karte, die Flächen werden in weißer Schraffur dargestellt (§ 8 Abs 1 Z 3 ForstG-GZPV). Die Berechnung der Konsequenzen des Überströmens bzw. Versagens von Schutzbauten ist sehr komplex (I37). Die Restgefährdung wird deshalb nicht exakt, sondern anhand der Abflussgebiete von Hochwasserereignissen niedriger Wahrscheinlichkeit (300-jährliches Hochwasser oder Extremereignisse) dargestellt (BMLFUW, 2016b).

Für die Raumplanung sind in Österreich die Bundesländer und die Gemeinden zuständig, wobei Gesetzgebung und überörtliche Raumplanung im Aufgabenbereich der Bundesländer liegen und die Gemeinden für die örtliche Raumplanung verantwortlich sind. Die Raumplanung setzt mit ihren Planungsentscheidungen Rahmenbedingungen für die Flächennutzung. Was die Berücksichtigung von Hochwassergefahren in der Raumplanung betrifft, so beruhen diese Entscheidungen auf Hochwassergefahreninformationen der Bundeswasserbauverwaltung bzw. der Wildbach- und Lawinenverbauung und falls erforderlich auf fachlichen Stellungnahmen der Behörden der Schutzwasserwirtschaft in den Raumordnungsverfahren. Für den Umgang mit Hochwassergefahren ist vorrangig die örtliche Raumplanung und hier besonders die Flächenwidmungsplanung von Relevanz. Die Raumordnungsgesetze der Bundesländer sehen in unterschiedlicher Intensität Restriktionen für die Widmung von Bauland in den Abflussbereichen von Hochwasserereignissen hoher und mittlerer Wahrscheinlichkeit vor, um dort bauliche Intensivnutzungen zu verhindern und damit zu einer Vermeidung neuer Risiken beizutragen.

Für Hochwasserabflussbereiche niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit und Restrisikobereiche gibt es sowohl im Raumordnungs- als auch im Baurecht nur vereinzelt normative Vorgaben. So legt das Oberösterreichische Raumord-

nungsgesetz ein Widmungsverbot für Bauland in ehemals roten Gefahrenzonen sowie auf aufgeschütteten Flächen in ehemals roten Gefahrenzonen fest (§ 21 Abs 1a Oö. ROG 1994), wobei sich ‚ehemals‘ auf die Gefährdungssituation vor der Errichtung einer Hochwasserschutzanlage bezieht. Das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz sieht im Abflussbereich des 300-jährlichen Hochwassers ein Baulandwidmungsverbot für die Widmungskategorien Bauland-Sondergebiet mit Gefahrenpotential, Bauland-Industriegebiet und Bauland-Verkehrsbeschränktes Industriegebiet vor (§ 15 Abs 6 NÖ ROG 2014). In allen anderen Bundesländern hat die Ausweisung von Restrisikogebieten in den Gefahrenzonenplänen der Bundeswasserbauverwaltung nur indikativen Charakter ohne verbindliche Auswirkungen auf die örtliche Raumplanung (I29, I30, I39). Die Entscheidung über eine Baulandwidmung in Restrisikogebieten liegt dort im Planungsermessen der Gemeinden. Im Baurecht nimmt allein das Oberösterreichische Bautechnikgesetz auf Restrisiken Bezug. Entsprechend § 47 Abs 5 Oö. BauTG 2013 wird eine „hochwassergeschützte Gestaltung von Gebäuden“ auch für Bereiche vorgeschrieben, „die auf Grund technischer Hochwasserschutzmaßnahmen nicht mehr im 100-jährlichen Hochwasserabflussbereich liegen“. So wird unter anderem festgelegt, dass die Fußbodenoberkante bei Wohngebäuden „mindestens 50 cm über dem Niveau des ursprünglichen Hochwasserabflussbereichs [...] vor Errichtung der technischen Hochwasserschutzmaßnahme liegt“. Die Initiative für diese Regelungen in der Raumplanung und im Baurecht ging in beiden Bundesländern von der Schutzwasserwirtschaft aus (I26, I29, I38).

### 6.3.2 Problemwahrnehmung und Politikziele

Die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten und der damit verbundene Anstieg des Schadenpotentials – der Dammeffekt – wird von der überwiegenden Anzahl der befragten Expertinnen und Experten als Problem betrachtet (I25, I27, I29, I30, I31, I32, I38). In diesem Zusammenhang werden auch die Notwendigkeit einer Reduktion der hohen Flächeninanspruchnahme für Bauland und Verkehrsflächen sowie die umfangreichen Baulandreserven – in Österreich waren 2020 im Durchschnitt der Bezirke 22 % des gewidmeten Baulands nicht bebaut (ÖROK, 2020) – genannt und als Argumente gegen eine weitere bauliche Entwicklung in Restrisikogebieten angeführt. Dennoch wird eine Beschränkung von Baulandwidmungen in Restrisikobereichen, wie sie im Oberösterreichischen Raumordnungsgesetz vorgesehen ist, teils nicht befürwortet, teils als wünschenswert, aber nicht umsetzbar erachtet. Dies wird besonders in den alpin geprägten Bundesländern mit den räumlichen Restriktionen in den Berggebieten begründet. Die Topografie und der geringe Dauersiedlungsraum begrenzen die für die Siedlungsentwicklung und hier besonders die für gewerbliche und industrielle Nutzungen verfügbaren Flächen auf die Talräume und damit oft auf potentiell hochwassergefährdete Standorte. Ein Ausweichen auf Räume ohne Hochwassergefährdung wird im Berggebiet auch durch Gefahrenbereiche, die aus anderen Naturgefahren resultieren (Rutschungen, Steinschlag etc.), erschwert. Die Bevölkerungszunahme, der Anstieg der Haushalte, der Nutzungsdruck im Gewerbe- und Tourismussektor und die Nutzungskonkurrenz in vielen alpinen Talbereichen führen dazu, dass Gemeinden die Chance nutzen, auf ehemals hochwassergefährdeten Flächen

nach der Errichtung von Schutzmaßnahmen neues Bauland zu erschließen (JUNGER et al., 2022; I28, I32, I35, I36, I43). Die Möglichkeit zur Baulandwidmung in Restrisikogebieten wird von Gemeindevertretern auch mit der Kofinanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen durch die Gemeinden begründet (I28, I37).

Informationen über Gebiete mit Hochwasserrestisiko sind verfügbar und den Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern auf Gemeindeebene weitgehend bekannt, insbesondere, weil die schutzwasserwirtschaftlichen Fachdienste im Raumordnungsverfahren auf die bestehende Gefährdung hinweisen. Zudem werden diese Gefährdungen im Zusammenhang mit der Auflage von Gefahrenzonenplänen kommuniziert. Die diesbezüglichen Widmungs- und Nutzungsentscheidungen der Gemeinden erfolgen daher nicht unter Unwissen (FELLINGER, 2020). Dennoch ist der Dammeffekt in der Flächenwidmung ein Thema von untergeordneter Bedeutung (I30, I32, I39). Die entstehenden Risiken werden von den Gemeinden bewusst in Kauf genommen. Der Klimawandel spielt in der Wahrnehmung des Dammeffekts als Problem aktuell nur eine geringe Rolle. Eine mögliche klimawandelbedingte Zunahme der Hochwassergefährdung erhöht bei gleichbleibendem Ausbaugrad der Schutzbauten und der Beibehaltung der aktuellen Schutzziele das Hochwasserrisiko für bauliche Nutzungen in Restrisikogebieten. Den Befragten zufolge sind aber auch die Auswirkungen des Klimawandels auf Flusshochwasser in der örtlichen Raumplanung wenig präsent. Der Umgang mit der Hitzebelastung und pluvialen Hochwasserereignissen ist hier von größerer Bedeutung (I28, I29, I30, I31). Eine Ausweitung von Widmungsrestriktionen in Restrisikogebieten auf die Raumordnungsgesetzgebung und die Planungspraxis weiterer Bundesländer erscheint vor diesem Hintergrund wenig realistisch. Diesen Befund bestätigen auch die Ergebnisse einer Online-Befragung von Expertinnen und Experten, der zufolge Widmungsrestriktionen für Restrisikogebiete zwar eine hohe Wirksamkeit in der Prävention attestiert, ihre praktische Umsetzbarkeit aber sehr reserviert beurteilt wird (SEHER & LÖSCHNER, 2015).

Dieses Narrativ findet seine Entsprechung im Empfehlungscharakter der Maßnahmen zum Umgang mit Restrisiken in Politikinstrumenten des Hochwasserrisikomanagements und der Raumplanung in Österreich. Der 2. Nationale Hochwasserrisikomanagementplan (RMP2021) beinhaltet diesbezüglich mehrere Maßnahmen, die zusammengefasst darauf abzielen, „*Restrisiken zu berücksichtigen und durch geeignete Hochwasserrisikomanagementmaßnahmen zu reduzieren, wo immer dies möglich ist*“ (BMLRT, 2021). In Bezug auf die Raumplanung empfiehlt der RMP2021 für Restrisikogebiete „Planungsmaßnahmen“ sowie Maßnahmen zur Anpassung von Gebäuden an Hochwassergefahren, die in den Raumordnungsgesetzen und Bauordnungen der Bundesländer berücksichtigt werden sollen (BMLRT, 2021). Für die Raumplanung haben die Festlegungen des RMP2021 prinzipiell nur Empfehlungscharakter. Die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), ein staatliches Gremium zur Koordinierung der Raumentwicklung auf Bundesebene, veröffentlicht Empfehlungen zu Themen der Raumordnung und Regionalpolitik. Die ÖROK-Empfehlung Nr. 57 Hochwasserrisikomanagement nimmt in einer der zehn themenbezogenen Empfehlungen auf die Raumentwicklung

in Restrisikogebieten Bezug. Dieser Empfehlung entsprechend sollen Restrisikobereiche im Raumordnungs- und Baurecht berücksichtigt werden. Weiters „*sind Planungsgrundlagen für diese Bereiche zu erstellen [...] sowie restrisikobezogene Handlungsempfehlungen in der Raumordnung und im Baurecht zu erarbeiten und auf festgelegte Bereiche anzuwenden*“ (ÖROK, 2018). Mit einem zusätzlichen Hinweis auf die Auswirkungen des Klimawandels ist diese Empfehlung auch im Österreichischen Raumentwicklungskonzept 2030 (ÖROK, 2021) enthalten, einem Planungsinstrument, das Leitlinien für die Raumplanung auf Landes- und Gemeindeebene vorgibt.

### 6.3.3 Instrumente und Optionen

Obwohl viele der befragten Expertinnen und Experten regulative Ansätze zur Vermeidung bzw. Verringerung von Restrisiken befürworten (I25, I27, I29, I30, I31, I32, I38, I39, I42), schlagen sie einerseits Instrumente vor, die freiwillig anzuwenden sind, andererseits werden Instrumente genannt, die nicht direkt mit der Raumplanung in Verbindung stehen. Dieser Instrumentenmix umfasst die Information und die Sensibilisierung für die verbleibenden Gefahren nach der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen (I25, I28, I32, I34, I35, I39), die bauliche Anpassung an Hochwasserereignisse, sowohl verpflichtend als auch freiwillig (I31, I38, I39), den Katastrophenschutz unter Berücksichtigung der Auswirkungen extremer Hochwasserereignisse (I27, I28, I32, I33, I34, I44) und ganzheitliche Ansätze zur Bewältigung von Überlastfällen im Sinne einer Erhöhung der Redundanz und der Systemsicherheit von Schutzbauten (I37).

### Information und Bewusstseinsbildung

Die Information zu Hochwasser(rest)risiken ist ein Instrument der Bewusstseinsbildung. Gefahreninformationen für diese Bereiche sind vorhanden (Kap. 6.3.1) bzw. weisen die schutzwasserwirtschaftlichen Fachdienste im Raumordnungsverfahren auf die bestehende Gefährdung hin. Zudem werden Restrisiken auch im Zusammenhang mit der Auflage von Gefahrenzonenplänen sowie im Zuge von Informationsveranstaltungen zu Hochwasserschutzprojekten in den Gemeinden kommuniziert. Eine weitere Informationsquelle zu Hochwassergefahren im Allgemeinen bieten die Geo- und Rauminformationssysteme der Bundesländer. Zudem ist Informationsmaterial in Form von Broschüren zu Hochwasserrisiken und damit auch zu Restrisikobereichen verfügbar, wobei es keine Daten zur Wirksamkeit dieser Informationen in den Gemeinden und bei der Bevölkerung gibt. Die Ersichtlichmachung von Restrisikobereichen in den Planungsinstrumenten der örtlichen Raumplanung, insbesondere im Örtlichen Entwicklungskonzept und im Flächenwidmungsplan, ist wenig verbreitet. Die befragten Expertinnen und Experten betonen neben den Gemeinden die Rolle regionalisierter Verwaltungseinheiten, wie z.B. Bezirksbauleitungen oder Gewässerbezirke, und der Freiwilligen Feuerwehr in der Informationsvermittlung und der Bewusstseinsbildung für Hochwasserrisiken. Die Wasserwirtschaftsverwaltung in Bayern bietet institutionalisiert Beratung in Form sogenannter Risikodialoge an, die die Gemeinden zur Information zu Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements in Anspruch nehmen können.

## Bauliche Anpassung an Hochwasserereignisse

In Abhängigkeit von der tatsächlichen Gefährdung im Überlast- oder Versagensfall können die unterschiedlichen Formen der baulichen Anpassung an Hochwasserereignisse eine geeignete Maßnahme zur Risikovermeidung in Restrisikogebieten darstellen. Hochwasserangepasstes Bauen kann zum einen in der Bebauungsplanung verbindlich festgelegt werden, zum anderen freiwillig durch die Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer erfolgen. Für die Neuerschließung von Siedlungsbereichen ermöglicht der Bebauungsplan Mindestvorgaben für Bauvorhaben in Gefährdungsbereichen im Sinne einer gefahrenangepassten Differenzierung der Nutzungsintensität und der Umsetzung einer baulichen Hochwasseranpassung. Die Vorteile der Bebauungsplanung gegenüber gleichlautenden Auflagen im Bauverfahren liegen in gebietsweisen einheitlichen Festlegungen, einer vorzeitigen Einbindung der Bauwerberinnen und Bauwerber sowie in der Bewusstseinsbildung für Hochwasserrisiken im Fall partizipativ gestalteter Planungsprozesse. Ein kombinierter Flächenwidmungs- und Bebauungsplan würde konkrete Auflagen bezüglich Hochwasseranpassung bereits im Zuge der Widmung möglich machen. Die Erstellung von Bebauungsplänen, welche die Anpassung an Hochwassergefahren zum Inhalt haben, bedarf der Abstimmung zwischen den Ortsplanerinnen und Ortsplanern, den Gemeinden und der Schutzwasserwirtschaft. Ob Festlegungen im Bebauungsplan oder Empfehlungen der Schutzwasserwirtschaft für hochwasserangepasstes Bauen auch tatsächlich im Bauverfahren umgesetzt werden, kann aktuell von den Landesraumplanungsabteilungen und der Schutzwasserwirtschaft oft nicht überprüft werden. Hier sollte die Koordination zwischen diesen Behörden und den Gemeinden als Baubehörden verbessert werden (SEHER & NEUHOLD, 2022).

Die befragten Expertinnen und Experten halten die freiwillige Anpassung an Hochwasserereignisse in Restrisikogebieten für wichtig, beurteilen aber deren Umsetzung deutlich reservierter. Trotz Informations- und Beratungsangeboten geschieht – nicht nur in Restrisikogebieten – ohne eine diesbezügliche rechtliche Verpflichtung wenig. Im Zusammenhang mit der Neuwidmung von Bauland in Restrisikobereichen wird daher verbindlichen Vorgaben der Vorzug gegeben. Für die bauliche Hochwasseranpassung im Siedlungsbestand bleibt die freiwillige Anpassung unter den gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen die einzige Option. Direkte Beratungsangebote wie die Bausprechtag für Gemeinden in der Steiermark könnten die Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen bei betroffenen Bauwerberinnen und Bauwerbern verbessern. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Abstimmung der Schutzwasserwirtschaft mit den Raumplanungs- und Baubehörden, bevorzugt auf einer regionalen Verwaltungsebene.

## Katastrophenschutz

In den Interviews wurde der Katastrophenschutz als wichtige Maßnahme im Umgang mit Hochwasserrestisiken angeführt. Die Gemeinden sind verpflichtet, Katastrophenschutzpläne zu erstellen. Inwieweit diese Pläne auf den Überlastfall bei Extremereignissen eingehen, ist unterschiedlich. Als Beispiele wurden die Sonderalarmpläne in Niederösterreich, die Notfallpläne im Machland (Kap. 6.4.2) und der St. Georgener Bucht in Oberösterreich, die Katast-

rophenschutzpläne in Tirol sowie die Hochwassereinsatzpläne in Salzburg genannt. Katastrophenschutzpläne verlangen eine intensive Abstimmung und Koordination von Stakeholdern aus verschiedenen Bereichen, um im Ernstfall möglichst reibungslose Abläufe zu gewährleisten.

## Risikoorientierte Raumplanung

Die Entscheidung über die Widmung von Restrisikogebieten liegt in den meisten Bundesländern im Ermessen der Gemeinden. Ergebnisse aus den Fallstudiengemeinden in Vorarlberg (Kap. 6.4.1) zeigen, dass Gemeinden, was die Widmung und Nutzung von Restrisikogebieten betrifft, dem Flächenangebot und dem Baulandbedarf entsprechend differenziert vorgehen. Das Planungsermessen kann von den Gemeinden auch dahingehend genutzt werden, die Baulandentwicklung auf Flächen im Wirkungsbereich von technischen Schutzmaßnahmen nach Kriterien wie der Erforderlichkeit des Baulands, der Nutzung der Fläche für die Innenentwicklung (z.B. Schließung von Baulücken, bauliche Verdichtung) oder alternativen Entwicklungsmöglichkeiten außerhalb gefährdeter Bereiche zu beurteilen. Den Ortsplanerinnen und Ortsplanern wird hier in der Beratung der Gemeinden eine wichtige Rolle zukommen. Ein Entscheidungsbaum zur Beurteilung von Baulandwidmungen im Wirkungsbereich von Schutzmaßnahmen wurde von STEINBRUNNER et al. (2022) entwickelt. Für eine solche Abwägung bietet sich das Örtliche Entwicklungskonzept an (Anmerkung: Die Bezeichnungen in den Bundesländern sind unterschiedlich. Dieses strategisch ausgerichtete Planungsinstrument der örtlichen Raumplanung wird auch als Räumliches Entwicklungskonzept oder als Räumlicher Entwicklungsplan bezeichnet). Dort können neben Ausschluss- und Eignungszonen auch Flächen mit Vorbehalt betreffend Naturgefahren ausgewiesen werden, die dann für eine Baulandwidmung eine Stellungnahme der Schutzwasserwirtschaft erfordern, was in weiterer Folge zu baulichen Auflagen im Bebauungsplan oder im Bauverfahren führt. Die Zonierung im Örtlichen Entwicklungskonzept schafft damit bereits vorab Klarheit über jene Flächen, die nicht bzw. mit oder ohne bauliche Auflagen für eine Baulandentwicklung in Frage kommen. Dazu ist auch eine zeitliche Abstimmung der Überarbeitung von Gefahrenzonenplänen mit der Überarbeitung der Örtlichen Entwicklungskonzepte erforderlich.

Dieser multikriterielle Zugang, der über die Beurteilung von Planungsoptionen nach rein rechtlichen Kriterien hinausgeht, orientiert sich am Ansatz einer risikoorientierten Raumplanung (SEHER & LÖSCHNER, 2018a), der seinerseits auf dem Modell der risikobasierten Raumplanung in der Schweiz basiert. Die risikobasierte Raumplanung legt den Fokus auf die Nutzung von potentiellen Gefahrenbereichen und auf einen bewussten Umgang mit Risiken in allen Gefahrenstufen (auch in Restrisikogebieten) (BAFU & ARE, 2019). Nutzungsentscheidungen orientieren sich an Sicherheitsniveaus, die auf einer Abwägung aus dem technisch Machbaren, der Tragbarkeit der verbleibenden Risiken und von ökologischen Aspekten beruhen. Diese Sicherheitsniveaus basieren nicht mehr auf fixen Werten, sondern auf einem Aushandlungsprozess aller involvierten Interessen (I43).

## 6.4 Fallstudien

### 6.4.1 Revision von Gefahrenzonenplänen und örtliche Raumplanung

Im Rahmen einer Masterarbeit (FELLINGER, 2020) wurde der Prozess der Revision von Gefahrenzonenplänen der Wildbach- und Lawinerverbauung in Vorarlberg und deren Auswirkung auf die örtliche Raumplanung anhand der Gemeinden Au, Schoppernau, St. Gallenkirch und Gaschurn untersucht. In den vier Gemeinden wurde analysiert, inwieweit als Folge der Errichtung von Schutzbauten eine Nutzungsintensivierung auf den Flächen im Wirkungsbereich der Schutzmaßnahme stattfindet und wie die kommunalen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger das Restrisiko berücksichtigen.

Eine Revision von Gefahrenzonenplänen erfolgt entweder aufgrund von geänderten Rahmenbedingungen wie z.B. der Errichtung technischer Schutzmaßnahmen oder routinemäßig 10 bis 15 Jahre nach deren Auflage. Das Verfahren der Revision unterscheidet sich dabei nicht wesentlich von jenem der Erstellung eines Gefahrenzonenplans. Aus Ressourcengründen werden oft nur Revisionsvorschläge erstellt, das heißt der rechtsgültige Gefahrenzonenplan bleibt bestehen und nur die Gefahrenzonen einzelner Einzugsgebiete werden in Form eines Vorschlags an die durch die Schutzmaßnahme geänderten Verhältnisse angepasst. Die Revisionsvorschläge werden durch die Sektion geprüft und bei Bewilligung interimistisch für die Gutachtertätigkeit bei Widmungs- und Bauanträgen der Gemeinden verwendet. Oft wird aber nur die rote Gefahrenzone zurückgenommen und die gelbe Gefahrenzone bleibt unverändert bestehen (Kap. 6.3.1). Dieser vorsichtige Umgang mit Revisionen macht deutlich, dass eine Bebauung der Restrisikogebiete für die Sachverständigen der Wildbach- und Lawinerverbauung vorstellbar sein muss. Mit der Beibehaltung der gelben Zone ist für Widmungsanträge der Gemeinden in Restrisikobereichen weiterhin eine Stellungnahme der Wildbach- und Lawinerverbauung, verbunden mit möglichen Auflagen, erforderlich.

In zwei der untersuchten Fallstudiengemeinden wurden in größerem Umfang Flächen im Restrisikobereich als Bauland gewidmet und baulich genutzt, in den beiden anderen Gemeinden beschränkte sich die Baulandentwicklung auf einzelne Parzellen. Die Nutzung der Restrisikogebiete wird wesentlich von der Nachfrage nach Bauland bestimmt. Weitere Faktoren sind das geringe Flächenangebot aufgrund eines sehr beschränkten Dauersiedlungsraums, die begrenzten Optionen für neues geeignetes Bauland außerhalb von Gefahrenbereichen und die fehlenden Möglichkeiten dort Baulandreserven zu mobilisieren. Auch wird der Anteil der Gemeinden an der Finanzierung der Schutzbauten als Argument für eine bauliche Nutzung der Restrisikogebiete angeführt. Obwohl sich die befragten Gemeindevorteiler der Restgefährdung im Wirkungsbereich der Schutzbauten bewusst sind, spielt das verbleibende Risiko für einen Verzicht auf eine Baulandwidmung nur eine geringe Rolle. In diesem Zusammenhang ist vielmehr relevant, dass sich die in Frage kommenden Flächen nicht im Eigentum der Gemeinde befinden, dass die Erschließungskosten zu hoch wären, dass damit die Außenentwicklung forciert würde, oder dass wertvolle landwirtschaftliche Flächen erhalten werden sollen.

### 6.4.2 Verankerung von Restrisiko in Raumplanung, Baurecht und Katastrophenschutz

Im Oberösterreichischen Raumordnungsgesetz und im Oberösterreichischen Bautechnikgesetz werden Restrisiken berücksichtigt. Zudem stellte sich in den Interviews mit Expertinnen und Experten heraus, dass Überlastfälle in Katastrophenschutzplänen in den Gemeinden des Wasserverbands St. Georgener Bucht (Langenstein und Luftenberg) sowie der Machland-Damm GmbH (Mauthausen, Naarn, Mitterkirchen, Baumgartenberg, Saxen, Grein, St. Nikola) behandelt werden, daher wurden sie als Fallstudie gewählt (Abb. 28). Im Machland wurde im Jahr 2012 der Machlanddamm fertiggestellt, wodurch große Flächen nunmehr im Wirkungsbereich von Schutzmaßnahmen zu

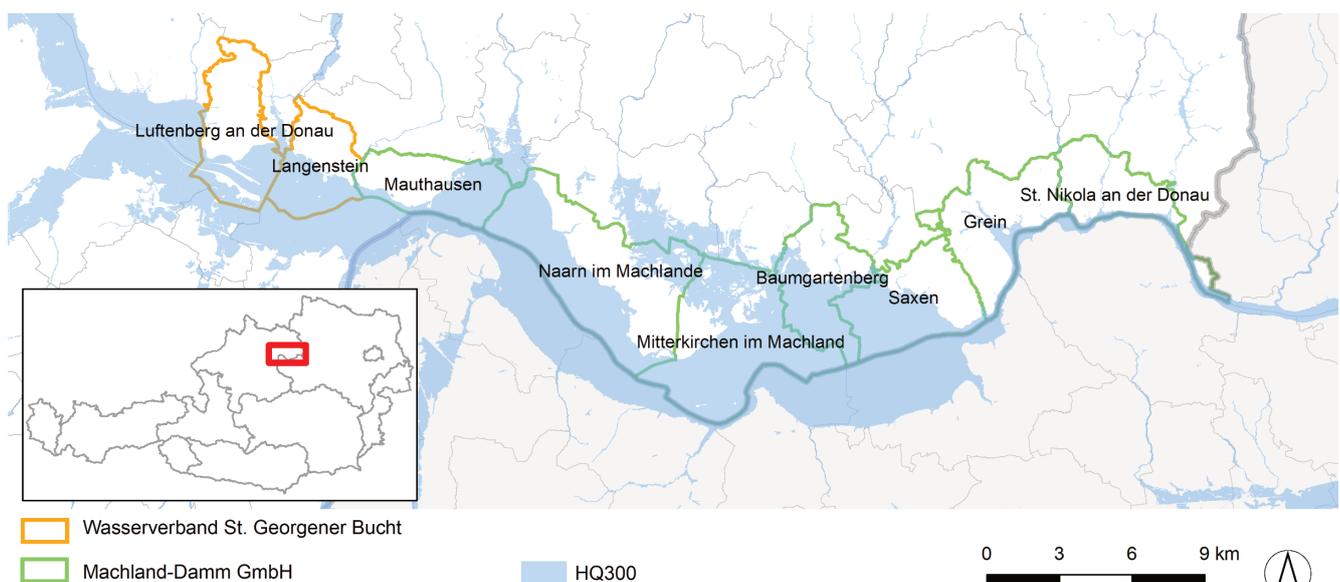


Abb. 28. Untersuchungsgebiet der Fallstudie (BEV, HOHENSINNER et al., 2021a).

liegen kommen. Anhand dieser Fallstudie wurden die Prozesse der Entstehung und der Umsetzung der beiden Gesetze und der Stellenwert dieser Flächen im Katastrophenschutz untersucht.

Die Verankerung des Restrisikos im Raumordnungs- und Bautechnikgesetz wurde von unterschiedlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Nach der Fertigstellung des 36,4 km langen Machlanddamms liegen nun erhebliche Flächen in den Siedlungsbereichen oder deren Nähe im Restrisikogebiet. Auf diesen Flächen hätte sich die Möglichkeit der Baulandentwicklung geboten, was zu einer beträchtlichen Erhöhung des Schadenspotentials geführt hätte. Eine Einschränkung der Siedlungsentwicklung in diesen Bereichen wurde daher angestrebt und besonders von der Schutzwasserwirtschaft in Oberösterreich vorangetrieben, was vor allem aufgrund der „*starken Position der Wasserwirtschaft in Oberösterreich*“ (I26) schließlich zu einem Baulandwidmungsverbot in ehemals roten Zonen im Oberösterreichischen Raumordnungsgesetz führte. Dabei ging es einerseits um zukünftige Baulandwidmungen, andererseits aber auch um bereits gewidmetes Bauland. Eine Rückwidmung von Bauland kam auf Grund von rechtlichen und finanziellen Hürden nicht infrage, daher wurde 2013 die Regelung im Oberösterreichischen Bautechnikgesetz zum hochwasserangepassten Bauen in ehemaligen Abflussbereichen eines hundertjährigen Hochwassers (HQ100) implementiert. Das Baulandwidmungsverbot im OÖ Raumordnungsgesetz wurde erst 2015 (nach dem Hochwasser 2013) festgelegt.

Beide Gesetze verweisen auf eine inhaltliche Koordination (Politikintegration) von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Auf die politische Willensbildung wirkten die Auswirkungen der vergangenen Hochwasserereignisse, das steigende Bewusstsein, das Hochwasserschutzprojekt Machland und der Druck der Schutzwasserwirtschaft. Es ist daher nicht nur die Abstimmung zwischen Raumplanung und Wasserwirtschaft, die zu einer verbindlichen Berücksichtigung des Restrisikos in der Raumplanung geführt hat. Vielmehr ist das Zusammenspiel aus unterschiedlichen Rahmenbedingungen und einzelnen wichtigen Akteurinnen und Akteuren maßgebend. Die Schutzwasserwirtschaft kann dabei als ‚political entrepreneur‘ beschrieben werden, womit Stakeholder charakterisiert werden, die Gelegenheiten ergreifen und nutzen, um eigene Initiativen voranzutreiben (PETRIDOU et al., 2015).

Das Bautechnikgesetz wird von den Gemeinden im Rahmen des Bauverfahrens oder im Bebauungsplan angewendet. Den Bauwerberinnen und Bauwerbern wird für jede Parzelle der Verlauf der Anschlaglinie des HQ100 vor der Errichtung des Machlanddamms zur Verfügung gestellt. Beim Raumordnungsgesetz wirkt sich die Regelung auf den Flächenwidmungsplan aus. In beiden Fällen ist das Gesetz klar formuliert und lässt keinen Spielraum für Ausnahmen, wodurch es zu keinem erhöhten Verwaltungsaufwand kommt. Diese klare Vorschreibung im Gesetz führt in den Gemeinden fallweise zu Spannungsfeldern. Für die befragten Gemeindevertreter ist es nachvollziehbar, dass das Schadenspotential in ehemaligen roten Zonen durch Baulandwidmungen nicht erhöht werden soll. Allerdings weisen sie auch auf Baulücken in den Ortszentren hin, die als Grünland gewidmet sind und auch in Zukunft nicht als Bauland für die Innenentwicklung genutzt werden können. Lagebedingt kann das Widmungsverbot im Restrisikoge-

biet die Entwicklungsmöglichkeiten einschränken, was dazu führt, dass Bauland in dezentraleren Lagen außerhalb gekennzeichneten Gefahrenbereiche entwickelt wird.

Neben den Raumordnungs- und Bauverfahren sind der Überlastfall und das Restrisiko Themen im Katastrophenschutzplan der Machland-Damm GmbH. Das Konzept der Notfallpläne und des Evakuierungsplans entspricht den Sonderalarmplänen in Niederösterreich. Abgesehen von einem Notfallplan für ein Hochwasser, das die Hochwasserschutzanlage nicht übersteigt, gibt es einen Notfallplan für den Überlastfall. Der Überlastfall umfasst das Überströmen des Damms, den Dambruch und den Ausfall von Pumpen. Für alle drei Szenarien wurden für die Gemeinden Gefahrenkarten erstellt, wobei der Dambruch nur für bestimmte Stellen berechnet wurde. Anhand der Gefahrenkarten wurden im Evakuierungsplan eine detaillierte Auflistung der exponierten Gebäude inklusive weitergehender Informationen zu den Haushalten (Anzahl der Personen und Tiere, Personen mit eingeschränkter Mobilität etc.) erstellt und Evakuierungsrouten festgelegt. Die Haushalte erhielten bereits Informationen zum Verhalten im Katastrophenfall. Weiters gibt es eine Liste an Ersatzquartieren in der Umgebung. Hauptakteurinnen und -akteure im Katastrophenschutz sind die Gemeinden und die Feuerwehren, bei einem Ereignis, das über die Gemeindegrenzen hinausgeht, ist auch der Bezirkshauptmann verantwortlich und Teil des Krisenstabes. Die Zusammenarbeit der Stakeholder basiert auf zum Teil langjährigen persönlichen Kontakten und etablierten Netzwerken. Der Katastrophenschutzplan stellt damit ein Instrument der administrativen Koordination dar (Koordination von verschiedenen Organisationen).

## 6.5 Schlussfolgerungen

Der Anteil der Siedlungsflächen in potentiell hochwassergefährdeten Gebieten hat in den letzten 150 Jahren signifikant zugenommen. Diese Entwicklung ist einerseits auf eine beträchtliche Ausweitung der gesamten Siedlungsfläche zurückzuführen, andererseits haben in diesem Zeitraum weitreichende technische Hochwasserschutzmaßnahmen die bauliche Nutzung von ehemaligen Überschwemmungsgebieten ermöglicht, damit aber auch das Schadenspotential bei extremen Hochwasserereignissen erhöht. In der wissenschaftlichen Literatur wird dieser Zusammenhang als Dammeffekt beschrieben. Trotz erkennbarer Pfadabhängigkeiten, die mit der Errichtung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen in Zusammenhang stehen, begreifen wir den Dammeffekt als Resultat einer Interaktion von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Ob Flächen im Wirkungsbereich von Schutzbauten baulich genutzt werden, hängt einerseits davon ab, wie die Gefahreninformationen nach Errichtung der Schutzbauten überarbeitet werden. Andererseits ist maßgeblich, welche Regelungen die Raumplanung für diese Restrisikogebiete vorsieht.

Nach dem Bau von Hochwasserschutzanlagen passen die Behörden der Schutzwasserwirtschaft die Hochwassergefahrenzonen an die verringerte Hochwassergefährdung an. Die Bundeswasserbauverwaltung hebt die Gefahrenzonen auf und ersetzt sie durch einen Hinweisbereich auf Restrisiken. Die Wildbach- und Lawinverbauung lässt häufig gelbe Gefahrenzonen bestehen. Die Raumordnungsge-

setzung in Österreich legt im Hinblick auf Restrisiken nur vereinzelt Widmungsrestriktionen fest. Das Oberösterreichische Raumordnungsgesetz sieht ein Baulandwidmungsverbot für ehemals rote Gefahrenzonen vor, das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz beschränkt die Widmung bestimmter Baulandkategorien im Abflussbereich eines 300-jährlichen Hochwassers. Im Bereich des Baurechts schreibt das Bautechnikgesetz in Oberösterreich für Restrisikogebiete eine hochwasserangepasste Bauweise vor. Die Initiative für diese Regelungen ging in beiden Bundesländern von der Schutzwasserwirtschaft aus. Die Ergebnisse einer Fallstudie in oberösterreichischen Gemeinden zeigt, dass durch klare raumordnungsrechtliche Vorgaben ein Anstieg des Schadenspotentials vermieden werden kann, wobei aber auch raumordnungsfachlich sinnvolle Baulandausweisungen, wie die Schließung von Baulücken aus Gründen der Risikovermeidung unterbleiben müssen. Eine Ausweitung dieser Widmungsrestriktionen auf weitere Bundesländer wird derzeit als nicht durchsetzbar angesehen und vorrangig mit der räumlichen Situation in alpinen Regionen begründet, in denen das Angebot an siedlungsgerechten Flächen begrenzt ist und verschiedene Landnutzungsinteressen in den Tälern konkurrieren. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass insbesondere der räumliche Kontext für die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten von Bedeutung ist.

Sowohl in Instrumenten der Schutzwasserwirtschaft als auch in Instrumenten der Raumplanung werden Ziele zum Umgang mit Restrisiken formuliert. Die entsprechenden Maßnahmen haben Empfehlungscharakter und laufen auf eine Berücksichtigung von Hochwasserrestriktionen – besonders in der Raumplanung und im Baurecht – und deren Reduktion durch geeignete Hochwasserrisikomanagementmaßnahmen hinaus. Was die Maßnahmen mit Empfehlungscharakter betrifft, ist die inhaltliche Koordina-

tion (Politikintegration) als inhaltliche Verknüpfung der Politikfelder Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung weit fortgeschritten. Im Bereich der rechtsverbindlichen Maßnahmen bleibt die Politikintegration auf die genannten Regelungen in Ober- und Niederösterreich beschränkt.

Als geeignete Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduktion von Hochwasserrestriktionen abseits von Baulandwidmungsverboten nennen die befragten Expertinnen und Experten Information und Bewusstseinsbildung, die bauliche Anpassung an Hochwasserereignisse, sowohl verpflichtend als auch freiwillig, und den Katastrophenschutz. In den Katastrophenschutzplänen der Bundesländer werden die Auswirkungen extremer Hochwasserereignisse in zunehmendem Ausmaß berücksichtigt. Die Bewusstseinsbildung und insbesondere Maßnahmen der baulichen Anpassung an Hochwasserereignisse erfordern ohne entsprechende rechtliche Verpflichtung eine Intensivierung der administrativen Koordination (Koordination von Organisationen des öffentlichen Sektors) zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung, insbesondere auf der kommunalen Ebene. Dies unterstreichen auch Interviewergebnisse, wonach der Umgang mit Restrisiken in der örtlichen Raumplanung in der Praxis ein Thema mit sehr untergeordneter Bedeutung ist. Zwar zeigen Ergebnisse einer Fallstudie in vier alpinen Gemeinden in Vorarlberg, dass die Gemeinden mit der Nutzung von Restrisikogebieten differenziert umgehen. Für diesen Umgang ist aber weniger das verbleibende Risiko auf diesen Flächen maßgeblich als vielmehr der konkrete Bedarf und raumordnungsfachliche Erwägungen. Aufbauen kann eine intensivere Koordination zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung im Umgang mit Restrisiken auf das gute Verhältnis und die engen operativen Kontakte zwischen den Akteurinnen und Akteuren aus diesen beiden Politikbereichen.

## 7 Stakeholder-Workshop

In PoCo-FLOOD waren als letzter methodischer Schritt Stakeholder-Workshops als transdisziplinärer Ansatz zur Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der Politikkoordination im Hochwasserrisikomanagement vorgesehen. Mit je einem Workshop pro Interaktionsfeld sollten Lösungsvorschläge für Politikkoordination vorgestellt und diskutiert sowie mit starkem Bezug zur Praxis Optionen zur Verbesserung der Politikkoordination in den Interaktionsfeldern entwickelt werden. Dieser Abschnitt beschreibt den Prozess, der zur Organisation eines Stakeholder-Workshops in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) führte, stellt das Programm und die dahinterstehenden Überlegungen zur Gestaltung des Workshops vor und präsentiert dessen Ergebnisse.

### 7.1 Planung des Stakeholder-Workshops

Laut Projektantrag war für PoCo-FLOOD je ein Stakeholder-Workshop für die drei Interaktionsfelder Wasserkraftnutzung und Hochwasserrisikomanagement, Landwirtschaft und Hochwasserrisikomanagement sowie Raumplanung und Hochwasserrisikomanagement geplant.

Für die Stakeholder-Workshops, insbesondere, was ihre Zielsetzung, die Themen, die Organisation und den Nutzen für die Teilnehmenden betrifft, wurde seitens des Projektteams ein Konzept entwickelt und dieses Konzept in einem Online-Workshop am 17. Juni 2021 mit den teilnehmenden Mitgliedern des PoCo-FLOOD Advisory Boards reflektiert und diskutiert (Kap. 1.4). Die im Projektantrag vorgesehene Abhaltung von drei nach den Themenbereichen der Interaktionsfelder getrennten Workshops erhielt nur wenig Zuspruch. Aus Gründen der besseren inhaltlichen Vernetzung zwischen den drei Themenbereichen, des Austauschs zwischen den Stakeholdern aus verschiedenen Fachgebieten und aufgrund von zu erwartenden erheblichen personellen Überschneidungen bei den potentiellen Teilnehmerinnen und Teilnehmern bei drei Workshops empfahlen die Advisory Board-Mitglieder die Abhaltung eines gemeinsamen Stakeholder-Workshops, der jedenfalls in Präsenz abgehalten werden sollte. Deshalb und auch aufgrund der zu erwartenden Einschränkungen für Präsenzveranstaltungen durch die Maßnahmen gegen die COVID-19-Pandemie wurde vom Projektteam die Entscheidung getroffen, nur einen Stakeholder-Workshop, diesen aber in einem größeren Rahmen, zu veranstalten.

Die im Herbst 2021 wieder stark gestiegenen COVID-19-Infektionszahlen machten unsere ersten Planungen für den Workshop wieder zunichte. Zudem zeigte sich in den projektinternen Diskussionen, dass die Abwicklung des Workshops gemeinsam mit einer Organisation, die über gute Kontakte zu verschiedenen Stakeholdern im Hochwasserrisikomanagement verfügt, von Vorteil wäre. Wir kontaktierten daraufhin den Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), der Seminare zu verschiedenen wasserwirtschaftlichen Themen anbietet, und legten einen Vorschlag für ein Seminar zum Thema Koordination im Hochwasserrisikomanagement vor. Das Programm stieß beim ÖWAV auf Interesse, und es konnte in mehreren Besprechungen gemeinsam mit dem ÖWAV ein Programm für den Workshop erstellt und die Veranstaltung für den 7. Dezember 2022 terminiert werden.

## 7.2 Programm des Stakeholder-Workshops

Das Programm des Stakeholder-Workshops (Abb. 29, 30) ist so aufgebaut, dass Referentinnen und Referenten aus dem PoCo-FLOOD-Projektteam in den drei Themenblöcken Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung jeweils im ersten Referat die wesentlichen Projektergebnisse vorstellen. Für jeden dieser drei Blöcke haben wir zwei Referenten aus der Praxis eingeladen, unsere Resultate zu ergänzen und zu kommentieren. Für die Auswahl der Referenten waren die praktische Expertise im jeweiligen Themenfeld sowie der Konnex zu den in den einzelnen In-



### Koordination im Hochwasserrisikomanagement

Wasserkraft, Landwirtschaft, Raumplanung



Mittwoch, 7. Dezember 2022

Wirtschaftskammer Salzburg – Plenarsaal (EG)  
5027 Salzburg, Julius-Raab-Platz 1

Leitung: Ass.-Prof. DI Dr. Walter SEHER

Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen



ÖWAV ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Abb. 29. Titelblatt des ÖWAV-Seminars „Koordination im Hochwasserrisikomanagement“ (Quelle: ÖWAV).

09.30 – 10.00	Registrierung und Begrüßungskaffee
10.00 – 10.15	<b>Begrüßung und Eröffnung</b> GF DI Dr. Daniel RESCH, ÖWAV LR DI Dr. Josef SCHWAIGER, Land Salzburg Ass.-Prof. DI Dr. Walter SEHER, Universität für Bodenkultur Wien
<b>Block 1 Wasserkraft und Hochwasserrisikomanagement</b>	
10.15 – 10.20	Moderation und Einleitung in den Block: a.o. Univ.-Prof. DI Dr. Hubert HOLZMANN, Universität für Bodenkultur Wien
10.20 – 10.35	<b>Einfluss von Speicherkraftwerken auf Hochwasser in Österreich</b> DI Dr. Mathew HERRNEGGER, Universität für Bodenkultur Wien
10.35 – 10.50	<b>Koordination und Zusammenarbeit im Hochwasserfall: Erfahrungen eines Kraftwerksbetreibers</b> DI Dr. Klaus HEBENSTREIT, VERBUND AG
10.50 – 11.05	<b>Ausbau Kaunertal – Hochwasserschutz als Planungsgrundlage für den Wasserkraftausbau</b> Dr.-Ing. Johann NEUNER, TIWAG AG
11.05 – 11.20	Fragen und Diskussion
<b>Block 2 Landwirtschaft und Hochwasserrisikomanagement</b>	
11.20 – 11.25	Moderation und Einleitung in den Block: DI Dr. Heidelinde GRÜNEIS, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft u. Bergbauernfragen
11.25 – 11.40	<b>Agrarflächen in Hochwasserrisikogebieten</b> DI Karin SCHROLL, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft u. Bergbauernfragen
11.40 – 11.55	<b>Die Rolle der Landwirtschaft in der Praxis des Hochwasserrisikomanagements</b> DI Christoph ZAUSSINGER, Landwirtschaftskammer Oberösterreich
11.55 – 12.10	<b>Grundeigentümerinteressen bei Hochwasserschutzprojekten</b> FM DI Gregor GRILL, Landwirtschaftskammer Salzburg
12.10 – 12.25	Fragen und Diskussion
12.25 – 13.30	Mittagspause
<b>Block 3 Raumplanung und Hochwasserrisikomanagement</b>	
13.30 – 13.35	Moderation und Einleitung in den Block: Ass.-Prof. DI Dr. Walter SEHER, Universität für Bodenkultur Wien
13.35 – 13.50	<b>Optionen einer risikoorientierten Raumplanung in Restrisikobereichen</b> DI Lena JUNGER, Universität für Bodenkultur Wien
13.50 – 14.05	<b>Risikobasierte Raumplanung in der Schweiz: Umgang mit Restrisiken</b> Stv. SC Roberto LOAT, BAFU Bern
14.05 – 14.20	<b>Hochwasserangepasstes Bauen und Katastrophenschutz in Restrisikogebieten: Erfahrungen aus Oberösterreich</b> DI Josef MADER, Amt der OÖ Landesregierung
14.20 – 14.35	Fragen und Diskussion
14.35 – 15.00	Kaffeepause
<b>Block 4 Diskussion</b>	
15.00 – 15.10	Moderation und Einleitung in den Block: Dr. Ralf NORDBECK, Universität für Bodenkultur Wien
15.10 – 16.15	<b>Podiumsdiskussion mit Fragen aus dem Plenum</b> Univ.-Prof. DI Dr. Helmut HABERSACK, Universität für Bodenkultur Wien DI Dr. Klaus HEBENSTREIT, VERBUND AG DI Michael REDIK, Amt der Steiermärkischen Landesregierung Priv.-Doz. DI Dr. Florian RUDOLF-MIKLAU, BML / WLW DI Christoph ZAUSSINGER, Landwirtschaftskammer Oberösterreich
16.15 – 16.30	<b>Schlussworte</b> Ass.-Prof. DI Dr. Walter SEHER, Universität für Bodenkultur Wien

Abb. 30. Programm des ÖWAV-Seminars „Koordination im Hochwasserrisikomanagement“ (Quelle: ÖWAV).

teraktionsfeldern bearbeiteten Fallstudien maßgeblich. In jedem Themenblock ist Zeit für Fragen und Diskussion vorgesehen. In einer abschließenden Podiumsdiskussion mit Stakeholdern aus dem Hochwasserrisikomanagement sowie aus den drei Themenbereichen Wasserkraft, Landwirtschaft und Raumplanung wird nach den Einleitungsstatements der Teilnehmenden das Thema Politikkoordination bezogen auf die Themenbereiche mit dem Podium und dem Publikum diskutiert.

Die Veranstaltung zielt darauf ab, eine Plattform zur Vernetzung der verschiedenen Akteurinnen und Akteure im Hochwasserrisikomanagement zu bieten, das Verständnis von Koordination im Hochwasserrisikomanagement zu vertiefen und die Umsetzung von Hochwasserrisikomanagementmaßnahmen zu unterstützen. Zielgruppe des Workshops sind Vertreterinnen und Vertreter der Bundes- und Landesverwaltung, von Gemeinden, Wasserverbänden,

Interessenvertretungen, Ingenieur- und Planungsbüros, Kraftwerksbetreibern, Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie von NGOs.

Der Stakeholder-Workshop fand plangemäß am 7. Dezember 2022 in Salzburg statt und wurde von insgesamt 70 Personen (inklusive der Referentinnen und Referenten sowie der Teilnehmenden der Podiumsdiskussion) besucht. Der überwiegende Anteil der Besucherinnen und Besucher war der Schutzwasserwirtschaft und der Landwirtschaft zuzurechnen, in geringerem Ausmaß waren aber auch die beiden anderen Themenfelder des Projekts vertreten. In einer vom ÖWAV durchgeführten Online-Evaluierung (N = 20) wurde die Veranstaltung von 75 % der Befragten mit sehr gut und von 20 % mit gut bewertet.

### 7.3 Ergebnisse des Stakeholder-Workshops

Dieser Abschnitt stellt die wesentlichen Erkenntnisse aus den Referaten und der Podiumsdiskussion getrennt nach den drei Interaktionsfeldern dar.

#### Wasserkraft

Neben den Projektergebnissen zeigen auch die Beiträge aus der Praxis, dass Speicherkraftwerke wesentlich zu einer Reduktion der Hochwasserabflussspitzen beitragen können. Dabei spielen Prognosemodelle zur Quantifizierung des zu erwartenden Zuflusses eine bedeutende Rolle. Diese Modelle hängen von der Genauigkeit der verfügbaren Inputdaten zu Niederschlag, Temperatur und Höhe der Schneedecke ab. Dafür ist wiederum die Abstimmung mit den Hydrographischen Diensten der Bundesländer und der Geosphere Austria von erheblicher Bedeutung. Die Verbund AG entwickelt auf Grundlage der Hochwasserprognosen ein Decision Support Tool zur Hochwasserabsenkung von Stauräumen. Am Beispiel der Planungen zum Ausbau und Erweiterung des Kraftwerks im Kaunertal wird deutlich, dass der Hochwasserschutz auch eine wichtige Planungsgrundlage für den Wasserkraftausbau darstellt und dass in diesem Zusammenhang auch technische Maßnahmen in Form von Überleitungssystemen zur Anwendung kommen, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht einen Mehraufwand bedeuten, aber einen nennenswerten Beitrag zum Hochwasserschutz leisten. Der Betrieb dieser Systeme im Hochwasserfall erfordert eine enge Abstimmung mit den Hydrographischen Diensten. Der zentrale Stellenwert der Wehrbetriebsordnungen für die Koordination von Wasserkraftnutzung und Hochwasserrisikomanagement wird sowohl in den Referaten als auch in der Podiumsdiskussion bestätigt. Ein aktives Hochwassermanagement seitens der Kraftwerksbetreiber ist gesetzlich nicht vorgesehen. Verpflichtend ist eine Absenkung des Wasserspiegels in den Stauräumen nur, wenn diese Regelungen in der Wehrbetriebsordnung festgelegt sind. Daher ist die Kommunikation zwischen den Kraftwerksbetreibern und den Behörden der Schutzwasserwirtschaft im Hochwasserfall sehr wichtig. Eine weitergehende rechtliche Verankerung des Beitrags der Wasserkraft zum Hochwasserschutz wird mit dem Hinweis auf die unterschiedlichen Kapazitäten der Speicherkraftwerke nicht als notwendig angesehen. Die Berücksichtigung von Sedimentablagerungen in Stauräumen, welche die Stauraumkapazität verringern und dadurch das Speichermanagement im Hochwasserfall beeinflussen können, wird als

sehr wichtig betrachtet. Ein kritischer Aspekt im Verhältnis von Wasserkraftnutzung und Hochwasserrisikomanagement ist der Umgang mit Entschädigungsforderungen der von Hochwasser betroffenen Bevölkerung. Hier wird Verbesserungsbedarf konstatiert, sowohl was die Information der Bevölkerung zur Wirkung von Kraftwerken auf den Hochwasserabfluss, als auch die Schaffung privatrechtlicher Rahmenbedingungen zur Entschädigung von hochwasserbetroffenen Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern betrifft.

#### Landwirtschaft

Der Anspruch an die Landwirtschaft, Flächen für Hochwasserabfluss und Hochwasserrückhalt bereitzustellen bzw. entsprechend zu bewirtschaften, stößt zunehmend an Grenzen der Flächenverfügbarkeit und damit der Akzeptanz von Landwirtinnen und Landwirten. Insbesondere im Alpenraum liegt ein erheblicher Anteil wertvoller landwirtschaftlicher Nutzflächen in potentiellen Hochwasserabflussgebieten. Der weitaus überwiegende Teil der Hochwasserschutzprojekte läuft ohne größere Konflikte mit der Landwirtschaft ab. Wenn Konflikte auftreten, können sie allerdings die Umsetzung einzelner Projekte erheblich verzögern. Die Beiträge aus der Praxis machen deutlich, dass der Kommunikation mit den Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern für die erfolgreiche Umsetzung von Hochwasserschutzprojekten große Bedeutung zukommt. Es wird empfohlen, „auf Augenhöhe“ mit den Betroffenen zu kommunizieren, sie umfassend zu informieren und einen wertschätzenden Umgang zu pflegen mit Respekt gegenüber ihrem Grundeigentum auch trotz des öffentlichen Interesses am Hochwasserschutz. Für Projekte, bei denen vor allem aufgrund der Größe der Flächeninanspruchnahme Konflikte erwartet werden, empfiehlt sich eine frühzeitige Abstimmung und Vermittlung zwischen den unterschiedlichen Interessen. Kommunikation und Vermittlung sollten im Rahmen von Projekten mit einem entsprechenden Budget ausgestattet werden. Die Entschädigung landwirtschaftlicher Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer basiert immer auf privatrechtlichen Bestimmungen, wo nachvollziehbar dargelegt werden soll, wie diese Entschädigungen zustande kommen. Die Landwirtschaftskammern bieten teilweise die Möglichkeit für Rahmenvereinbarungen an, die neben dem Hochwasserschutz auch in anderen Infrastrukturprojekten zur Anwendung kommen. Diese Vereinbarungen enthalten Regelungen zu Dienstbarkeiten und Entschädigungen, zur Bau- und Betriebsphase von Hochwasserschutzanlagen sowie zum Umgang mit landwirtschaftlichen Flächen im Hochwasseranlassfall. Diese Vereinbarungen sind auch für kleine Projekte von Bedeutung, in denen die beteiligten Akteurinnen und Akteure oft über weniger Erfahrung im Umgang mit diesen Themen verfügen. Eine sektorenübergreifende Aufgabenstellung ist die Sicherung landwirtschaftlicher Flächen in Hochwasserabflussgebieten vor dem Hintergrund einer hohen Flächeninanspruchnahme für Bauland und Infrastruktur. Dafür sind ordnungspolitische Instrumente sowohl aus der Raumplanung in Form von landwirtschaftlichen Vorrangflächen als auch aus der Wasserwirtschaft in Form von wasserwirtschaftlichen Regionalprogrammen geeignet. Eine intensivere Anwendung dieser Instrumente zur Erhaltung von landwirtschaftlich genutzten Hochwasserabflussflächen wird als nicht vorrangig angesehen. Vielmehr wird hier auf die Kommunikation mit den Betroffenen

(v.a. Vertreterinnen und Vertreter von Gemeinden, landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer) gesetzt, um möglichst eine konsensuale Lösung zu erreichen.

## Raumplanung

Die Beiträge zu diesem Themenblock stimmen dahingehend überein, dass es beim Umgang mit Restrisiken in der Raumplanung darum geht, das Schadenspotential und damit das Hochwasserrisiko nicht weiter zu erhöhen. Entsprechende Maßnahmen haben in Österreich vorwiegend Empfehlungscharakter, gesetzliche Regelungen zu Restrisiken in Raumplanung und Baurecht finden sich nur in Oberösterreich. Eine risikoorientierte Raumplanung im Sinne eines bewussten Umgangs mit Restrisiken bietet Optionen in der baulichen Anpassung an Hochwasserereignisse sowie in nach planerischen Kriterien (z.B. Innenentwicklung vor Außenentwicklung) differenzierten Widmungs- und Nutzungsentscheidungen, die einer intensiven Abstimmung von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung bedürfen. Der Beitrag zur risikobasierten Raumplanung in der Schweiz verdeutlicht, dass das Schadenspotential auch dort durch das Bevölkerungswachstum und den Anstieg der bebauten Flächen stark angewachsen ist. Als Folge von Klimawandelauswirkungen ist eine weitere Zunahme der Risiken zu erwarten. Das Konzept der risikobasierten Raumplanung setzt bei den Nutzungen an und zielt darauf ab, durch Förderung des Risikobewusstseins und eine integrale Maßnahmenplanung (z.B. Kombination technischer Schutzmaßnahmen mit einer raumplanerischen Sicherung von Entlastungsräumen) die Risikoentwicklung so zu steuern, dass Risiken auch in Zukunft tragbar bleiben. Festgelegte Schutzziele verlieren zugunsten einer Anpassung der Nutzung an die Gefahrensituation, die in Abstimmung mit den Trägern der Risiken erfolgt, an Bedeutung. Dieser risikobasierte Zugang findet auch in Restrisikogebieten, beispielsweise in Form des Objektschutzes, Anwendung. Der Beitrag aus der wasserwirtschaftlichen Genehmigungspraxis von Widmungs- und Bauanträgen aus Oberösterreich zeigt, dass trotz bestehender rechtlicher Regelungen eine Abstimmung von

Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung bzw. Baurecht weiterhin von Bedeutung ist, damit es durch bauliche Einzelmaßnahmen wie zum Beispiel im Zusammenhang mit Aufschüttungen nicht zu einem Anstieg des Hochwasserrisikos kommt. In der Diskussion wird auch auf den Stellenwert informeller Maßnahmen wie Planungsleitfäden als Steuerungsinstrumente und der Kommunikation mit Vertreterinnen und Vertretern der Gemeinden hingewiesen. Die Raumplanung kann auch abseits der Freihaltung von Gefahrenbereichen durch die Bereitstellung von Informationen zur Entwicklung der Vulnerabilität im Siedlungsbestand zu einer Reduktion von Hochwasserrisiken beitragen, indem etwa Prioritäten für Schutzmaßnahmen in Abstimmung mit den Raumplanungsbehörden festgelegt werden. Ein planvoller Umgang mit Restrisiken setzt voraus, dass es Ausweichmöglichkeiten gibt. Die begrenzten räumlichen Verhältnisse im alpinen Raum, vor allem im Zusammenhang mit Wildbachextremereignissen, lassen ein Ausweichen aber oft nicht zu. Im Management von Extremereignissen werden robuste Maßnahmen und Redundanz forciert, die ohne sektorenübergreifend abgestimmte Zugänge nicht auskommen.

## Resümee

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Stakeholder-Workshop die Beiträge aus der Praxis die Projektergebnisse bestätigen konnten. Als wesentliche Ergänzung für alle drei Interaktionsfelder kann die Bedeutung von Information und Kommunikation gesehen werden. Dabei geht es nicht nur um den Austausch zwischen den in den Interaktionsfeldern beteiligten Disziplinen, sondern auch mit den von den jeweiligen Planungen und Maßnahmen Betroffenen. Die Kommunikation wird als wichtiges und noch ausbaufähiges Instrument des Hochwasserrisikomanagements betrachtet. Eine Intensivierung der Politikkoordination auf Grundlage regulatoriver ordnungspolitischer Instrumente hingegen wird für keines der drei Interaktionsfelder befürwortet. Vielmehr soll bei konträren Zielsetzungen und im Umgang mit Konflikten möglichst auf konsensuale und Verhandlungslösungen gesetzt werden.

## 8 Vergleichende Synthese

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Analyse der Politikkoordination zu den drei Interaktionsfeldern verglichen und entlang der drei, diesem Projekt zugrundeliegenden Dimensionen der Politikkoordination (Kap. 1.2) zusammenfassend dargestellt. In der vergleichenden Analyse legen wir den Schwerpunkt auf die Unterschiede und Gemeinsamkeiten in Bezug auf (i) die Motive für die Politikkoordination (Problemdruck und Problemstruktur), (ii) die Funktionsweise der Politikkoordination in Abhängigkeit vom Verhältnis der jeweiligen Politikziele (Prozess der Politikkoordination) und (iii) die Auswirkungen der Politikkoordination im Hinblick auf eine Vermeidung bzw. Verringerung von Hochwasserrisiken (Performance der Politikkoordination).

### 8.1 Problemdruck und Problemstruktur

Die historische Analyse der Landnutzung in den österreichischen Einzugsgebieten von Rhein, Salzach und Drau seit Mitte des 19. Jahrhunderts zeigt eine starke Ausweitung der Siedlungsfläche, eine Zunahme der Waldflächen, einen Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Flächen und einen starken Rückgang der Gletscher. Eine Verschiebung der Landnutzung lässt sich auch bezogen auf die Höhenstufen erkennen, insbesondere Siedlungsflächen und Ackerland konzentrieren sich heute in tieferen Lagen als noch im 19. Jahrhundert. Es zeigt sich, dass die Veränderungen in der Landnutzung einer Zunahme der Hochwasserrisiken in den alpinen Tallagen Vorschub leisten. Die Ausweitung von Siedlungen und die Urbarmachung von Feuchtflächen erhöhen das Hochwasserrisiko, während die Aufforstung von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu einer Reduktion des Hochwasserrisikos beitragen kann.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserretention von Speicherkraftwerken zeigen eine deutliche Hochwasserscheitelreduktion an allen untersuchten Pegeln. Diese Reduktion nimmt entlang der Fließstrecke mit zunehmender Einzugsgebietsgröße ab. Die österreichischen Speicherkraftwerke dienen primär der Stromerzeugung, ein gesetzlicher Auftrag zur Verbesserung der Hochwassersituation besteht zumeist nicht. Allerdings machen die Ergebnisse deutlich, dass ein wesentlicher Beitrag zur Hochwasserabflussreduktion möglich ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Water Retention Index (WRI) weisen darauf hin, dass der Hochwasserrückhalt in den Tallagen stärker ausgeprägt ist als in steilen Kopfeinzugsgebieten. Der Vergleich zwischen dem historischen und dem aktuellen WRI zeigt eine moderate bis starke Abminderung des Retentionspotentials vor allem in den Tälern und damit auch entlang der Fließgewässer, was sich hauptsächlich durch die Ausweitung der Siedlungsgebiete und der damit einhergehenden Bodenversiegelung erklärt.

Die Verschneidung der landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs mit den für PoCo-FLOOD ermittelten Hochwasserabflussflächen bei einem ca. 300-jährlichen Extremereignis (Kap. 3.1) zeigt, dass ein signifikanter Anteil (8 %) der landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs in potentiell hochwassergefährdeten Gebieten liegt. Davon entfällt ein beträchtlicher Anteil auf hochwertige Acker- und Grünlandflächen, welche für die landwirtschaftlichen Betriebe von besonderer Bedeutung sind. Von den in Österreich als für die regionale Ernährungssicherung wertvoll ausgewiesenen landwirtschaftlichen Produktionsflächen liegen 12 % in den genannten Hochwasserabflussflächen. In den alpinen Regionen ist tendenziell ein größerer Anteil der als für die Ernährungssicherung wichtig ausgewiesenen landwirtschaftlichen Flächen von Hochwasser(extrem) ereignissen betroffen.

Die Analyse der Siedlungsentwicklung innerhalb und außerhalb der für dieses Projekt ermittelten Hochwasserabflussflächen zeigt, dass die relative (d.h. die auf die Siedlungsfläche Mitte des 19. Jahrhunderts bezogene) Siedlungsentwicklung innerhalb des Hochwasserabflussgebiets stärker ausgeprägt ist. Damit verlagert sich im Untersuchungszeitraum ein beträchtlicher Teil der Siedlungstätigkeit in potentiell von Hochwasser betroffene Bereiche, was zu einer erheblichen Zunahme des Schadenspotentials führt. In den stärker alpin geprägten Gemeinden mit geringerem Dauersiedlungsraum ist der Anteil der Siedlungsfläche im Hochwasserabflussgebiet höher. In Abhängigkeit von der Siedlungsentwicklung und dem jeweiligen Ausmaß der Hochwasserabflussfläche in den Gemeinden führt die Beschränkung des Dauersiedlungsraums dazu, dass, ermöglicht durch technische Hochwasserschutzmaßnahmen, potenziell hochwassergefährdete Flächen für Siedlungszwecke genutzt werden.

Die Ergebnisse der Analysen verweisen auf die Flächeninanspruchnahme für bauliche Nutzungen – besonders für die Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung – und die damit in Zusammenhang stehende Bodenversiegelung als gemeinsames Problem im Zusammenhang mit dem Hochwasserrisikomanagement. Diese Flächeninanspruchnahme führt nicht nur zu einer Erhöhung des Schadenspotentials im Hochwasserfall, sondern beeinträchtigt auch den Hochwasserrückhalt insbesondere in den Tälern. Gleichzeitig hat die Flächeninanspruchnahme auch einen Ver-

lust zumeist wertvoller landwirtschaftlicher Nutzflächen zur Folge, was einerseits zu einer Reduktion potentieller Hochwasserabflussflächen führt und andererseits die Bereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte, Flächen für Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements zur Verfügung zu stellen, verringert.

Die unterschiedliche Problemstruktur beeinflusst die Notwendigkeit der Politikkoordination in den drei Interaktionsfeldern von PoCo-FLOOD. Der positive Beitrag der Speicherkraftwerke zur Reduktion von Hochwasserabflüssen lässt Synergien zwischen der Wasserkraftnutzung in alpinen Einzugsgebieten und der Schutzwasserwirtschaft erwarten. Auch wenn eine Verringerung der Hochwasserabflüsse nicht zum gesetzlichen Auftrag der Kraftwerksbetreiber zählt, ist aufgrund der nachweisbaren Auswirkungen der Speicherkraftwerke auf das Hochwassergeschehen nur ein geringer Bedarf an Politikkoordination in diesem Interaktionsfeld zu erwarten. Im Hinblick auf die Landwirtschaft verweisen sowohl der hohe Anteil an wertvollem Acker- und Grünland in Hochwasserabflussbereichen als auch der laufende Entzug zumeist hochwertiger landwirtschaftlicher Nutzflächen durch die Siedlungsentwicklung auf eine angespannte Situation, was die Verfügbarkeit von Flächen für die landwirtschaftliche Nutzung betrifft. Die gleichzeitige Erwartung der Schutzwasserwirtschaft an die Landwirtschaft, Flächen für den Hochwasserabfluss und Hochwasserrückhalt zur Verfügung zu stellen, deutet auf einen hohen Koordinationsbedarf im Interaktionsfeld Landwirtschaft und Hochwasserrisikomanagement hin. Die Ausweitung der Siedlungsfläche in ehemals hochwassergefährdeten Gebieten (Restrisikogebiete) gilt als wesentlicher Treiber des Hochwasserrisikos. Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Hochwasserabfluss könnten hier das Risiko weiter erhöhen. Während die Schutzwasserwirtschaft darauf abzielt, einen Anstieg des Schadenspotentials möglichst zu vermeiden, wird die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten seitens der Raumplanung nur in Oberösterreich beschränkt. Diese unterschiedlichen sektoralen Auffassungen zur Landnutzung in Restrisikobereichen lassen einen hohen Bedarf an Politikkoordination im Interaktionsfeld Raumplanung und Hochwasserrisikomanagement erwarten.

## 8.2 Prozess der Politikkoordination

In PoCo-FLOOD betrachten wir die sektoralen Zielbeziehungen als wesentlichen Faktor zur Erklärung von Prozessen der Politikkoordination im Hochwasserrisikomanagement. Die Herausforderungen der Integration sind in den drei Interaktionsfeldern unterschiedlich. Im Folgenden wird die Relevanz von komplementären bzw. konfligierenden Politikzielen für den Prozess der Politikkoordination dargestellt. Angesichts der unterschiedlichen Problemstruktur in den Interaktionsfeldern erscheint es zudem naheliegend, einen Zusammenhang zwischen den Herausforderungen der Politikintegration und den eingesetzten Instrumenten herzustellen.

Im Interaktionsfeld Wasserkraftnutzung und Hochwasserrisikomanagement sehen wir eine komplementäre bzw. neutrale Beziehung zwischen den Zielen der Kraftwerksbetreiber und jenen der Schutzwasserwirtschaft, die einen Prozess der Politikintegration zur Folge haben, der überwiegend weiche Instrumente einsetzt, um die Synergien

zwischen den Kraftwerksbetreibern und der Schutzwasserwirtschaft zu unterstützen. Die Zusammenarbeit zwischen diesen Akteurinnen und Akteuren hat sich über einen langen Zeitraum entwickelt. Die sektorübergreifenden Probleme im Hochwasserrisikomanagement werden von den Kraftwerksbetreibern zwar anerkannt, aber als zweitrangig angesehen. Zu Konflikten können jedoch Forderungen von Dritten führen. Dies gilt vor allem für naturschutzorientierte NGOs, welche die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie im Zusammenhang mit dem Ausbau der Wasserkraft einfordern, sowie für Vertreterinnen und Vertreter von Gemeinden oder Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern, die aufgetretene Hochwasserschäden als Auswirkungen des Betriebs von Wasserkraftwerken wahrnehmen. Aufgrund einer überschaubaren Konfliktsituation können die Herausforderungen der Politikintegration in diesem Interaktionsfeld als gering bis mäßig eingestuft werden. Das Hauptinstrument der Politikintegration sind die Wehrbetriebsordnungen sowohl für den Regelbetrieb als auch für den Hochwasserfall (z.B. in gemeinsamen Krisenstäben). Bei diesen Regeln handelt es sich um politische Instrumente, die von den Kraftwerksbetreibern vorgeschlagen und von den Behörden der Schutzwasserwirtschaft genehmigt werden. Ein weiteres Instrument besteht in einstweiligen Verfügungen, die beispielsweise zu Vorabsenkungen von Speicherräumen als Hochwasserschutzmaßnahme durch Bezirkshauptmannschaften beim Hochwasser 2018 und 2019 an der Drau genutzt wurden. Die Einbeziehung Dritter ist nur in einem begrenzten Ausmaß vorgesehen. Zusätzliche sektorübergreifende Integration findet in Form eines Austausches von Daten und Fachwissen in einem bilateralen, informellen Rahmen statt.

Demgegenüber steht der Hochwasserrückhalt auf landwirtschaftlichen Flächen mit einem konkurrierenden Zielverhältnis zwischen der Landwirtschaft und der Schutzwasserwirtschaft. Da landwirtschaftliche Flächen bereits durch die Siedlungsentwicklung unter Druck stehen, sinkt die Bereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte, Flächen für den Hochwasserrückhalt zur Verfügung zu stellen oder Bewirtschaftungseinschränkungen durch veränderte Hochwasserabflussverhältnisse hinzunehmen. Der Widerstand landwirtschaftlicher Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer kann vor allem großflächige Hochwasserschutzprojekte an alpinen Flüssen behindern und verzögern. Es gibt Forderungen der Schutzwasserwirtschaft, die mit den Interessen der Landwirtschaft konformgehen, etwa jene nach einer Reduktion der hohen Flächeninanspruchnahme für Bauland und Infrastruktureinrichtungen. Wenn aber Hochwasserschutzprojekte landwirtschaftliche Flächen beanspruchen, Bewirtschaftungseinschränkungen erforderlich sind und Entschädigungsfragen aufgeworfen werden, werden die konkurrierenden Landnutzungsinteressen zwischen diesen Sektoren sichtbar. Dementsprechend sind die Herausforderungen der sektoralen Politikintegration in diesem Interaktionsfeld sehr hoch. Die wichtigsten Instrumente, die zur Politikintegration eingesetzt werden, haben ordnungspolitischen Charakter. Auf Projektebene finden die Verhandlungen zwischen den Beteiligten in einem formalen Rahmen auf Grundlage der Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes statt. Entschädigungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer für Bewirtschaftungseinschränkungen und Eingriffe in Eigentumsrechte beruhen aber auf zivilrechtlichen Vereinbarungen. Eine Enteignung für bauliche

Hochwasserschutzmaßnahmen wäre nach dem Wasserrechtsgesetz möglich, wird aber nur selten angewendet, da die Enteignungsverfahren als langwierig und kompliziert gelten. Während die Akteurinnen und Akteure der Schutzwasserwirtschaft das Verhältnis zur Landwirtschaft als gleichberechtigt wahrnehmen, sehen die Vertreterinnen und Vertreter der Landwirtschaft eine Dominanz der Schutzwasserwirtschaft. Trotz konfligierender Ziele und der dadurch schwierigen Rahmenbedingungen verläuft die Koordination von Landwirtschaft und Schutzwasserwirtschaft vor Ort allerdings in den meisten Projekten erfolgreich. Interessant an den Fällen, in denen Konflikte auftreten, ist, dass die Behörden der Schutzwasserwirtschaft auf Zwangsmaßnahmen verzichten. Stattdessen greifen sie nach einiger Zeit auf weichere Politikinstrumente wie Überzeugungsarbeit und Neuverhandlungen zurück.

Die Ergebnisse der Analyse des Prozesses der Politikkoordination im Interaktionsfeld Raumplanung und Hochwasserschutz stehen auf den ersten Blick im Widerspruch zu unserer Hypothese über die Auswirkungen der Zielbeziehungen auf den Prozess der Politikintegration. Auch zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung liegt im Hinblick auf den Umgang mit Restrisikobereichen eine potentiell konfligierende Zielbeziehung vor, in deren Folge man manifeste Interessengegensätze und den Einsatz ordnungspolitischer Instrumente erwarten würde. Allerdings treten Interessengegensätze zwischen den Akteurinnen und Akteuren in diesem Interaktionsfeld kaum zu Tage, und ein ordnungspolitischer Zugang kommt nur in einem österreichischen Bundesland (Oberösterreich) in Form eines Baulandwidmungsverbots und einer verpflichtenden baulichen Hochwasseranpassung in Restrisikogebieten zur Anwendung. Die empirischen Befunde aus der Analyse des Prozesses der Politikkoordination verweisen vielmehr auf ein gutes Verhältnis und enge operative Kontakte zwischen den Akteurinnen und Akteuren von Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Eine Beschränkung bzw. eine Anpassung der baulichen Nutzung im Wirkungsbereich von Hochwasserschutzanlagen durch ordnungspolitische Zugänge in der Flächenwidmungs- und Baulandplanung wird zwar von einer Mehrheit der befragten Stakeholder aus beiden Sektoren für wünschenswert gehalten, mit Verweis auf die beschränkten baulichen Entwicklungsmöglichkeiten in den alpinen Talräumen aber als derzeit politisch nicht durchsetzbar angesehen. Zur Lösung des sektorübergreifenden Problems zeigt sich eine Präferenz der Entscheidungstragenden für politische Instrumente mit Empfehlungscharakter. Sowohl die fehlenden Konflikte als auch das weitgehende Fehlen ordnungspolitischer Maßnahmen lassen sich damit erklären, dass der Dammeffekt de facto als zweitrangige Problemstellung angesehen wird, die in der Praxis gegenüber einer Vermeidung neuer Risiken in Bereichen mit höherer Gefährdung und der Freihaltung von Hochwasserabfluss- und Hochwasserrückhalteräumen von baulichen Nutzungen in den Hintergrund tritt.

Die Ergebnisse der empirischen Analyse stützen im Wesentlichen die Hypothese, dass die sektorale Zielbeziehung einen starken Einfluss auf den sich entfaltenden Prozess der Politikintegration hat. In den drei Interaktionsfeldern haben wir signifikante Unterschiede zwischen niedrigen und hohen Herausforderungen der Politikintegration festgestellt. Komplementäre und widersprüchliche

sektorale Politikziele beeinflussen die Herausforderung der Politikintegration und sind ein wichtiger Faktor zur Erklärung des sich entfaltenden Politikintegrationsprozesses in Bezug auf politische Rahmenbedingungen, die Beziehungen zwischen den Akteurinnen und Akteuren und die Anwendung politischer Instrumente. Komplementäre politische Ziele führen zu eher informellen, harmonischen Verhandlungen und zum Einsatz weicherer politischer Instrumente wie Informationen, Empfehlungen und freiwillige Maßnahmen. Im Gegensatz dazu führen konfligierende politische Ziele zu eher formellen Verhandlungen zwischen den betroffenen Sektoren und zu regulativen Instrumenten. Die Ergebnisse der Analyse des Prozesses der Politikkoordination zeigen jedoch auch, dass die Beteiligten in einer konfliktreichen Situation den Fortschritt in kleinen Schritten bevorzugen, indem sie weiche politische Instrumente einsetzen, um ein Scheitern der Politikintegration zu vermeiden.

### 8.3 Performance der Politikkoordination

Zur Analyse der Performance der Politikkoordination wurden in allen drei Interaktionsfeldern empirische Fallstudien durchgeführt. Dieser Abschnitt stellt anhand der Ergebnisse dieser Fallstudien vergleichend dar, wie sich die Koordination der Akteurinnen und Akteure in den einzelnen Politikfeldern auf eine Vermeidung bzw. Verringerung von Hochwasserrisiken auswirkt.

Im Interaktionsfeld Wasserkraftnutzung und Hochwasserrisikomanagement wurden der Prozess einer Änderung der Wehrbetriebsordnung an der Drau sowie die Steuerung der Kraftwerke durch die Kraftwerksbetreiber im Ereignisfall untersucht. Im Jahr 2014 wurden erstmals Stauräume aufgrund von Hochwasserprognosen vorabgesenkt, wie das in vorübergehenden Wehrbetriebsordnungen, die nach dem Hochwasser 2012 bewilligt wurden, geregelt ist. Gleichzeitig wurde an neuen permanenten Wehrbetriebsordnungen gearbeitet, um einerseits die Regelungen aller Kraftwerke, und somit der gesamten Staukette entlang der Drau, aufeinander abzustimmen und andererseits auch Abflussprognosen in den Betriebsordnungen für den Hochwasserfall zu berücksichtigen. Dabei waren die Regelungen zu etwaigen Abstaukurven aufgrund von definierten maximalen Abflussscheitelprognosen die größten Streitpunkte. Durch den Vorabstau der Speicher könnte zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen, die Hochwasserwelle gekappt und somit die Hochwassergefahr reduziert werden. Diese Absenkungen können gleichzeitig negative Auswirkungen auf die Ökologie (z.B. Fischpopulation), auf die Betriebssicherheit (z.B. Hangrutschungen, Böschungsbrüche) und auch auf die Stromproduktion haben. Daher sind solche Regelungen durchaus komplex. Die neu verhandelten und bewilligten Wehrbetriebsordnungen berücksichtigen nun geringfügige, prognosebasierte Vorabsenkungen bei festgelegten prognostizierten Durchflüssen, die aus ökologischer Sicht vertretbar waren und welche die Betriebssicherheit der Anlagen nicht gefährden. Allerdings können Betriebsvorschriften nicht jedes Hochwasserereignis und jede Hochwasserwelle berücksichtigen, da die einzelnen Ereignisse sehr unterschiedliche Charakteristiken aufweisen können. Während der Hochwasser 2018 und 2019 kam es zu einer zusätzlichen Absenkung der Stauräume. Diese zusätzlichen Ab-

senkungen, die über die in den neuen Wehrbetriebsordnungen geregelten Absenkungen hinausgehen, wurden von verschiedenen Bezirkshauptmannschaften, die im Krisenfall die obersten Behörden sind, durch einstweilige Verfügungen angeordnet. Dadurch konnten bei diesen beiden Ereignissen weitgehende Überflutungen verhindert und die Hochwassergefahr reduziert werden. Diese Fallstudie verdeutlicht, dass die Wehrbetriebsordnung das wichtigste Instrument zur Politikintegration zwischen Wasserkraftnutzung und Schutzwasserwirtschaft ist, das im Hochwasserfall zu einer Reduktion der Hochwasserspitze und damit zu einer Verringerung des Hochwasserrisikos im Unterlauf eingesetzt wird. Der Erlass von einstweiligen Verfügungen in 2018 und 2019 zeigt darüber hinaus, dass es im Krisenfall noch weitere Instrumente gibt, die von den Behörden und den politischen Akteurinnen und Akteuren eingesetzt werden können, um das Hochwasserrisiko zu verringern.

Als Beispiel für die Performance der Koordination von Landwirtschaft und Schutzwasserwirtschaft wurde die Entschädigungsrichtlinie des Landes Salzburg untersucht. In den Jahren 2020 und 2021 wurden von der Landwirtschaftskammer Salzburg in Abstimmung mit der Wildbach- und Lawinenverbauung eine Grundlage für privatrechtliche Übereinkünfte bei Hochwasserschutzprojekten sowie eine Muster-Vereinbarung erstellt, die in der Praxis bereits mehrfach angewendet wurde. Im Rahmen dieser Vereinbarung werden sowohl Entschädigungssummen als auch inhaltliche Details für die Dauer der Bauzeit, der Betriebsphase, sowie im Anlassfall für die Grundbesitzerinnen und Grundbesitzern geregelt. Diese Richtlinie wurde in der Praxis bereits mehrmals angewendet und wurde als Fallstudie in der Salzburger Gemeinde Bischofshofen untersucht. Die Entschädigungen für landwirtschaftliche Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer wurden darin, unter Einbindung der Landwirtschaftskammer, vollständig mithilfe der genannten Muster-Vereinbarung abgewickelt. Diese trug im genannten Fall maßgeblich dazu bei, das Projekt rasch umzusetzen, da den zu entschädigenden Eigentümerinnen und Eigentümern einerseits genug rechtliche Sicherheit gegeben wurde, und andererseits auch die Entschädigungssummen, die nach einer Begehung in einem Gutachten errechnet wurden, als angemessen empfunden wurden. Dieses Koordinationsinstrument kann hilfreich sein, Projekte in kürzerer Zeit umzusetzen und damit auch das Hochwasserrisiko zu mindern.

Für das Interaktionsfeld Raumplanung und Hochwasserschutz verweisen die Ergebnisse der Fallstudie in Vorarlberg auf die Bedeutung der Gemeindeebene im Umgang mit Restrisiken. Die Fallstudiengemeinden in Vorarlberg, die keinen Restriktionen der Raumplanung für die Nutzung von Restrisikobereichen unterliegen, gehen in der örtlichen Raumplanung differenziert mit der Widmung von Flächen im Wirkungsbereich von technischen Schutzmaßnahmen um. Für die Nutzung dieser Flächen ist vorrangig die Nachfrage nach Bauland ausschlaggebend. Zusätzlich spielen das geringe Flächenangebot aufgrund des beschränkten Dauersiedlungsraums, die begrenzten Optionen für neues geeignetes Bauland außerhalb von Gefahrenbereichen und die fehlende Verfügbarkeit von Baulandreserven eine Rolle. Das verbleibende Risiko auf diesen Flächen ist für die Entscheidung, ob dort Bauland gewidmet wird, von untergeordneter Bedeutung. Eine Vermeidung neuer Hochwasserrisiken ist durch diese Vorgehensweise nicht zu erwarten.

Allerdings nimmt die Wildbach- und Lawinerverbauung die Gefahrenzonen nach der Errichtung von Schutzbauten nicht vollständig zurück und lässt die gelbe Gefahrenzone weiterbestehen. Damit ist für Widmungsanträge der Gemeinden in Restrisikobereichen weiterhin eine Stellungnahme der Wildbach- und Lawinerverbauung, verbunden mit möglichen Auflagen, erforderlich. Diese Auflagen führen in der Regel zu einer Vermeidung neuer Hochwasserrisiken. Die Fallstudie im oberösterreichischen Machland macht deutlich, dass die Vorgaben des Raumordnungs- und Baurechts die weitere Entwicklung des Hochwasserrisikos in Restrisikogebieten maßgeblich beeinflussen. Das Baulandwidmungsverbot in ehemals roten Gefahrenzonen und die verpflichtende bauliche Hochwasseranpassung bei Neubauten im vormaligen 100-jährlichen Hochwasserabflussbereich lassen den Gemeinden nur wenig Spielraum, über die bauliche Nutzung von Restrisikogebieten nach eigenem Planungsermessen zu entscheiden. Mit diesen regulativen Ansätzen ist eine effektive Möglichkeit gegeben, neue Hochwasserrisiken zu vermeiden. Der Beitrag der Politikkoordination zur Vermeidung von Hochwasserrisiken ist hier nicht in der Abstimmung auf Gemeindeebene, sondern auf Landesebene in der Gesetzgebung zu Raumordnung und Baurecht zu verorten. Auch im Hinblick auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels stellt die Beschränkung der Baulandwidmung in Restrisikobereichen eine robuste Maßnahme des Hochwasserrisikomanagements dar, die unabhängig von den Klimawandeleinflüssen einen Anstieg des Risikos sehr geringhält. Ohne entsprechende rechtliche Regelungen erfordert ein risikobewusster Umgang mit Restrisiken in der Raumplanung eine intensive Abstimmung zwischen Schutzwasserwirtschaft und Raumplanung. Dafür bieten sich auf regionaler,

einzugsgebietsbezogener Ebene das Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzept (GE-RM) sowie auf lokaler Ebene das Örtliche Entwicklungskonzept an. Aufbauen kann die Koordination in diesem Zusammenhang auf die engen operativen Kontakte zwischen den Akteurinnen und Akteuren aus den beiden Politikbereichen.

Im abschließenden Stakeholder-Workshop wurden die Projektergebnisse durch die Beiträge aus der Praxis des Hochwasserrisikomanagements weitestgehend bestätigt. Für die Koordination zwischen Wasserkraftnutzung und Schutzwasserwirtschaft ist die Wehrbetriebsordnung das wichtigste Instrument. Die Berücksichtigung landwirtschaftlicher Anliegen in Hochwasserschutzprojekten wird durch privatrechtliche Vereinbarungen gewährleistet. Das gesellschaftliche Interesse am Erhalt wertvoller landwirtschaftlicher Flächen wird dadurch aber nicht erfasst. Im Umgang der Raumplanung mit der Nutzung von Restrisikoflächen überwiegen informelle Ansätze. Eine integrale Maßnahmenplanung im Sinne einer risikoorientierten Raumplanung erfordert eine verstärkte Koordination der beteiligten Akteurinnen und Akteure, um die Risikoentwicklung so zu steuern, dass Risiken auch in Zukunft tragbar bleiben. Als Option zur Verbesserung der Politikkoordination wird seitens der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops eine Intensivierung der Kommunikation mit den betroffenen Akteurinnen und Akteuren empfohlen. Die Kommunikation zwischen allen Stakeholdern trägt wesentlich zur erfolgreichen Umsetzung von Projekten im Hochwasserrisikomanagement bei. Dabei ist nicht nur der Austausch zwischen den in den Interaktionsfeldern beteiligten Disziplinen, sondern auch jener mit den von den jeweiligen Planungen und Maßnahmen Betroffenen von Bedeutung.

## 9 Dissemination

### 9.1 Wissenschaftliche Publikationen

GRÜNEIS, H., SCHROLL, K. & WAGNER, K. (2021): The Role of Agriculture in Flood Risk Management in Austria Conflicts and Challenges. – *Journal of Environmental Science and Engineering B*, **10/3**, 112–127, Wilmington (David Publishing Company). <http://dx.doi.org/10.17265/2162-5263/2021.03.004>

GRÜNEIS, H., NIEDERMAYR, J., SCHROLL, K. & WAGNER, K. (2023): Die Landwirtschaft im integrierten Hochwasserrisikomanagement. BAB-Report 005, 88 S., Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Wien.

HOHENSINNER, S., ATZLER, U., BERGER, M., BOZZETTA, T., HÖBERTH, C., KOFLER, M., RAPOTTNIG, L., STERLE, Y. & HAIDVOGL, G. (2021): Land Use and Cover Change in the Industrial Era: A Spatial Analysis of Alpine River Catchments and Fluvial Corridors. – *Frontiers in Environmental Science*, **9**, Nr. 647247, 1–17. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2021.647247>

HOHENSINNER, S., EGGER, G., MUHAR, S., VAUDOR, L. & PIÉGAY, H. (2021): What remains today of pre-industrial Alpine rivers? Census of historical and current channel patterns in the Alps. – *River Research and Applications*, **37/2**, 128–149 (John Wiley & Sons). <http://dx.doi.org/10.1002/rra.3751>.

JUNGER, L., HOHENSINNER, S., SCHROLL, K., WAGNER, K. & SEHER, W. (2022): Land Use in Flood-Prone Areas and Its Significance for Flood Risk Management – A Case Study of Alpine Regions in Austria. – *Land*, **11/3**, 392, 16 S. <http://dx.doi.org/10.3390/land11030392>

JUNGER, L. & SEHER, W. (in Bearbeitung): Counteracting the levee effect – Possibilities within spatial planning.

NORDBECK, R., SEHER, W., GRÜNEIS, H., HERRNEGGER, M. & JUNGER, L. (2023): Conflicting and complimentary policy goals as sectoral integration challenge: an analysis of sectoral interplay in flood risk management. – *Policy Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s11077-023-09503-8>

SEHER, W. & NEUHOLD, C. (2022): Koordination von Raumplanung und Wasserbau als wesentlicher Bestandteil des Hochwasserrisikomanagements. – *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, **74/3–4**, 144–153. <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-022-00847-8>

STECHE, G. & HERRNEGGER, M. (2022): Impact of hydropower reservoirs on floods: evidence from large river basins in Austria. – *Hydrological Sciences Journal*, **67/14**, 2082–2099. <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2022.2130332>

STECHE, G. & HERRNEGGER, M. (in Bearbeitung): Changes in the Natural Water Retention of alpine Landscapes since the 1820s – the case of Vorarlberg, Salzburg and Carinthia, Austria.

THALER, T., NORDBECK, R., LÖSCHNER, L. & SEHER, W. (2020): Cooperation in flood risk management: understanding the role of strategic planning in two Austrian policy instruments. – *Environmental Science & Policy*, **114**, 170–177 (Elsevier). <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2020.08.001>

## 9.2 Factsheet

GRÜNEIS, H., SCHROLL, K. & WAGNER, K. (2021): Landwirtschaft und Hochwasserrisikomanagement. – Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Fact Sheet 001, Jänner 2021, Wien.

## 9.3 Präsentationen

HERRNEGGER, M. & STECHER, G. (2022): Einfluss von Speicherkraftwerken auf Hochwasser in Österreich. Koordination im Hochwasserrisikomanagement. – ÖWAV, 7. Dezember 2022, Salzburg.

JUNGER, L. & SEHER, W. (2021): Hochwasserexposition von alpinen Siedlungsgebieten im historischen Vergleich. – Dresdner Flächennutzungssymposium 2021, 28.–29. Juni 2021, online.

JUNGER, L. & SEHER, W. (2021): Growing flood risk in areas with lower flood hazard – spatial planning options to address this challenge. – REAL CORP 2021, 7.–10. September 2021, Vienna.

JUNGER, L. & SEHER, W. (2022): Framework conditions of growing flood damage potential in areas with residual risk ('levee effect') – A case study of Austria. – Association of European Schools of Planning, AESOP 2022 congress, 25.–29. Juni 2022, Tartu.

JUNGER, L. & SEHER, W. (2022): Optionen einer risikoorientierten Raumplanung in Restrisikobereichen. Koordination im Hochwasserrisikomanagement. – ÖWAV, 7. Dezember 2022, Salzburg.

LEBIEDZINSKI, K., FÜRST, J., SCHULZ, K. & HERRNEGGER, M. (2020): Possible impacts of a hydropower reservoir on the flood hazard of an Alpine valley. – EGU General Assembly, 4.–8. Mai 2020, online.

LÖSCHNER, L., HERRNEGGER, M., HOHENSINNER, S., LEBIEDZINSKI, K., NIEDERMAYR, J., NORDBECK, R., SEHER, W., WAGNER, K. & WESELMANN, J. (2019): Flood risk management in mountain regions: a policy coordination perspective. – EGU General Assembly, 7.–12. April 2019, Vienna.

NORDBECK, R. (2021): Towards better sectoral interplay in flood risk management in Austria. – 5<sup>th</sup> International Conference on Public Policy, 5.–9. Juni 2022, Barcelona.

SCHROLL, K. (2022): Flood Storage on Agricultural Land in Austria – Integrated Flood Risk Management in Mountain Areas: Policy instruments. – PESCRL (Permanent European Conference for the Study of the Rural Landscapes) conference – Living together in European Rural Landscapes, 26. September–2. Oktober 2022, Jaén und Baeza, Spanien.

SCHROLL, K., GRÜNEIS, H. & WAGNER, K. (2022): Agrarflächen in Hochwasserrisikogebieten. Koordination im Hochwasserrisikomanagement. – ÖWAV, 7. Dezember 2022, Salzburg.

SEHER, W. & JUNGER, L. (2022): Tracing justice in flood risk management – the case of developing residual risk zones. – 11<sup>th</sup> International and Interdisciplinary Symposium, European Academy of Land Use and Development, 1.–3. September 2022, Frankfurt.

WAGNER, K. (2020): Flood Retention and Impacts on Agriculture in Austria. – 1<sup>st</sup> IALE-Russia online international conference Landscape Science and Landscape Ecology: Considering Responses to Global Challenges, 14.–18. September 2020, online.

WAGNER, K. (2022): Interrelations of Flood Risk Management and Agriculture in Austrian Alpine Regions. – Global Mountain Sustainability Forum, EURAC, 3.–4. Oktober 2022, online.

## 10 Quellenverzeichnis

### 10.1 Literatur

AMA (2020): Cross Compliance 2020 – Teil 2: Bestimmungen für alle Landwirte. – 30 S., Wien. [https://www.ama.at/getattachment/81ec6af0-0988-4713-b06c-937872faa67f/20200324\\_CC\\_2020\\_2\\_alle-LW.pdf](https://www.ama.at/getattachment/81ec6af0-0988-4713-b06c-937872faa67f/20200324_CC_2020_2_alle-LW.pdf) (abgerufen am 19.01.2021).

APCC – AUSTRIAN PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. – 1096 S., Wien (Österreichische Akademie der Wissenschaften).

ARE, BWG & BUWAL (Hrsg.) (2005): Recommendation. Spatial planning and natural hazards. – 24 S., Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)/Bundesanstalt für Wasser und Geologie (BWG)/Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

ATZLER, U. (2021): Historische Veränderung der Landbedeckung im Tiroler Jamtal 1820–2019. – Masterarbeit, 61 S., Universität für Bodenkultur, Wien.

AVOYAN, E. & MEIJERINK, S. (2021): Cross-sector collaboration within Dutch flood risk governance: historical analysis of external triggers. – International Journal of Water Resources Development, **37/1**, 24–47 (Taylor & Francis online). <http://dx.doi.org/10.1080/07900627.2019.1707070>

BAB – BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT UND BERGBAUERNFRAGEN (2020): Standardoutputkoeffizienten. – Digitale Datenbank der BAB, Wien.

BAFU – BUNDESAMT FÜR UMWELT & ARE – BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG (2019): Risikobasierte Raumplanung – Risiken abwägen: Instrumente, Chancen und Erfahrungen aus Sicht von Kantonen, Gemeinden, Raumplanern und Architekten. – 24 S., Bern.

BFW – BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (2018): eBod2. – digitale Karte, Wien. <https://bodenkarte.at>

BIESBROEK, G.R., KLOSTERMANN, J.E.M., TERMEER, C.J.A.M. & KABAT, P. (2013): On the nature of barriers to climate change adaptation. – Regional Environmental Change, **13/5**, 1119–1129. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-013-0421-y>

BLÖSCHL, G. (2020): Hochwässer. – In: GLADE, T., MERGILI, M. & SÄTTLER, K. (Hrsg.): ExtremA 2019 – Aktueller Wissenstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich, 229–246, Wien (Vienna University Press).

BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs. – 3. Lieferung, Wien.

BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2009): FloodRisk II. Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement. Synthesebericht. – Bericht, 274 S., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2014): Hochwasserrisikozonierung Austria – HORA. – BMLFUW, Wien. <https://hora.gv.at/> (abgerufen am 11.11.2020).

BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2015): Technische Richtlinie für die Bundeswasserbauverwaltung RIWA-T, gemäß § 3 Abs 2 WBF, Fassung 2016, Wien.

- BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2016a): Task Force Donau – Hochwasserspitzenlenkung durch Vorabsenkung. – Endbericht, 73 S., Wien.
- BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2016b): Technische Richtlinie für die Gefahrenzonenplanungen gemäß § 42a WRG.
- BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT & BAB – BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT UND BERGBAUERNFRAGEN (2017): INVEKOS-Datenpool 2017 des BMLFUW, Wien. <https://www.bmlrt.gv.at/land/direktzahlungen/Invekos.html> (abgerufen am 11.11.2020).
- BMLRT – BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (2018): INVEKOS Daten. – Interne Datenbank, Wien.
- BMLRT – BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (2021): RMP2021: Umsetzung der EU-Hochwasser-richtlinie (2007/60/EG) – 2. Nationaler Hochwasserrisikomanagementplan – Bericht, 420 S. <https://info.bml.gv.at/dam/jcr:c923f099-47b5-4724-b82a-36537169ce57/RMP2021.pdf> (abgerufen am 12.10.2022).
- BOLOGNESI, T., METZ, F. & NAHRATH, S. (2021): Institutional complexity traps in policy integration processes: a long-term perspective on Swiss flood risk management. – *Policy Sciences*, **54**/4, 911–941 (Springer). <http://dx.doi.org/10.1007/s11077-021-09443-1>
- BOZZETTA, T. (2022): Veränderung der Landbedeckung im Einzugsgebiet des Rheins in Vorarlberg. – Masterarbeit, 106 S., Universität für Bodenkultur, Wien.
- BUCKEL, J. & OTTO, J.-C. (2018): The Austrian Glacier Inventory GI 4 (2015) in ArcGIS (shapefile) format. – PANGAEA – Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.887415>
- BURBY, R.J. (2006): Hurricane Katrina and the Paradoxes of Government Disaster Policy: Bringing About Wise Governmental Decisions for Hazardous Areas. – *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, **604**/1, 171–191. <http://dx.doi.org/10.1177/0002716205284676>
- CAMMERER, H., THIEKEN, A.H. & VERBURG, P.H. (2013): Spatio-temporal dynamics in the flood exposure due to land use changes in the Alpine Lech Valley in Tyrol (Austria). – *Natural Hazards*, **68**/3, 1243–1270 (Springer). <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-012-0280-8>
- CANDEL, J. & BIESBROEK, R. (2016): Toward a processual understanding of policy integration. – *Policy Sciences*, **49**, 211–231 (Springer). <https://doi.org/10.1007/s11077-016-9248-y>
- CRED/UNISDR (2015): The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995–2015. – 30 S., Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), Brüssel.
- CUMISKEY, L., PRIEST, S.J., KLIJN, F. & JUNTTI, M. (2019): A framework to assess integration in flood risk management: implications for governance, policy, and practice. – *Ecology and Society*, **24**/4, 17. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-11298-240417>
- CUTTER, S., EMRICH, C.T., GALL, M. & REEVES, R. (2018): Flash Flood Risk and the Paradox of Urban Development. – *Natural Hazards Reviews*, **19**, 05017005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000268](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000268)
- DI BALDASSARRE, G., KOOY, M., KEMERINK, J.S. & BRANDIMARTE, L. (2013): Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. – *Hydrology and Earth System Sciences*, **17**, 3235–3244. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3235-2013>
- DI BALDASSARRE, G., KREIBICH, H., VOROGUSHYN, S., AERTS, J., ARNBJERG-NIELSEN, K., BARENDRECHT, M., BATES, P., BORGA, M., BOTZEN, W., BUBECK, P., MARCHI, B. DE, LLASAT, C., MAZZOLENI, M., MOLINARI, D., MONDINO, E., MÅRD, J., PETRUCCI, O., SCOLOBIG, A., VIGLIONE, A. & WARD, P.J. (2018): Hess Opinions: An interdisciplinary research agenda to explore the unintended consequences of structural flood protection. – *Hydrology and Earth System Sciences*, **22**/11, 5629–5637. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-22-5629-2018>
- EBERSTALLER, J., FRAISS, B., GABRIEL, H., HAIDVOGL, G., KÜBLBÄCK, G., KUSEBAUCH, G., PINKA, P. & SEEBACHER, F. (2004): Raumordnung und Hochwasserschutz am Beispiel der Traisen – Siedlungsentwicklung und Schadensanalyse. – Studie im Rahmen von FloodRisk: Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002, 108 S., Wien.
- ELMER, F., HOYMAN, J., DÜTHMANN, D., VOROGUSHYN, S. & KREIBICH, H. (2012): Drivers of flood risk change in residential areas. – *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **12**/5, 1641–1657. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-12-1641-2012>
- ESA GLOBAL LAND SERVICES (2021): Copernicus Global Land Services-Leaf Area Index (LAI). – <https://land.copernicus.eu/global/products/lai>
- FELLINGER, R. (2020): Revision von Gefahrenzonenplänen und ihre Wirkung auf die örtliche Raumplanung. Die Wechselwirkung zwischen technischen Schutzmaßnahmen, Gefahrenzonen und räumlicher Entwicklung, sowie der raumplanerische Umgang mit Restrisiken und Revisionsflächen in alpinen Regionen am Beispiel Vorarlberg. – Masterarbeit, 157 S., Universität für Bodenkultur, Wien.
- FRÜH-MÜLLER, A., WEGMANN, M. & KOELLNER, T. (2015): Flood exposure and settlement expansion since pre-industrial times in 1850 until 2011 in north Bavaria, Germany. – *Regional Environmental Change*, **15**/1, 183–193. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-014-0633-9>
- FUCHS, S., KEILER, M. & ZISCHG, A. (2015): A spatiotemporal multi-hazard exposure assessment based on property data. – *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **15**/9, 2127–2142. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-15-2127-2015>
- FUHRMANN, S. (2007): Digitale historische Geobasisdaten im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) – Die Urmappe des Franziszeischen Katasters. – *Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, **1**, 24–35, Wien.
- GANAHL, P. (1988): Retention of a 100 years event by the Zillertal reservoirs. – Internationales Symposium INTERPRAEVENT, Band 4 (Tagungspublikation), 43–54, Graz.
- GEOVILLE INFORMATION SYSTEMS (2017): cadasterENV – Final Report (TD-9) – Public Version I 1.0. – <https://www.landinformati-onssystem.at/#/lisa/overview> (abgerufen am 11.11.2020).
- GRAF, W.L. (2006). Downstream hydrological and geomorphic effects of large dams on American rivers. – *Geomorphology*, **79**/3–4, 336–360, Amsterdam. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.022>
- GRALEPOIS, M., LARRUE, C., WIERING, M., CRABBÉ, A., TAPSELL, S., MEES, H., EK, K. & SZWED, M. (2016): Is flood defense changing in nature? Shifts in the flood defense strategy in six European countries. – *Ecology and Society*, **21**/4, 37. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08907-210437>
- GUMBEL, E.J. (1958): *Statistics of Extremes*. – 375 S., New York (Columbia University Press). <https://doi.org/doi:10.7312/gumb92958>

- HASLMAYR, H.P., BAUMGARTEN, A., SCHWARZ, M., HUBER, S., PROKOP, G., SEDY, K., KRAMMER, C., MURER, E., POCK, H., RODLAUER, C., SCHAUMBERGER, A., NADEEM, I. & FORMAYER, H. (2016): BEAT – Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich. – Forschungsbericht der AGES im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, 102 S., Wien.
- HUENSTEIN, W. (2009): Wasserkraft und Klimawandel: Stromwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Erzeugung von Strom. – Wasser Energie Luft, **101/2**, 33–50, Baden.
- HOFER, B., SCHÖBER, J. & PERZLMAIER, S. (2013): Flood control: Principles for the operation of existing and the planning of new storage power plants. – International Conference and Exhibition (Hydro 2013). – Proceedings of HYDRO 2013, Innsbruck, 2013.
- HOHENSINNER, S., ATZLER, U., BERGER, M., BOZZETTA, T., HÖBERTH, C., KOFLER, M., RAPOTTNIG, L., STERLE, Y. & HAIDVOGL, G. (2021a): Land Use and Cover Change in the Industrial Era: A Spatial Analysis of Alpine River Catchments and Fluvial Corridors. – *Frontiers in Environmental Science*, **9**, 647247. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.647247>
- HOHENSINNER, S., ATZLER, U., FISCHER, A., SCHWAIZER, G. & HELFRICHT, K. (2021b): Tracing the Long-Term Evolution of Land Cover in an Alpine Valley 1820–2015 in the Light of Climate, Glacier and Land Use Changes. – *Frontiers in Environmental Science*, **9**, 683397. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.683397>
- HOHENSINNER, S., EGGER, G., MUHAR, S., VAUDOR, L. & PIÉGAY, H. (2021c): What remains today of pre-industrial Alpine rivers? Census of historical and current channel patterns in the Alps. – *River Research and Applications*, **37**, 128–149. <https://doi.org/10.1002/rra.3751>
- HUMMEL, T. (2007): Betriebswirtschaftslehre kompakt. – 3. Auflage, 336 S., München (Oldenbourg).
- HUSCROFT, J., GLEESON, T., HARTMANN, J. & BÖRKER, J. (2018): Compiling and mapping global permeability of the unconsolidated and consolidated Earth: GLobal HYdrogeology MaPS 2.0 (GLHYMPS 2.0). – *Geophysical Research Letters*, **45**, 1897–1904. <https://doi.org/10.1002/2017GL075860>
- ICOLD (2021): The World Register Dams (WRD). – International Commission on Large Dams (Last Update: April 2021) [Datensatz]. <https://www.icold-cigb.org/>
- JUNGER, L., HOHENSINNER, S., SCHROLL, K., WAGNER, K. & SEHER, W. (2022): Land Use in Flood-Prone Areas and Its Significance for Flood Risk Management – A Case Study of Alpine Regions in Austria. – *Land* **2022**, **11/3**, 392. <https://doi.org/10.3390/land11030392>
- KENYON, W., HILL, G. & SHANNON, P. (2008): Scoping the Role of Agriculture in Sustainable Flood Management. – *Land Use Policy*, **25/3**, 351–360, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.09.003>
- KLAGHOFER, E. (2003): Hochwasser und Landnutzung. – Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, **19**, 60–69, Wien.
- KLINGLER, C., SCHULZ, K. & HERRNEGGER, M. (2021): LamaH-CE: LArge-SaMple DAta for Hydrology and Environmental Sciences for Central Europe. – *Earth System Science Data*, **13**, 4529–4565. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4529-2021>
- KOFLER, M. (2021): Veränderung der Landbedeckung im Einzugsgebiet der Drau in Osttirol. – Masterarbeit, 100 S., Universität für Bodenkultur, Wien.
- KONDOLF, G. & BATALLA, R.J. (2005): Chapter 11 Hydrological effects of dams and water diversions on rivers of Mediterranean-climate regions: examples from California. – *Developments in Earth Surface Processes*, **7**, 197–211, Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/S0928-2025\(05\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0928-2025(05)80017-3)
- KUGI, W. & WEISSEL, G. (1986): Das Augusthochwasser 1985 im Maltatal. – *Carinthia II*, **176/96**, 311–319, Klagenfurt.
- LAUFFER, H. (1975): Die Auswirkungen der Speicherkraftwerke auf die Umwelt. – *Österreichs Wasserwirtschaft*, **27/5/6**, 101–118, Wien.
- LINDEN, E., CINELLI, M., SPADA, M., BECKER, W. & BURGHERR, P. (2018): Composite Indicator Analysis and Optimization (CIAO) Tool, v.2. – <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14408.75520>
- LÖSCHNER, L. (2018): The spatial turn in flood risk management. A case study of Austria's changing flood policy. – Dissertation submitted at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- LÖSCHNER, L. & NORDBECK, R. (2020): Switzerland's transition from flood defence to flood-adapted land use – A policy coordination perspective. – *Land Use Policy*, **95**, 103873. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.032>
- LÖSCHNER, L., HERRNEGGER, M., APPERL, B., SENONER, T., SEHER, W. & NACHTNEBEL H.P. (2017): Flood risk, climate change and settlement development: a microscale assessment of Austrian municipalities. – *Regional Environmental Change*, **17**, 311–322. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-016-1009-0>
- MAYRING, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. – 152 S., Weinheim (Beltz).
- MEI, X., VAN GELDER, P.H.A.J.M., DAI, Z. & TANG, Z. (2017): Impact of dams on flood occurrence of selected rivers in the United States. – *Frontiers of Earth Science*, **11/2**, 268–282. <https://doi.org/10.1007/s11707-016-0592-1>
- MERZ, B. (2006): Hochwasserrisiken – Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung. – 334 S., Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- MERZ, R. & BLÖSCHL, G. (2005): Flood frequency regionalisation – Spatial proximity vs. catchment attributes. – *Journal of Hydrology*, **302/1–4**, 283–306, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.018>
- METZ, F., ANGST, M. & FISCHER, M. (2020): Policy integration: Do laws or actors integrate issues relevant to flood risk management in Switzerland? – *Global Environmental Change*, **61**, 101945. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101945>
- MORRIS, J., BEEDELL, J. & HESS, T.M. (2016): Mobilising flood risk management services from rural land: principles and practice. – *Journal of Flood Risk Management*, **9/1**, 50–68. <http://dx.doi.org/10.1111/jfr3.12110>
- MUHAR, S., GRÜNER, B., BÖCK, K., SCHEIKL, S. & BECSI, R. (2018): SPARE synthesis report: “Balancing river protection needs, ecosystem functions and human uses”. – European Regional Development Fund (ERDF), Interreg Alpine Space, 31 S., Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- NACHTNEBEL, H.P. & APPERL, B. (2015): Beurteilung des Hochwasser-Schadenspotenzials unter dynamischen Bedingungen. – *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, **67/3–4**, 120–130. <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-015-0220-4>
- NEUWIRTH, J. & WAGNER, K. (2010): Agricultural land management and flood risks – Interrelations. – *Journal of US-China Public Administration*, **7/4**, 24–29.
- NORDBECK, R. (2014): Klimawandel und vorsorgender Hochwasserschutz in Österreich: eine entwicklungsdynamische Analyse der Anpassungskapazitäten (2002–2012). – InFER Diskussionspapier/Discussion Paper 2-2014, 35 S., Universität für Bodenkultur Wien, Wien.

- NORDBECK, R., SEHER, W., GRÜNEIS, H., HERRNEGGER, M. & JUNGER, L. (2023): Conflicting and complementary policy goals as sectoral integration challenge: an analysis of sectoral interplay in flood risk management. – *Policy Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s11077-023-09503-8>
- ÖROK – ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2018): ÖROK-Empfehlung Nr. 57: „Hochwasserrisikomanagement“. Ausgangslage & Rahmen, Empfehlungen, Erläuterungen & Beispiele. – Materialien, Heft 5, 52 S., Wien.
- ÖROK – ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2020): Anteil der Baulandreserven am Bauland insgesamt 2020. – ÖROK-Atlas. <https://www.oerok-atlas.at/#indicator/70> (abgerufen am 23.10.2022).
- ÖROK – ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2021): Österreichisches Raumentwicklungskonzept ÖREK 2030. Raum für Wandel. – ÖROK-Schriftenreihe **210**, 178 S., Wien.
- PETRIDOU, E., AFLAKI, I.N. & MILES, L. (2015): Unpacking the Theoretical Boxes of Political Entrepreneurship. – In: AFLAKI, I.N., MILES, L. & PETRIDOU, E. (Hrsg.), *Entrepreneurship in the polis. Understanding political entrepreneurship*, 1–16, Routledge–London–New York.
- PIRCHER, W. (1990): The contribution of hydropower reservoirs to flood control in the Austrian Alps. – *Hydrology in Mountainous Regions II: Artificial Reservoirs, Water and Slopes*. – IAHS Publication, **194**, 3–10, Wallingford.
- PIRKER, O. (2005): Wasserkraftanlagen. – Hydrologischer Atlas Österreichs, Karte 9.1, BMLFUW, Wien.
- RAMM, F. (2019): OpenStreetMap Data in Layered GIS Format. – Technischer Bericht, <https://download.geofabrik.de/europe/austria.html> (abgerufen am 11.11.2020).
- RAPOTTNIG, L. (2021): Veränderung der Landbedeckung im Einzugsgebiet der Mittleren Salzach in Salzburg. – Masterarbeit, 57 S., Universität für Bodenkultur, Wien.
- RECHNUNGSHOF (RH) (2016): Bericht des Rechnungshofes. Das Donauhochwasser 2013. – *Niederösterreich*, **2016/3**, 125 S., Wien.
- RIWA-T (2016): Technische Richtlinien für die Bundeswasserbauverwaltung. – 57 S., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- RIWA-T-BWS (2010): Technische Richtlinien für die Bundeswasserstraßenverwaltung. – Fassung 2010, 63 S., Wien.
- RUNHAAR, H., MEES, H., WARDEKKER, A., VAN DER SLUIJS, J. & DRIESSEN, P.P.J. (2012): Adaptation to climate change-related risks in Dutch urban areas: stimuli and barriers. – *Regional Environmental Change*, **12**, 777–790. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-012-0292-7>
- RUNHAAR, H., WILK, B., PERSSON, Å., UITTENBROEK, C. & WAMSLER, C. (2018): Mainstreaming climate adaptation: taking stock about “what works” from empirical research worldwide. – *Regional Environmental Change*, **18/4**, 1201–1210. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-017-1259-5>
- SAMUELS, P., KLIJN, F. & DIJKMAN, J. (2006): An analysis of the current practice of policies on river flood risk management in different countries. – *Irrigation and Drainage*, **55**, 141–150. <http://dx.doi.org/10.1002/ird.257>
- SCHÖBERL, F. (2003): Hochwasserschutz durch Hochwasserrückhalt. – *Innsbrucker Bericht*, **2003/07**, 115–128, Innsbruck.
- SCHOLTEN, T., HARTMANN, T. & SPIT, T. (2020): The spatial component of integrative water resources management: differentiating integration of land and water governance. – *International Journal of Water Resources Development*, **36/5**, 800–817. <http://dx.doi.org/10.1080/07900627.2019.1566055>
- SEHER, W. & LÖSCHNER, L. (2015): Analyse der Fachliteratur und der Raumordnungsgesetzgebung im Hinblick auf Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Restrisikobereichen in der Raumplanung. – In: ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (Hrsg.): *Naturgefahren und die Belastung von Landeshaushalten*, 61–85, Wien.
- SEHER, W. & LÖSCHNER, L. (2018a): Risikoorientierte Raumplanung in Österreich: Merkmale und Umsetzungsoptionen am Beispiel von Hochwasserrisiken. – *disP: The Planning Review*, **54/3**, 26–35. <http://dx.doi.org/10.1080/02513625.2018.1525202>
- SEHER, W. & LÖSCHNER, L. (2018b): Instrumente der Raumplanung für die Flächenvorsorge gegenüber Hochwassergefahren. – In: KANONIER, A. & RUDOLF-MIKLAU, F. (Hrsg.): *Regionale Risiko Governance: Recht, Politik und Praxis*, 445–459, Wien (Verlag Österreich).
- SEHER, W. & NEUHOLD, C. (2022): Koordination von Raumplanung und Wasserbau als wesentlicher Bestandteil des Hochwasserrisikomanagements. – *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, **74/3–4**, 144–153. <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-022-00847-8>
- SEIFERT, P. (2012): Mit Sicherheit wächst der Schaden? Überlegungen zum Umgang mit Hochwasser in der räumlichen Planung. – 40 S., Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterrgebirge, Radebeul.
- STECHER, G. & HERRNEGGER, M. (2022): Impact of hydropower reservoirs on floods: evidence from large river basins in Austria. – *Hydrological Sciences Journal*, **67**, 2082–2099. <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2130332>
- STEINBRUNNER, B., WENK, M. & FUCHS, S. (2022): Überlegungen zu einer risikoangepassten Betrachtungsweise in der Raumplanung. – *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, **74/3–4**, 154–165. <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-022-00844-x>
- STERLE, Y. (2021): Changes in land cover and land use in the upper Salzach catchment (Salzburg/Tyrol) between 1830 and 2016. – Masterarbeit, 98 S., Universität für Bodenkultur, Wien.
- TASSER, E., WALDE, J., TAPPEINER, U., TEUTSCH, A. & NOGGLER, W. (2007): Land-use changes and natural reforestation in Eastern Central Alps. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **118/1–4**, 115–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.004>
- THALER, T. (2015): Rescaling in flood risk governance – new spatial and institutional arrangements and structures. – PhD thesis, Middlesex University London, 284 S., London.
- THIEKEN, A.H., CAMMERER, H., DOBLER, C., LAMMEL, J. & SCHÖBERL, F. (2016): Estimating changes in flood risk and benefits of non-structural adaption strategies – a case study from Tyrol, Austria. – *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **21**, 343–376. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9602-3>
- TRL–WLV (2015): Technische Richtlinie für die Wildbach- und Lawinerverbauung. – 48 S., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- TOSUN, J. & LANG, A. (2017): Policy integration: mapping the different concepts. – *Policy Studies*, **38/6**, 553–570. <http://dx.doi.org/10.1080/01442872.2017.1339239>
- UMWELTBUNDESAMT (2022): Flächeninanspruchnahme. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (abgerufen am 25.08.2022).

VANDECASTEELE, I., MARÍ I RIVERO, I., BARANZELLI, C., BECKER, W., DERONI, I., LAVALLE, C. & BATELAAN, O. (2018): The Water Retention Index: Using land use planning to manage water resources in Europe. – Sustainable Development, **26**, 122–131. <https://doi.org/10.1002/sd.1723>

VAN HERK, S., RIJKE, J., ZEVENBERGEN, C. & ASHLEY, R. (2015): Understanding the transition to integrated flood risk management in the Netherlands. – Environmental Innovation and Societal Transitions, **15**, 84–100. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2013.11.001>

VIGLIONE, A., MERZ, B., VIET DUNG, N., PARAJKA, J., NESTER, T. & BLÖSCHL, G. (2016): Attribution of regional flood changes based on scaling fingerprints. – Water Resources Research, **52**, 5322–5340. <https://doi.org/10.1002/2016WR019036>

WAGNER, B., HAUER, C., SCHODER, A. & HABERSACK, H. (2015): A review of hydropower in Austria: Past, present and future development. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, **50**, 304–314. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.169>

WAGNER, K., JANETSCHKE, H. & NEUWIRTH, J. (2009): Die Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Hochwasserrisiko. Ergebnisse des Projektes AWI/162/07, Teilprojekt der Forschungs-kooperation Flood Risk II des Lebensministeriums. – 59 S., Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien.

WESEMANN, J. (2021): Hydrologische Modellierung des natürlichen Abflussverhaltens und dessen Veränderung durch anthropogene Einflüsse. – Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft (HyWa), 175 S., Wien.

WESEMANN, J., HERRNEGGER, M. & SCHULZ, K. (2017): Beeinflussung von Quelleinzugsgebieten durch Forststraßen und Waldwirtschaft mit besonderem Schwerpunkt auf Karstgebiete – eine Literaturstudie für die Praxis. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, **61**, 6–26. [https://doi.org/10.5675/HyWa\\_2017.1\\_1](https://doi.org/10.5675/HyWa_2017.1_1)

WESEMANN, J., HOLZMANN, H., SCHULZ, K. & HERRNEGGER, M. (2018): Behandlung künstlicher Speicher und Überleitungen in der alpinen Niederschlags-Abfluss-Vorhersage. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, **70**, 485–496. <https://doi.org/10.1007/s00506-018-0501-9>

WIDMANN, R. (1988): Einfluss von alpinen Speichern auf den Abfluss von Hochwässern. Die Talsperren Österreichs. – 16. Talsperrenkongress in San Francisco, Q.63, R.85, 137–144.

WOLTER-KRAUTBLATTER, R., RIMBÖCK, A., HAFNER, T., WAGNER, C. & OBERSACKER, C. (2016): Chancen und Herausforderungen im Bereich des Hochwasser-Restrisikos und der Risikokommunikation: Ideen aus Bayern. – In: KOBOLTSCHNIG, G. & MIKOŠ, M. (Hrsg.): 13<sup>th</sup> Congress INTERPRAEVENT 2016, Conference proceedings: 30 May to 2 June 2016, Lucerne, Switzerland, 176–185, International Research Society INTERPRAEVENT, Klagenfurt.

WWF (2009): Mythos Wasserkraft. Glorifizierung und Wirklichkeit. – 32 S., Wien.

ZEITFOGEL, H., FEIGL, M. & SCHULZ, K. (2021): Variability across scales – exploring methods for predicting soil properties from multiple sources. – 9 S., EGU, Vienna.

ZISCHG, A., COSTA, R., FLURY, C. & SCHILD, A. (2012): Einfluss der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf alpine Naturgefahren – Eine zusammenfassende Betrachtung. – 12<sup>th</sup> Congress INTRA-PRAEVENT 2012, Conference Proceedings, 833–844, Grenoble, Frankreich.

## 10.2 Gesetze

BGLD. RPG. 2019: Burgenländisches Raumplanungsgesetz 2019. – StF: LGBl. Nr. 49/2019. Geltende Fassung vom 03.02.2021.

EU-HWRL 2007: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.

FORSTG 1975: Forstgesetz. – StF: BGBl. Nr. 440/1975. Geltende Fassung vom 02.02.2021.

FORSTG-GZPV: 132. Verordnung der Bundesministerin für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus über die Gefahrenzonenpläne nach dem Forstgesetz 1975 (ForstG-Gefahrenzonenplanverordnung).

LWG 1992: Bundesgesetz, mit dem Maßnahmen zur Sicherung der Ernährung sowie zur Erhaltung einer flächendeckenden, leistungsfähigen, bäuerlichen Landwirtschaft getroffen werden. Geltende Fassung vom 02.02.2021.

NÖ ROG 2014: NÖ Raumordnungsgesetz 2014. – LGBl. Nr. 3/2015 idF LGBl. Nr. 97/2020.

Oö. BauTG 2013: Landesgesetz über die bautechnischen Anforderungen an Bauwerke und Bauprodukte (Oö. Bautechnikgesetz 2013). – LGBl. Nr. 35/2013 idF LGBl. Nr. 56/2021.

Oö. ROG 1994: Landesgesetz vom 6. Oktober 1993 über die Raumordnung im Land Oberösterreich (Oö. Raumordnungsgesetz 1994). – LGBl. Nr. 114/1993 idF LGBl. Nr. 125/2020.

STROG 2010: Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010. – StF: LGBl. Nr. 49/2010. Geltende Fassung vom 03.02.2021.

TROG 2016: Tiroler Raumordnungsgesetz 2016. – StF: LGBl. Nr. 101/2016. Geltende Fassung vom 03.02.2021.

WBFG 1985: Bundesgesetz über die Förderung des Wasserbaues aus Bundesmitteln (Wasserbautenförderungsgesetz 1985 – WBFG). – StF: BGBl. Nr. 148/1985 (WV). Geltende Fassung vom 02.02.2021.

WRG 1959: Wasserrechtsgesetz 1959. – StF: BGBl. Nr. 215/1959 (WV). Geltende Fassung vom 02.02.2021.

## 10.3 Interviews

Schutzwasserwirtschaft	I1, I2, I6, I7, I8, I9, I12, I19, I20, I21, I22, I23, I24, I25, I27, I28, I31, I32, I33, I34, I37, I40, I42, I45
Wasserkraft	I3, I4, I5, I10, I46, I47, I48, I49
Landwirtschaft	I11, I13, I14, I15, I16, I17, I18, I54, I55, I56
Raumplanung	I26, I29, I30, I35, I36, I38, I39, I41, I43, I44, I50, I51, I52, I53