

# Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

## A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
<b>Kurztitel:</b>	pathways
<b>Langtitel:</b>	Strategic decision-making in climate risk management: designing local adaptation pathways
<b>Zitiervorschlag:</b>	Thaler, T., Seebauer, S., Schinko, T., Hanger-Kopp, S.
<b>Programm inkl. Jahr:</b>	ACRP 11th Call for Proposal (2017)
<b>Dauer:</b>	01.11.2019-31.03.2022
<b>KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:</b>	Universität für Bodenkultur
<b>Kontaktperson Name:</b>	Thomas Thaler
<b>Kontaktperson Adresse:</b>	Peter-Jordan Straße 82, 1190 Wien
<b>Kontaktperson Telefon:</b>	+43 1 47654-87120
<b>Kontaktperson E-Mail:</b>	thomas.thaler@boku.ac.at
<b>Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):</b>	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbh (Graz, Steiermark, Österreich) International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (Laxenburg, Niederösterreich, Österreich)
<b>Schlagwörter:</b>	Hochwassermanagement; Anpassungspfade; Klimaanpassung; Pfadabhängigkeit
<b>Projektgesamtkosten:</b>	€ 255.465
<b>Fördersumme:</b>	€ 249.773
<b>Klimafonds-Nr:</b>	B960201
<b>Erstellt am:</b>	30.06.2022

## B) Projektübersicht

### 1 Kurzfassung

Das Forschungsprojekt pathways untersuchte die lokale Anpassungspolitik in österreichischen Gemeinden auf den Umgang mit Hochwasserrisiko vor dem Hintergrund des Klima- und gesellschaftlichen Wandels. Politische Entscheidungen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements werden insbesondere durch (1) konkurrierende Interessen aus den verschiedenen Politikfeldern sowie (2) Entscheidungen der Vergangenheit, die auch häufig negative Folgewirkungen haben können, massiv beeinflusst. Um von Ad-hoc-Kosten-Nutzen-Entscheidungen zu einer strategischen Planung im Hochwassermanagement überzugehen, müssen vergangene Entscheidungen, die sich langfristig auf die lokale Entwicklung auswirken, die wiederum zukünftige Entscheidungspfade beeinflussen, genau untersucht und im Entscheidungsprozess mitberücksichtigt werden. Das Projekt analysierte welche Schlüsselfaktoren die vergangenen politischen Entscheidungspunkte auf der lokalen Ebene beeinflusst haben und wieso bestimmte Entwicklungspfade eingeschlagen wurden und andere Entwicklungspfade wiederum ausgeblendet wurden.

Pathways erarbeitete umfassende Argumente dafür, warum ein erweitertes Verständnis von Anpassungspfaden tatsächlich Pfadabhängigkeiten vorwegnehmen kann, unter der jeweiligen Berücksichtigung der Grenzen dieses Ansatzes. Der in pathways entwickelte theoretische Rahmen zeigt, wie Merkmale und Bedingungen zu Pfadabhängigkeit (Lock-in, Suboptimalität, selbstverstärkende Mechanismen und zufallsbedingte Ereignisse) das Hochwasserrisikomanagement beeinflussen und in zwei Fallregionen in Österreich nachgewiesen werden können. In einem zweiten Schritt wurde gemeinsam mit den Akteuren vor Ort untersucht, wie wir diese Pfadabhängigkeiten überwinden können.

Wie sich das künftige Risiko entwickeln wird, ist aufgrund des komplexen Zusammenspiels klimatischer Faktoren - sowohl der natürlichen Variabilität als auch des anthropogenen Klimawandels - und der sozioökonomischen Prozesse, die mit der Exposition und Verwundbarkeit und Resilienz der Bevölkerung zusammenhängen, höchst ungewiss. Alle aktuellen Entscheidungen in Bezug auf künftige Überschwemmungen müssen deshalb diese Ungewissheit berücksichtigen und so eine künftige Entscheidungsfindung ermöglichen, die flexibel genug ist, um sich an veränderte Umstände anzupassen. Durch die Definition von Merkmalen und Bedingungen der Pfadabhängigkeit liefern wir eine Grundlage für die Beurteilung, ob in spezifischen Kontexten Pfadabhängigkeit vorliegt oder nicht. Bislang war unklar, was "Pfadabhängigkeit" ist und wie genau sie antizipiert, hergestellt oder überwunden werden kann. Nachdem wir Pfadabhängigkeit skizziert und operationalisiert haben, zeigen wir, wie verschiedene Elemente von Pfadabhängigkeit durch die Entwicklung von Anpassungspfaden auf Gemeindeebene thematisiert werden können.

Basierend auf den konzeptionellen Überlegungen zu Pfadabhängigkeiten in der Klimawandelanpassung sowie der Rekonstruktion von in der Vergangenheit liegenden Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement in den Hochwasser-Einzugsgebieten Ennstal und Aist, entwickelten wir ein Workshopkonzept für Gemeinden, welches aus zwei eng miteinander verknüpften Workshop-Modulen besteht. In enger Zusammenarbeit mit der Gemeinde Kefermarkt in der Region Aist und mit Unterstützung durch das Elementarschaden Präventionszentrum, implementierten wir zunächst im ersten Modul den in Österreich bereits sehr gut etablierten „Vorsorgecheck Naturgefahren“. Dieser erste Workshop unterstützte die Gemeinde Kefermarkt darin, bestehende und zukünftige klimabedingte Risiken und Vulnerabilitäten zu identifizieren. Aufbauend auf dieser Risikoanalyse, fokussierten wir im etwa vier Wochen später stattfindenden zweiten Workshop Modul, welches eine der zentralen methodischen Weiterentwicklungen des pathways Projektes darstellt, auf das vorausschauende Klimarisikomanagement. Indem dieser Workshop die vergangenen Erfahrungen im Risikomanagement explizit mit den bevorstehenden Herausforderungen einer komplexeren Risikolandschaft in Verbindungen brachte, ermöglichte dies der Gemeinde Kefermarkt eine umfassendere Herangehensweise an das zukünftige Klimarisikomanagement.

Allgemein beobachten wir einen generellen Wandel innerhalb des Hochwasserrisikomanagementsystems von einem eher traditionellen Verständnis hin zu einem transformativen Weg der ein neues Verständnis der Rolle der verschiedenen Akteure im Hochwasserrisikomanagement sowie ein neues institutionelles Umfeld eröffnet. Allerdings werden diese politischen Veränderungen immer noch von der öffentlichen Verwaltung angestoßen, da sie der Angelpunkt bei der Umsetzung von Innovationen im Hochwasserrisikomanagement sind.

## 2 Executive Summary

The project pathways analysed the adaptation pathways in Austrian municipalities. Transformative change for the adaptation to increasing natural hazard risks due to climate change and socioeconomic development, needs to take into account that adaptation policy is designed and implemented within a decision space characterised by (1) competing interests from other policy arenas and (2) previous decisions providing carry-over, follow-up or even lock-in effects for later decisions. Thus, natural hazard management needs to switch from its current focus on ad-hoc cost-benefit decisions to strategic planning that acknowledges how current decisions have long-term implications for the options available in future decisions.

We provide a comprehensive argument for why an extended understanding of adaptation pathways is indeed a means of anticipating path dependencies, while at the same time improving our understanding of the limitations of the approach. We thereby link a theoretical concept and an applied decision-making support approach to benefit of each. We discuss how the constituent characteristics and conditions of path dependency (lock-in, sub-optimality, self-reinforcing mechanisms, and contingent events) can be identified in backward-looking historical research, and illustrate how these characteristics and conditions can be operationalized, with examples from flood risk management (FRM) in various European countries. In a forward-looking perspective we propose entry points regarding how path dependencies may be anticipated, overcome, or enabled using the adaptation pathways approach.

We reconstruct four decades of FRM in two alpine mountain regions in Austria, the Ennstal and Aist river catchments. Thereby, we operationalise our preceding conceptual work. We cannot empirically establish prototypical path dependency in our study regions; instead, elements of path dependency appear more implicit and less clear-cut than theory might suggest. We demonstrate that flood risk governance plays a critical role in all elements of path dependency, foremost as institution-based self-reinforcing mechanisms. Technological and institutional shifts as well as niche experiments may support a gradual reorientation of prevalent paths.

How future flood risk will develop is highly uncertain due to the complex interaction of climatic drivers—both natural variability and anthropogenic climate change—and to the socioeconomic processes related to the exposure and vulnerability of populations. Any current decisions with respect to future flooding have to account for this uncertainty, and thereby enable future decision making that is flexible enough to accommodate changing circumstances. However, past decisions may also limit or enable FRM decisions. We argue that, to improve the basis of information for future FRM decision-making, it is important to evaluate contingent events in the past and the subsequent self-reinforcing mechanisms leading to sub-optimal or inefficient outcomes.

We provide a baseline for assessing whether or not path dependency is at work in specific FRM contexts through the analysis of characteristics and conditions of

path dependency. To date it has remained unclear as to what “path dependency” is and how exactly it could be anticipated, established or overcome. Having outlined and operationalized path dependency, we show how different elements of path dependency can be addressed throughout an adaptation pathways approach.

Based on the conceptual path dependency work and the reconstruction of FRM we developed and conducted a workshop concept for municipalities, consisting of two closely interlinked workshop sessions. Working with the municipality Kefermarkt in the Aist catchment, the first workshop session implements the already well established „Vorsorgechecks Naturgefahren im Klimawandel“, which supports municipalities in identifying potential climate related risks and underlying vulnerabilities they are and will be confronted with. The second workshop session conducted some weeks later built on this initial assessment of climate-related risks and focused on risk management strategies. We find that this workshop series supported Kefermarkt in thinking risk management more comprehensively, through connecting past experiences in managing these risks with future decisions.

Most examples of elements of path dependency that we were able to identify in this study appear similarly in both the Ennstal and Aist case studies, which speaks to the validity and generalisability of our results in the context of Austria, and presumably other western industrialised countries at risk of pluvial or fluvial flooding. Hence, our insights can be highly useful for developing more robust and realistic future adaptation pathways in other contexts

We observe a general shift within the Austrian flood risk management system from a more traditional understanding towards a transformative path, which opened a new understanding of the role of the different actors in flood risk management as well as new institutional setting. However, these policy changes are still led by the public administration as they are the main funder, actor in the planning and implementation phase as well as doorkeepers in the realisation of the innovation.

### 3 Hintergrund und Zielsetzung

Die jüngsten Hochwasserereignisse haben gezeigt, dass Naturgefahren immer noch eine gravierende Herausforderung für unsere Gesellschaft darstellen. Insbesondere Extremwetterereignisse, wie z.B. massive Regenfälle innerhalb von 20-30 Minuten, führen immer wieder zu schwerwiegenden Schäden. Das Ausmaß dieser Risiken ist auch durch Entscheidungen in der Vergangenheit geprägt, etwa in der Erschließung von Siedlungsräumen oder der Errichtung von Schutzbauten. Daher stellt sich die Frage, wie adäquate Antworten auf diese aktuellen sowie zukünftigen Entwicklungen gefunden werden können, um zukünftige Generationen besser auf die Herausforderungen des Klimawandels vorzubereiten bzw. mögliche Schäden zu verringern. Zukunftsorientierte Entscheidungen sind eine zentrale Aufgabe vor allem für die öffentliche Hand, um nicht bloß den Status Quo zu erhalten, sondern (möglichen) zukünftigen Problemen vorzubeugen (Mochizuki et al. 2018; Nordbeck et al. 2019).

Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement werden häufig binnen weniger Jahre als Reaktion auf eine Naturkatastrophe getroffen. Der Fokus liegt dabei darauf, die Wiederholung einer solchen Katastrophe zu vermeiden. Dass daraus möglicherweise auch Folgewirkungen oder Einschränkungen zukünftiger Handlungsspielräume erwachsen, wird in diesen singulären Entscheidungen auf lokaler Ebene kaum berücksichtigt. Entscheidungen werden im Spannungsfeld getroffen zwischen (1) konkurrierenden Interessen aus unterschiedlichen Politikbereichen; (2) ad-hoc-Entscheidungen, die häufig einer raschen Lösung nach dem aktuellen Stand der Technik den Vorrang gegenüber strategischen Planungen geben; und (3) früheren Entscheidungen, die Übertragungs-, Folge- oder sogar massive Kosten für einen Systemwechsel mit sich bringen können. Letztere beeinträchtigen spätere Entscheidungsspielräume unter Umständen schwerwiegend bzw. können sie nur mit einem sehr hohen Ressourceneinsatz nachjustiert oder rückgängig gemacht werden. Welche Entscheidungen wann getroffen werden, hängt dabei sehr stark von den jeweiligen Machtverhältnissen, Interessen und Diskursen zwischen den beteiligten Akteuren ab. Wenn sich bestimmte Strategien, Vorgehens- und Handlungsweisen durchsetzen, obwohl sie Teil eines suboptimalen Anpassungspfades sind, führt das in der Regel langfristig zu einem ineffizienten Einsatz von Mitteln und beschränkt lokale Entwicklungsperspektiven (Vergne und Durand 2010).

Es gibt zahlreiche Beispiele in Österreich, in denen sich das Schadenspotential durch Schutzmaßnahmen weiter erhöhte (Löschner et al. 2017) und eine sogenannter Kaskadeneffekt zu beobachten ist: Aufgrund des erhöhten Schadenspotenzials werden weitere Schutzmaßnahmen umgesetzt, die wieder zu einer Erhöhung des Schadenspotentials beitragen. In einem derart selbstverstärkenden Mechanismus bedarf es immer weiterer Schutzmaßnahmen, um das gewünschte Schutzniveau zu erhalten. Folglich sollten in der Vergangenheit getroffene Entscheidungen keinen unverhältnismäßig großen Einfluss darauf haben, welche adäquate Antworten in Gegenwart und Zukunft für kommende Herausforderungen – ausgelöst u.a. durch den Klimawandel – gefunden werden können.

## 4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

*Anmerkung:* Dieser Bericht fasst ausgewählte Ergebnisse aus den wissenschaftlichen Publikationen zusammen, die im Lauf des Projekts erarbeitet wurden (siehe Abschnitt 8). Die vollständigen Publikationen sind auf der Webseite <https://pathways.joanneum.at> verfügbar.

Haasnoot et al. (2013) entwickelten in der niederländischen Forschungs- und Beratungseinrichtung Deltares den „adaptation pathways“-Ansatz, der geplante Schutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Zukunftsfähigkeit und Kapazitätsgrenzen analysiert. Ergänzend zu diesem Ansatz, der die Grundlage für zukünftige Anpassungspfade legen soll, kann eine Perspektive auf vergangene Entwicklungen aufzeigen, welche Pfadabhängigkeiten in der bestehenden Anpassungspraxis vorherrschen. In der historischen Rekonstruktion von politischen Entscheidungen auf der lokalen Ebene werden politische Präferenzen, Möglichkeiten und Wahrnehmungen, z.B. bezüglich der Faktoren Zeit, Risiko, Unsicherheit und Gerechtigkeit, sichtbar. Das ermöglicht eine Analyse von Schlüsselfaktoren für vergangene Entscheidungen im Hochwasserrisikomanagement und zeigt auf, wieso bestimmte Anpassungspfade eingeschlagen, andere Optionen jedoch ausgeblendet wurden.

### Konzeptionelle Weiterentwicklung der Anpassungspfade

Die rückblickende Perspektive auf vergangene Entscheidungsfindungsprozesse illustriert, welche unvorhergesehenen und nachteiligen Entwicklungen in weiterer Folge zu Pfadabhängigkeiten und eingeschränkten Handlungsspielräumen führten. Der kombinierte Analyserahmen vergangener, aktueller und zukünftiger Anpassungspfade und Entscheidungsprozesse ermöglicht ein vertieftes Verständnis dafür, wie sich die Abhängigkeiten entwickeln, welche Gründe für die Wahl oder Missachtung alternativer Anpassungsoptionen entscheidend waren und wie zukünftige Entscheidungen „besser“ getroffen werden können.

Dieser umfassende Ansatz kombiniert das Lernen aus der Vergangenheit mit dem Blick in die Zukunft (10-20 Jahre), der es ermöglicht, unbeabsichtigte oder unangepasste Konsequenzen abzuschätzen und alternative Strategien aufzuzeigen die ökonomisch, sozial und ökologisch nachhaltig sind. Die Verknüpfung der Vergangenheit mit der Zukunft ist essenziell, um dynamische Entwicklungen im Bereich des Klimawandels, des demographischen Wandels bzw. der Landnutzungsänderungen besser antizipieren und ihnen gegensteuern zu können. Hinter dem rigiden Beibehalten von Anpassungspfaden stehen selbstverstärkende Mechanismen, die zur wiederholten Reproduktion bis dahin bewährter Problemlösestrategien führen (Parsons et al. 2019). Fixkosten, hohe Investitionen und langwierige Genehmigungsverfahren resultieren in einem starken Beharren auf einem einmal eingeschlagenen Pfad. Hinzu kommen die stabilisierenden Effekte von institutioneller Verankerung und Koordination, wenn Standardlösungen zwischen Akteuren mit einem langjährigen Vertrauensverhältnis fortgeschrieben werden.

Abbildung 1 stellt exemplarisch die Wechselwirkungen verschiedener Anpassungspfade dar.

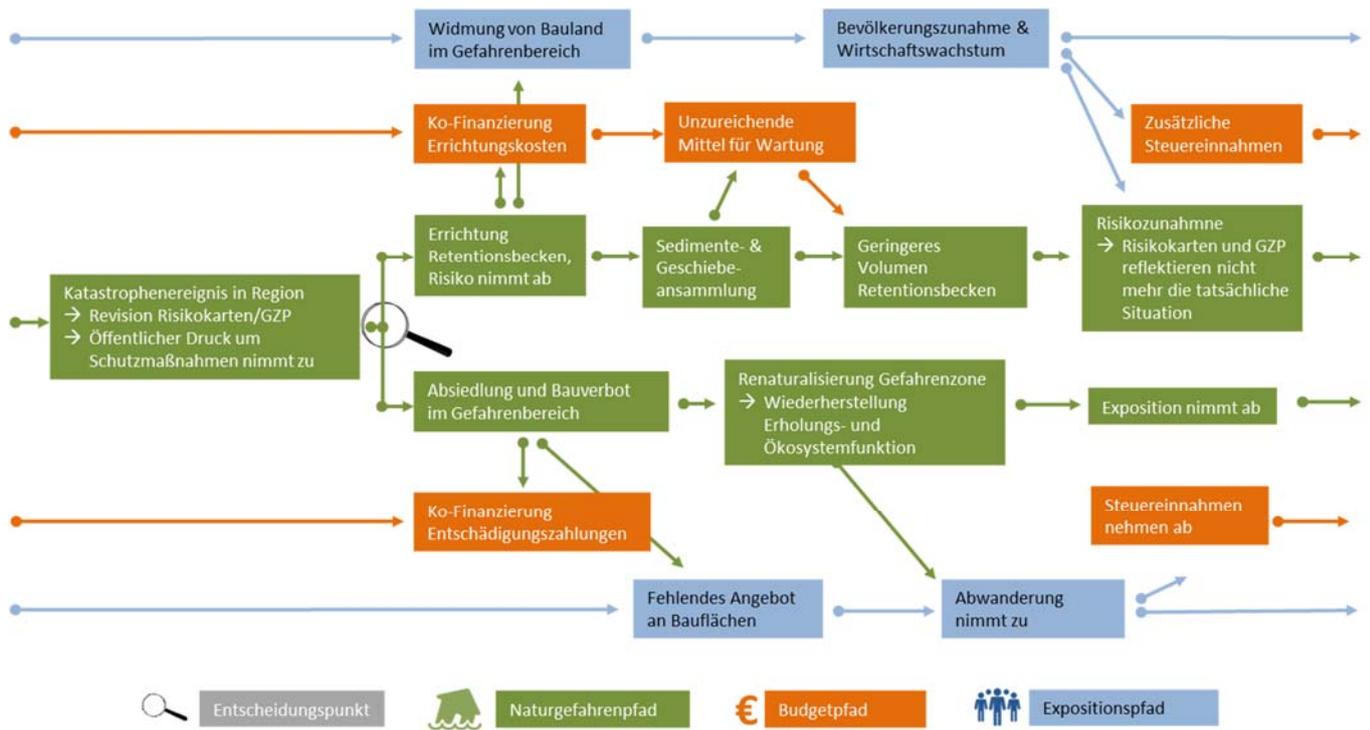


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der Folgewirkungen in den Anpassungspfaden Rückhaltebecken versus Absiedlung

Aus der multidisziplinären Literatur zu Pfadabhängigkeit können spezifische Merkmale und Bedingungen der Pfadabhängigkeit hergeleitet werden. Lock-In und Suboptimalität sind notwendige Merkmale für das Vorliegen von Pfadabhängigkeit. Selbstverstärkende Mechanismen und zufallsbedingte Ereignisse sind Bedingungen, die erklären können, warum und wie es zu Pfadabhängigkeit gekommen ist und warum ein bestimmter Pfad beibehalten wird.

**Lock-in** liegt vor, wenn ein Prozess in einen Zustand unveränderlicher, dauerhafter Ergebnisse eintritt (Arthur 1989). In der wirtschafts- und technologieorientierten Definition bedeutet Lock-in, dass es keine oder nur geringe Chancen für endogene Veränderungen gibt (Vergne und Durand 2010). Aus institutioneller Sicht ist Lock-in eine Phase der Stabilität, die allenfalls durch geringfügige und inkrementelle Veränderungen gekennzeichnet ist. In der Praxis ist ein absoluter Lock-in jedoch selten (North 1990).

Pfadabhängigkeit liegt vor, wenn der bestehende Pfad nicht die angestrebten Ziele erreicht bzw. zu **suboptimalen Ergebnissen** führt. In der frühen Literatur zur Pfadabhängigkeit wird die Suboptimalität in Bezug auf die Effektivität einer Technologie betrachtet d.h. verursacht die Technologie unverhältnismäßig hohe Kosten und Anstrengungen im Verhältnis zum gewünschten Nutzen? Die Frage der (Sub-)Optimalität ist im Hinblick auf die öffentliche Politik schwieriger zu beantworten. Um einen Pfad als suboptimal oder ineffizient zu beurteilen, muss es eine kontrafaktische Referenz für das geben, was als optimal (z. B. ein zu erreichendes politisches Ziel) oder effizient (z. B. ein bestimmtes Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen) angesehen wird. Dies ist in den Fällen schwierig, in denen politische Maßnahmen häufig nicht mit einer Bewertungslogik verbunden sind, die Maßnahmen mit spezifischen Zielen verknüpft. Darüber hinaus bedeutet dies, dass die Pfadabhängigkeit auch auf Prozesse zutreffen kann, die von einigen als positiv angesehen werden und bei denen ein "Lock-in" begrüßt wird.

**Selbstverstärkende Mechanismen** - werden in der Literatur am häufigsten als Bedingung zur Pfadabhängigkeit berücksichtigt, da sie einfacher zu erkennen sind. Sie beziehen sich auf positive Rückkopplungen oder steigende Erträge, die die Kontinuität eines Pfades sicherstellen. Selbstverstärkende Mechanismen können technologiebasiert und/oder institutionenbasiert sein (Hanger-Kopp et al. 2022). Zu ersteren gehören beispielsweise angebotsseitige Mengenvorteile d.h. hohe Anfangsinvestitionen, die sich durch sinkende Stückpreise rentieren wenn die Produktion gesteigert oder über einen langen Zeitraum fortgesetzt wird, oder Lern- und Komplementaritätseffekte d.h. die Verwendung eines etablierten Produkts wird umso eher beibehalten, je vertrauter man mit der Technologie ist. Zu den institutionellen Selbstverstärkungsmechanismen gehört die politische Autorität, bei der Akteurskoalitionen mit erheblichem Einfluss und Ressourcen einen Pfad aufrechterhalten, der ihren Interessen entspricht d.h. die in bestehende institutionelle Strukturen eingebettet sind, die nur schwer zu entwirren und zu verändern sind.

**Zufallsbedingte Ereignisse** setzen einen pfadabhängigen Verlauf in Gang, der die Ausgangssituation außer Kraft setzt. Streng genommen sind diese Ereignisse zufällig und ohne vorangehende Ursachen, was es nahezu unmöglich macht, sie zu verifizieren oder zu falsifizieren. Eine sinnvolle und praktische Operationalisierung für zufallsbedingte Ereignisse könnte das Ergebnis von Umständen sein, die ungewöhnlich und überraschend für den Planungsprozess sind und in einem bestimmten organisatorischen, steuerungsbezogenen und institutionellen Umfeld oft nicht erwartet werden (Hanger-Kopp et al. 2022).

## Historische Analyse der Regionen

Im Projekt pathways wird das Konzept der Anpassungspfade in zwei ausgewählten Regionen in Österreich angewandt. Die beiden Klimaanpassungsregionen (KLAR!-Pilotregionen) Ennstal in der Steiermark sowie Freistadt in Oberösterreich waren in den vergangenen Jahren immer wieder durch Hochwasserereignisse betroffen. Die Region Ennstal wurde durch das Flusshochwasser der Enns sowie durch verschiedene Wildbachereignisse in den Jahren 2010, 2013 sowie 2017 stark in Mitleidenschaft gezogen. Die Region Freistadt war 2002 vom Hochwasser der Aist teilweise stark betroffen (Habersack et al. 2004; Hübl und Beck 2018). Neben der Hochwasserproblematik sind beide Regionen mit sozio-demographischen Veränderungen konfrontiert, wie Abwanderung, Überalterung oder hohe Pendleraktivität aufgrund des begrenzten lokalen Arbeitsmarktes. Durch die Anzahl der Ereignisse und das vorhandene Schadenspotential müssen in beiden Regionen verstärkt Überlegungen bezüglich der lokalen Hochwasserrisikomanagementkonzepte angestellt werden. Beide Regionen stehen vor vielschichtigen Interessenskonflikten rund um Regionalentwicklung, Flächenwidmung und finanziellen Rahmenbedingungen des Gemeindebudgets.

Mit 1920 wurden in Österreich verstärkt Maßnahmen zur Vorbeugung von Hochwasserereignissen durchgeführt. Analysiert man die Bautätigkeit in der KLAR!-Region Ennstal, dann wurden neue Bauwerke insbesondere in den 1920er Jahren sowie vor allem in den 1950er, 1970er und 1990er Jahren errichtet (Abbildung 2).

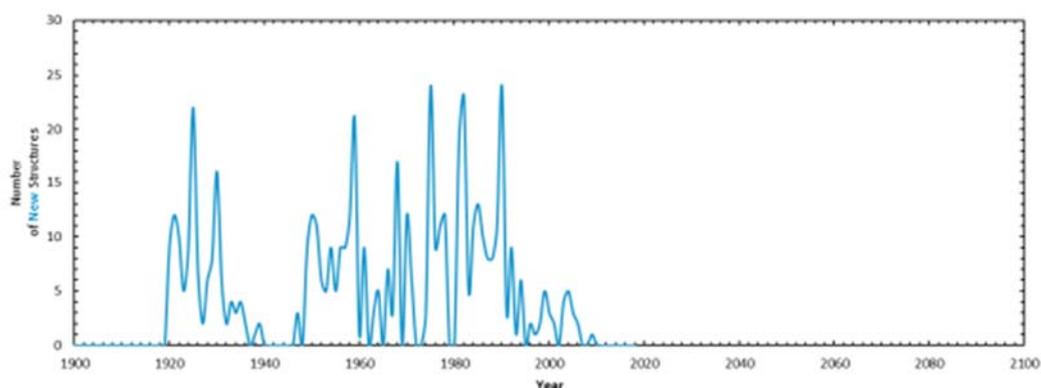


Abbildung 2: Anzahl von Bauwerken am Beispiel der KLAR!-Region Ennstal im Zeitraum 1920-2015

Vergleicht man den Errichtungszeitpunkt von neuen Schutzbauwerken in der Region mit dem Auftreten von Hochwasserereignissen (Beispiel des Niederöblarnerbachs in Abbildung 3), ist zu erkennen, dass die meisten Bauwerke als direkte Reaktion auf Ereignisse entstanden sind. Der jeweilige Verbauungstyp stellt meist den Stand der aktuellsten Technik der jeweiligen Zeit dar. Es spielen vor allem Ereignisse mit einer starken Intensitätsklasse (L) eine tragende Rolle bei der Errichtung von Bauwerken. In erster Linie mildern Schutzbauten zwar den unmittelbaren politischen Handlungsdruck, Wartungs- und Instandhaltungskosten können aber das Gemeindebudget langfristig belasten und in einem Kaskadeneffekt die Errichtung weiterer Bauwerke anstoßen.

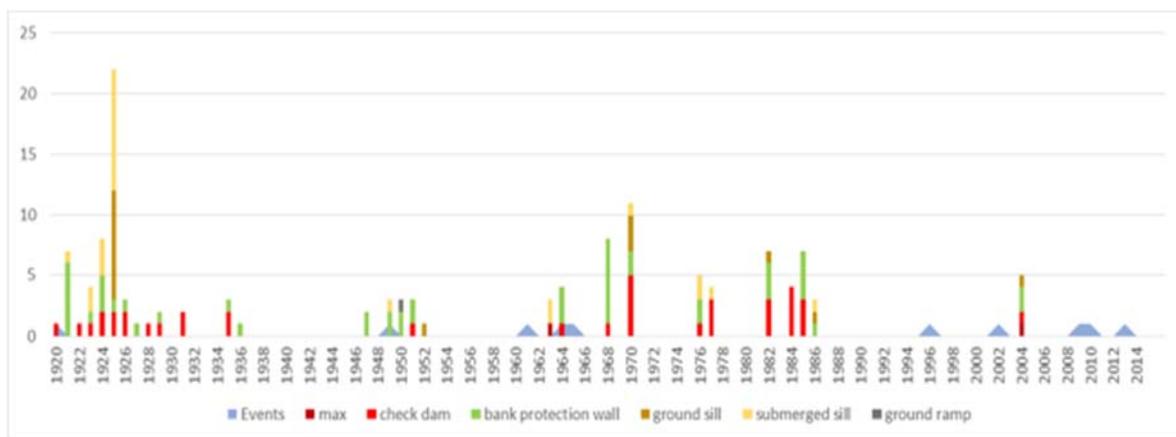


Abbildung 3: Anzahl von Maßnahmen und Ereignisse am Beispiel von Niederöblarnerbach zwischen den Jahren 1920 und 2015

Anhand der empirischen Untersuchungen manifestierte sich in den beiden Regionen eine starke Lock-In Situation, wo technische Lösungen die wichtigste Argumentation der Risikoreduktion angesehen wurde. Diese Entscheidungen stehen im Einklang mit etablierten Managementparadigmen, die dieselben HWRM-Strategien reproduzieren und schließlich zu potenziell suboptimalen Ergebnissen führen. Diese Management-Paradigmen halten einen Zustand allgemeiner Kontinuität bis hin zu Unbeweglichkeit aufrecht, der so lange anhält, wie es keine unvorhergesehenen Ereignisse gibt.

Um zu beurteilen, ob die Ergebnisse suboptimal sind, ist eine kontrafaktische Referenz erforderlich, die als optimal angesehen wird, d.h. im Sinne eines Schutzziels oder des tolerierbaren Restrisikos (Hanger-Kopp et al., 2022). In unseren Untersuchungsregionen haben die Befragten, abgesehen von einem bundesweiten Schutzziel, keine übereinstimmende Erwartung, was im Hochwasserschutz erreicht werden soll. Das verhindert eine Bewertung der erreichten Ergebnisse und ihrer (Sub-)Optimalität. Dennoch stellen wir fest, dass sich Suboptimalität in der Art und Weise manifestiert, wie Hochwasserschutzmaßnahmen umgesetzt werden - zu wenig, zu spät oder mit negativen Umweltauswirkungen.

Aus konzeptioneller Sicht markieren zufallsbedingte Ereignisse bestimmte Zeitpunkte, in denen das Hochwasserrisikomanagement von einem Pfad auf einen anderen wechselt. Hanger-Kopp et al. (2022) betonen jedoch die Schwierigkeiten, zufallsbedingte Ereignisse aus historischen Veränderungen in sozialen, wirtschaftlichen und politischen Kontexten abzuleiten, ohne einen bestimmten Moment oder eine bestimmte Konstellation als Wendepunkt zu überinterpretieren und vorausgehende Entwicklungen zu vernachlässigen. Allerdings könnten sowohl seltene Hochwasserereignisse als auch politische oder institutionelle Veränderungen als zufallsbedingte Ereignisse gelten. Wenn wir in unseren Untersuchungsregionen bis in die 1980er Jahre zurückblicken (soweit es die Verfügbarkeit von Dokumenten und die Erinnerungen der Befragten zulassen), können wir kein zufallsbedingtes Ereignis oder einen engen historischen Zeitraum ausmachen, in dem die heutigen Hochwasserrisikomanagement-Praktiken entstanden sind. Wiederkehrende Überschwemmungen haben die Art und Weise, wie Hochwasserrisikomanagement betrieben wird, nicht grundlegend verändert, aber sie hatten Einfluss darauf, wann und wo Maßnahmen durchgeführt wurden. Obwohl sie sich über längere Zeiträume erstrecken, haben technologische und institutionelle Veränderungen in den letzten zwei Jahrzehnten die Strategien des Hochwasserrisikomanagements schrittweise neu ausgerichtet.

Selbstverstärkende Mechanismen können erklären, warum der derzeitige Pfad beibehalten wird. Wir stellen fest, dass technologiebasierte selbstverstärkende Mechanismen in den untersuchten Regionen weniger verbreitet sind als institutionenbasierte selbstverstärkende Mechanismen, da es während des beobachteten Zeitraums kaum technologische Fortschritte oder Wettbewerb zwischen Produkten oder Designs gab. Die Konstruktionsstandards von technischen Schutzmaßnahmen haben sich in den letzten Jahrzehnten kaum verändert. Selbst die naturbasierten Lösungen, die seit Mitte der 2000er Jahre Einzug in die Hochwasserrisikomanagement -Praxis gehalten haben, stützen sich auf ein begrenztes Portfolio etablierter Techniken. Da die etablierten Technologien nicht gegen aufkommende Nischeninnovationen verteidigt werden mussten, gab es vergleichsweise wenig Grund für den Einsatz technologiebasierter selbstverstärkender Mechanismen.

Institutionelle selbstverstärkende Mechanismen sind der Hauptgrund dafür, dass in den Untersuchungsregionen festgefahrene Managementparadigmen fortbestehen und suboptimale Ergebnisse wie unzureichende Umsetzung oder Verzögerungen bei der Realisierung auftreten. Diese Mechanismen veranschaulichen, wie die Verantwortlichen ihre Position, ihre Macht und ihre Ressourcen verteidigen. Wir stellen zum Beispiel fest, dass etablierte Akteurskoalitionen in Verbindung mit der institutionellen Dichte die Sichtweisen eines kleinen Kreises von Akteuren widerspiegeln, was zu positiven Rückkopplungen und schließlich zu Pfadabhängigkeit führt. Wir finden jedoch auch Fälle, in denen diese Mechanismen schwächer sind, in beide Richtungen wirken oder umgangen werden. Insbesondere bei institutionenbasierten selbstverstärkenden Mechanismen überschneiden sich die Mechanismen überschneiden und sind nicht leicht voneinander abzugrenzen.

## Zukünftige Entwicklung der Regionen

Aufbauend auf der historischen Analyse wurde gemeinsam mit lokalen Stakeholdern im Zuge des eigens für dieses Projekt entwickelten pathways Workshopmoduls die Frage untersucht, wie die konkreten Lehren aus dem bisherigen Naturgefahrenmanagement für das Management der für die Gemeinde „neueren“ klimabedingten Risiken, wie z.B. Hangwasser bzw. Trockenheit/Dürre umgesetzt werden können. Mehrere Arbeitsgruppen entwickelten darin konkrete Maßnahmen für ein jeweils ausgewähltes Klimarisiko. Zur Darstellung wurde dafür ein Koordinatensystem verwendet (siehe Tabelle 1). Die x-Achse beschäftigt sich mit der Frage nach dem „Umsetzungszeithorizont kurzfristig – längerfristig“ und die y-Achse mit der Frage der „Entscheidungsebene lokal/Gemeinde – regional/Land – national/EU“.

Tabelle 1: Handlungsebene und Umsetzung von zukünftigen Maßnahmen

Handlungsebene	Höhere Ebene/Jetzt	höhere Ebene/ Zukunft	
	Gemeinde/Jetzt	Gemeinde/in der Zukunft	
	Zeit (Umsetzung)	Jetzt	Zukunft

Ein mögliches Beispiel aus der Praxis in Kefermarkt stellt Abbildung 7 dar, wo am Beispiel von Hangwasser nach Starkregen mögliche Szenarien und Maßnahmen gemeinsam mit Gemeindevertreter\*innen durchgespielt wurden.

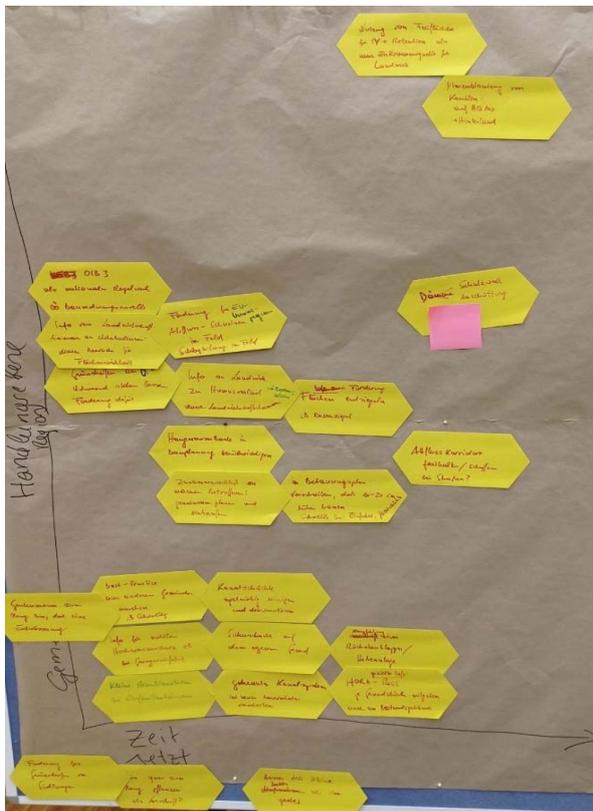


Abbildung 7: Umgang mit neuen Risiken in der KLAR!-Region Freistadt

Zum Abschluss dieses Workshop Moduls wurden konkrete Umsetzungsschritte und -verantwortlichkeiten identifiziert, mit einem Fokus auf jene Maßnahmen, die im linken unteren Quadranten platziert wurden, also wo die Gemeinde relativ schnell aktiv werden kann. Diese Maßnahmen können direkt durch die Gemeinde umgesetzt werden, reichen aber für sich alleine voraussichtlich nicht aus, um die kommenden Folgen des Klimawandels abzufangen. Es gilt daher bereits jetzt auf die regionale und nationale Ebene einzuwirken, damit die dortigen Entscheidungs- und Planungsprozesse rechtzeitig abgeschlossen sind, sobald weiterreichende Maßnahmen auf lokaler Ebene notwendig werden. Diese Dynamik wird

typischerweise im Koordinatensystem als Diagonale von links unten nach rechts oben sichtbar: Jetzt umsetzbare Maßnahmen liegen oftmals auf der Handlungsebene der Gemeinde, während zukünftige und weiterreichende Maßnahmen vor allem auf höheren Regierungs- und Verwaltungsebene liegen.

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Wie sich das künftige Hochwasserrisiko entwickeln wird, ist aufgrund des komplexen Zusammenspiels klimatischer Faktoren - sowohl der natürlichen Variabilität als auch des anthropogenen Klimawandels - und der sozioökonomischen Prozesse, die mit der Exposition und Anfälligkeit der Bevölkerung zusammenhängen, höchst ungewiss. Alle aktuellen Entscheidungen in Bezug auf künftige Überschwemmungen müssen diese Ungewissheit berücksichtigen und so eine künftige Entscheidungsfindung ermöglichen, die flexibel genug ist, um sich an veränderte Umstände anzupassen. Entscheidungen der Vergangenheit können jedoch auch Entscheidungen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements einschränken oder ermöglichen. Wir argumentieren, dass es zur Verbesserung der Informationsgrundlage für künftige Entscheidungen wichtig ist, unvorhergesehene Ereignisse in der Vergangenheit und die an diese Ereignisse anschließenden selbstverstärkenden Mechanismen, die zu suboptimalen oder ineffizienten Ergebnissen führen, zu bewerten.

Durch die Analyse von Merkmalen und Bedingungen der Pfadabhängigkeit liefern wir eine Grundlage für die Beurteilung, ob in spezifischen Kontexten Pfadabhängigkeit vorliegt oder nicht. Bislang war unklar, was "Pfadabhängigkeit" ist und wie genau sie antizipiert, hergestellt oder überwunden werden kann. Nachdem wir die Pfadabhängigkeit skizziert und operationalisiert haben, zeigen wir, wie verschiedene Elemente der Pfadabhängigkeit im Rahmen eines Ansatzes für Anpassungspfade angegangen werden können.

Die meisten Beispiele für Elemente der Pfadabhängigkeit, die wir in dieser Studie identifizieren konnten, treten in ähnlicher Weise sowohl in der Ennstal- als auch in der Aist-Fallstudie auf, was für die Validität und Verallgemeinerbarkeit unserer Ergebnisse im Kontext Österreichs und vermutlich auch anderer westlicher Industrieländer spricht, die von pluvialen oder fluvialen Überschwemmungen bedroht sind. Unsere Erkenntnisse können daher für die Entwicklung robusterer und realistischerer zukünftiger Anpassungspfade in anderen Kontexten sehr nützlich sein, vor allem in der Anpassung an den Klimawandel und im Katastrophenrisikomanagement, z. B. auf das Management von Wasserknappheit/Dürre, Waldstörungen oder Erdbeben.

Wir beobachten einen generellen Wandel innerhalb des österreichischen Hochwasserrisikomanagementsystems von einem eher traditionellen Verständnis hin zu einem transformativen Weg, der ein neues Verständnis der Rolle der verschiedenen Akteure im Hochwasserrisikomanagement sowie ein neues institutionelles Umfeld eröffnet. Allerdings werden diese politischen Veränderungen immer noch von der öffentlichen Verwaltung angestoßen, da sie

die wichtigste Finanzierungsquelle, wesentlicher Akteur in der Planungs- und Umsetzungsphase sowie Angelpunkt bei der Umsetzung der Innovation ist.

## C) Projektdetails

### 6 Methodik

Das Forschungsprojekt pathways nutzte einen qualitativen Multi-Methods Ansatz. Detaillierte Forschungsergebnisse sind in den jeweiligen Publikationen verfügbar (siehe Abschnitt 8).

#### **Arbeitspaket 1:**

Das Arbeitspaket 1 stellte den theoretischen Rahmen von pathways dar. Für diesen Arbeitsschritt wurde eine Literaturanalyse auf der Suchplattform SCOPUS durchgeführt. Für die Literatursuche wurden folgende Begriffe verwendet: Adaptation AND pathway\* in ARTICLE TITLE, limit to Environmental Science and Social Science disciplines. Dabei wurden über 101 Beiträge ausgewählt. Von diesen 101 Beiträgen waren 38 Artikeln theoretischer/methodischer Natur, bei 18 Fachartikeln lag der Schwerpunkt auf die Nutzung von Anpassungspfade auf einer Fallstudie sowie waren 14 Beiträge Literaturarbeiten. Weitere 29 Beiträge wurden von der Detailanalyse ausgeschlossen, da deren Themenschwerpunkt in einer anderen Richtung ging. Deshalb wurden insgesamt 71 Beiträge für die Detailanalyse angewandt.

#### **Arbeitspaket 2:**

Im Rahmen des Arbeitspakets 2 wurde eine historische Analyse der beiden ausgewählten Fallstudienregionen erstellt. Dabei wurden einerseits die verschiedenen Hochwasserereignisse, Maßnahmen, sozio-demographische, politische und sonstige sozioökonomische Entwicklungen in den Regionen für den Zeitraum 1980 bis 2020 untersucht und aufgelistet (siehe Beispiel Abbildung 4 und Tabelle 2). Diese Ergebnisse wurden dann Anhand von 16 qualitativen Interviews mit lokalen und regionalen Akteuren und Stakeholdern aus der öffentlichen und des privaten Sektors erklärt und erweitert.

Öblarn, Sölk, Michaelerberg-Pruggern

**Legende:**

- Hochwasser
- bauliche Maßnahmen
- Bewusstseinsbildung
- anderswertige Maßnahmen

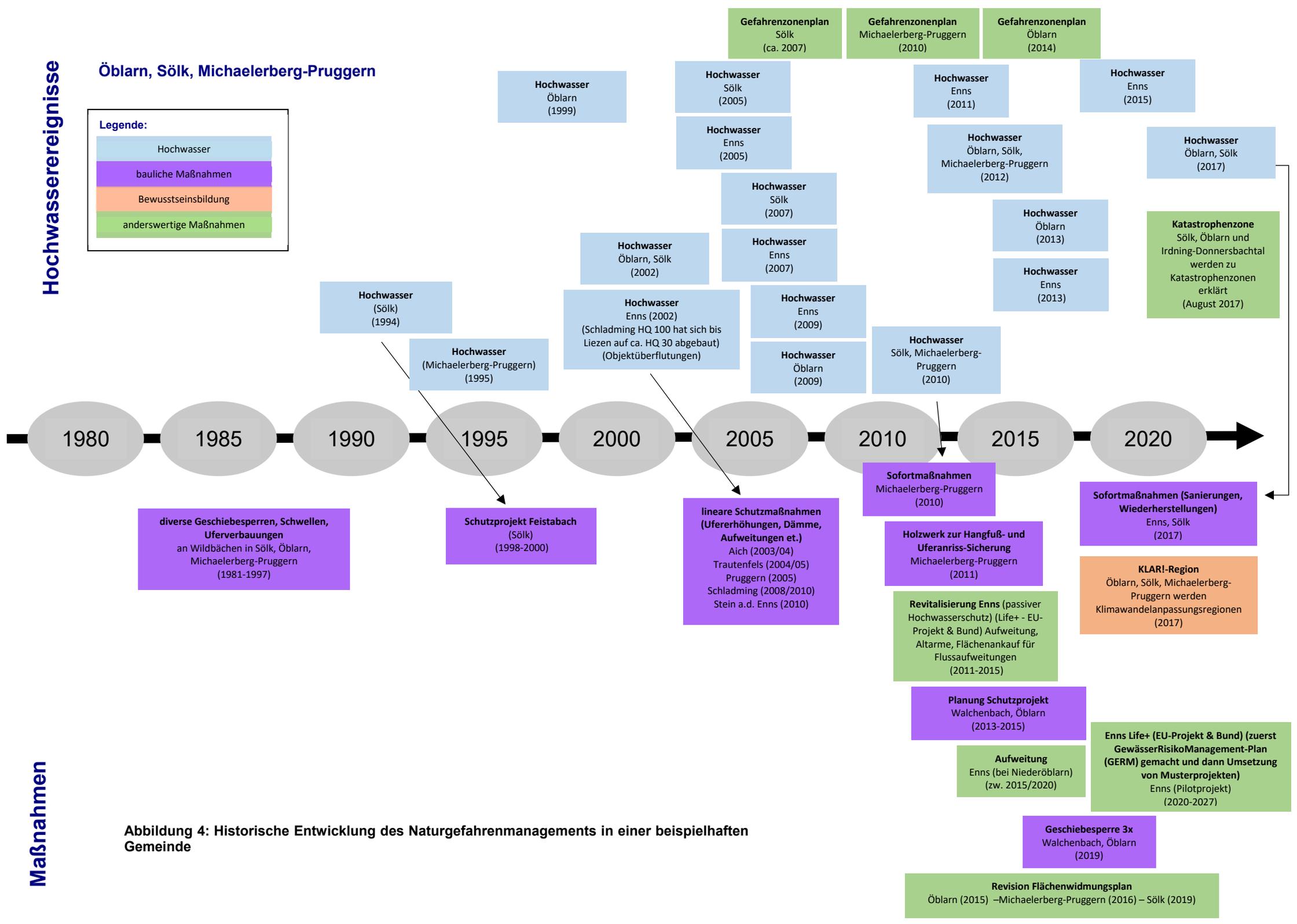


Abbildung 4: Historische Entwicklung des Naturgefahrenmanagements in einer beispielhaften Gemeinde

**Gefahrenzonenplan**  
Sölk  
(ca. 2007)

**Gefahrenzonenplan**  
Michaelerberg-Pruggern  
(2010)

**Gefahrenzonenplan**  
Öblarn  
(2014)

**Hochwasser**  
Öblarn  
(1999)

**Hochwasser**  
Sölk  
(2005)

**Hochwasser**  
Enns  
(2011)

**Hochwasser**  
Enns  
(2015)

**Hochwasser**  
Enns  
(2005)

**Hochwasser**  
Öblarn, Sölk,  
Michaelerberg-Pruggern  
(2012)

**Hochwasser**  
Öblarn, Sölk  
(2017)

**Hochwasser**  
Sölk  
(2007)

**Hochwasser**  
Öblarn  
(2013)

**Katastrophenzone**  
Sölk, Öblarn und  
Irdning-Donnersbachtal  
werden zu  
Katastrophenzonen  
erklärt  
(August 2017)

**Hochwasser**  
Enns  
(2007)

**Hochwasser**  
Enns  
(2013)

**Hochwasser**  
Öblarn, Sölk  
(2002)

**Hochwasser**  
Enns (2002)  
(Schladming HQ 100 hat sich bis  
Liezen auf ca. HQ 30 abgebaut)  
(Objektüberflutungen)

**Hochwasser**  
Enns  
(2009)

**Hochwasser**  
(Sölk)  
(1994)

**Hochwasser**  
(Michaelerberg-Pruggern)  
(1995)

**Hochwasser**  
Enns  
(2009)

**Hochwasser**  
Sölk, Michaelerberg-  
Pruggern  
(2010)

1980

1985

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

**diverse Geschiebesperren, Schwellen,  
Uferverbauungen**  
an Wildbächen in Sölk, Öblarn,  
Michaelerberg-Pruggern  
(1981-1997)

**Schutzprojekt Feistabach**  
(Sölk)  
(1998-2000)

**lineare Schutzmaßnahmen**  
(Ufererhöhungen, Dämme,  
Aufweitungen et.)  
Aich (2003/04)  
Trautenfels (2004/05)  
Pruggern (2005)  
Schladming (2008/2010)  
Stein a. d. Enns (2010)

**Sofortmaßnahmen**  
Michaelerberg-Pruggern  
(2010)

**Holzwerk zur Hangfuß- und  
Uferanriss-Sicherung**  
Michaelerberg-Pruggern  
(2011)

**Revitalisierung Enns** (passiver  
Hochwasserschutz) (Life+ - EU-  
Projekt & Bund) Aufweitung,  
Altarme, Flächenankauf für  
Flussaufweitungen  
(2011-2015)

**Sofortmaßnahmen (Sanierungen,  
Wiederherstellungen)**  
Enns, Sölk  
(2017)

**KLAR!-Region**  
Öblarn, Sölk, Michaelerberg-  
Pruggern werden  
Klimawandelanpassungsregionen  
(2017)

**Planung Schutzprojekt**  
Walchenbach, Öblarn  
(2013-2015)

**Aufweitung**  
Enns (bei Niederöblarn)  
(zw. 2015/2020)

**Enns Life+ (EU-Projekt & Bund) (zuerst  
GewässerRisikoManagement-Plan  
(GERM) gemacht und dann Umsetzung  
von Musterprojekten)**  
Enns (Pilotprojekt)  
(2020-2027)

**Geschiebesperre 3x**  
Walchenbach, Öblarn  
(2019)

**Revision Flächenwidmungsplan**  
Öblarn (2015) –Michaelerberg-Pruggern (2016) – Sölk (2019)

**Tabelle 2: Ausschnitt einer historischen Entwicklung des Naturgefahrenmanagements der KLAR!-Region**

Jahr	Adaptation pathways	Hazard pathways
2014	(April bis Juni)Gröbming: Beschluss zur Revision des Flächenwidmungsplans	21.06., Walchenbach: Wegschwemmung eines Steges und Beschädigungen diverser Uferbefestigungen
2015	Gemeindestrukturereform	21.07., Walchenbach: Vergleichsweise geringe Ausmaße durch Verbauungswirkung (Schäden im Gerinne selbst)
	Mai, Öblarn: Neuer Gefahrenzonenplan für Öblarn durch WLV in Liezen	Walchenbach: Starkes Hochwasserereignis
	Fertigstellung von Projekt Walchenbach und Einreichung zur Finanzierung und Genehmigung durch das BMLF	Sattentalbach: Starkes Hochwasserereignis
	Fertigstellung bzw. Abschluss von Projekt LIFE+ "Flusslandschaftsentwicklung Enns"	Juni, Öblarn: Hochwasser der Enns und Vermurungen im Walchental, Einschluss von Personen, die ausgeflogen werden mussten
	Mai, Michaelerberg-Pruggern: Ankündigung Geschiebesperre in Tunzendorf herzurichten, da in diesem Bereich eine wichtige Wasserversorgungsanlage für Tunzendorf besteht. Kosten 12.000 Euro	21.07., Walchenbach: Vergleichsweise geringe Ausmaße durch Verbauungswirkung (Schäden im Gerinne selbst)
	März, Gröbming: Startveranstaltung zur Hochwasserfreistellung des Gröbmingbachs. Die EU-Hochwasserrichtlinie fordert, dass umfassende Maßnahmenprogramme zur Reduktion der Hochwasserrisiken vorgelegt werden.	
	Oktober, Öblarn: Durch Gemeindefusion Einleitung zur Revision des Flächenwidmungsplanes	

<b>2016</b>	18.07., Michaelerberg-Pruggern: Beschluss der Revision Flächenwidmungsplan 1.0 der Neugemeinde, da Altgemeinde Michaelerberg und Pruggern eine Nichtdurchführung des FWP1 4.0 beschlossen hatte	
	Mitterberg-St. Martin: Durch Gemeindefusion Beschluss zur Revision des Flächenwidmungsplanes	
	22. Februar, Gröbming: Auflage des Entwurfs der Revision des Flächenwidmungsplan 4.0	
<b>2017</b>	Mai: KLAR! Projektbeginn, Michaelerberg-Pruggern, Öblarn und Sölk werden KLAR! Klimawandelanpassungsregionen	Plöschmitzbach, St. Nikolai: Unwetter haben zu Verwüstungen geführt
	Freigabe der finanziellen Mittel für Verbauungsprojekt Walchenbach	04. und 05. August, Öblarn (Walchenbach), Sölk und Irdning-Donnersbachtal: Nach Unwettern und lokalen Starkniederschlägen werden die Gemeinden zu Katastrophenzonen erklärt
<b>2018</b>	März, Mitterberg- St. Martin: Vorbereitung von Hochwasserfreistellung im Bereich Tipschern NORD und SÜD	Planung von Hochwasserfreistellung im Gröbmingbach (geplant 2018 bis 2030)
	17.10., Aich: Vorstellung des Entwurfes des Flächenwidmungsplanes 1.0 für die Gemeinde Aich nach der Gemeindestrukturreform 2015 und der Zusammenführung der Gemeinden Aich und Gössenberg	
	Bachverbauungen und Verrohrungen in Tipschern NORD/SÜD, um den nahezu jährlichen Überschwemmungen in der Gegend entgegenzuwirken	
<b>2019</b>	April, Öblarn: Informationsveranstaltung "Selbstschutz Hochwasser"	

	September, Sölk: Beschluss zur Änderung des Flächenwidmungsplans	
	März Michaelerberg-Pruggern: Informationsveranstaltung "Selbstschutz Hochwasser"	
	Öblarn: Fertigstellung zweier Geschiebesperren	
	August, FF Öblarn und FF Mößna-St.Nikolai: Anschaffung einer Schlammpumpe, FF Pruggern Nasssauger samt Schläuche	
<b>2020</b>	Mai, Irdning-Donnersbachtal: Fertigstellung und Auflage des Gefahrenzonenplans der WLV	

Neben der historischen Entwicklung wurden in den Interviews erfolgte ein Stakeholdermapping mit der Frage wer ist für welche Aktivitäten im Hochwasserrisikomanagement verantwortlich ist bzw. wer wesentliche Ansprechpersonen der Gemeinden sind (Beispiel ein detaillierte Darstellung der aktuellen Akteurslandschaft im Hinblick auf dem Planungsprozess bzw. Katastrophenfall vor siehe Abbildung 5). Damit sollte ersichtlich werden, welche Akteure im österreichischen Naturgefahrenmanagement aktiv sind und wer welche Rolle hat. Das Netzwerk wurde aus der Sicht der Gemeinde errichtet, wobei die verschiedene Kreise die Wichtigkeit für die Gemeinde darstellen; der innere Kreis steht für höhere Relevanz, während der äußere Kreis eine geringere, aber nicht zu vernachlässigende Bedeutung im Naturgefahrenmanagement hat, wie z.B. ÖBB, Asfinag, Landespolitik bis hin zu externen Finanzierungsmöglichkeiten (z.B. ländliche Entwicklungsprogramme).

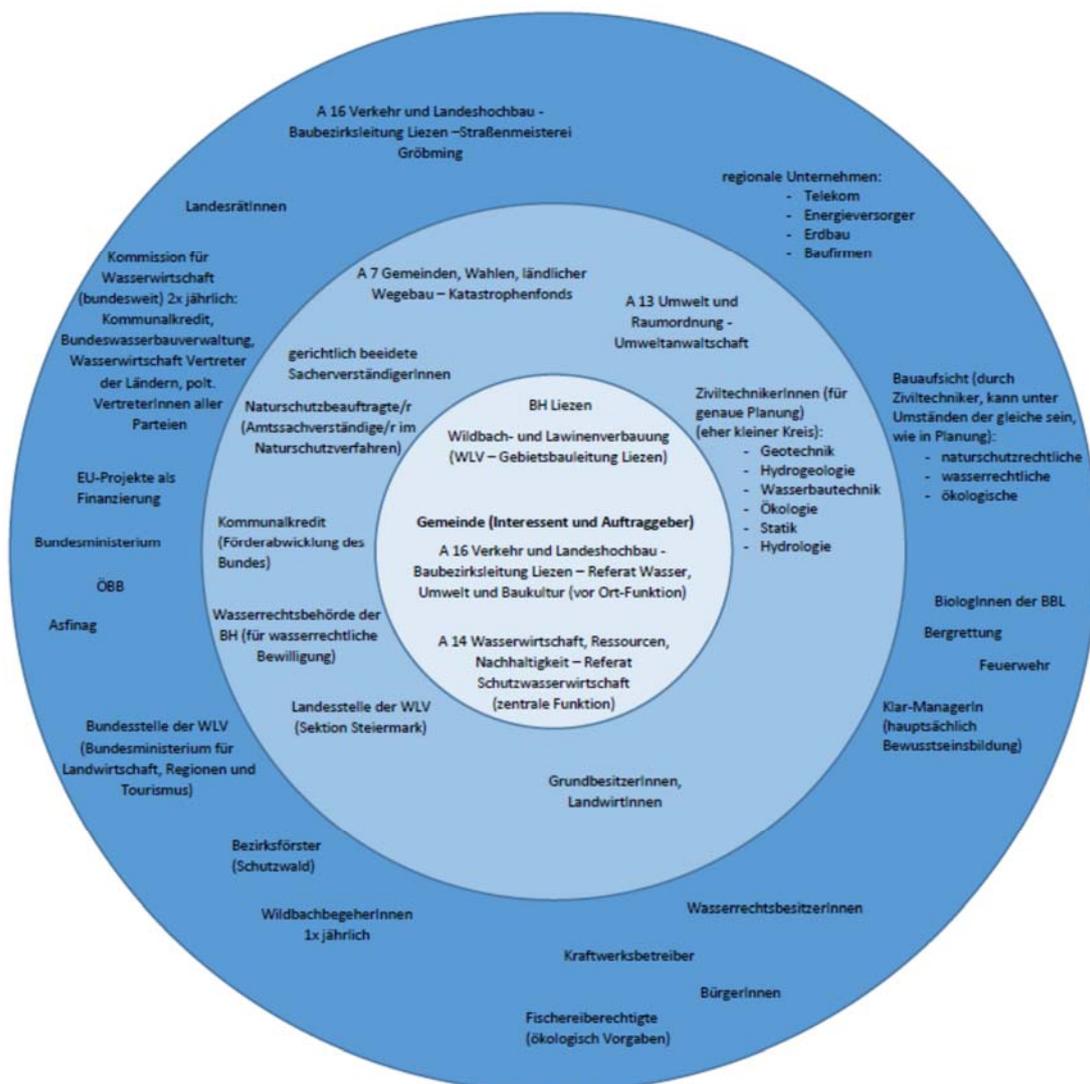


Abbildung 5: Beispiel für eine Akteurslandschaft im Planungsprozess

### Arbeitspaket 3:

Das Arbeitspaket 3 beschäftigte sich mit der Entwicklung von Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement. Dies wurden anhand eines Workshops ermittelt. Die Erstellung von gemeinsamen Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement baut auf den Ergebnissen eines „Vorsorgechecks Naturgefahren im Klimawandel“ auf, in dem intensiv die aktuelle und zukünftige Risikolage der Gemeinde besprochen wurde. Die Durchführung eines Naturgefahrenchecks oder eines ähnlich umfassenden Inventars ist daher Voraussetzung für die Erarbeitung von Anpassungspfaden. Schritt eins in diesem Leitfadens sieht dann das Erstellen einer qualitativen Systemlandkarte (Hanger-Kopp und Karabaczek 2022) auf Basis des Naturgefahrchecks vor.

Um die Ergebnisse dieses Naturgefahrenchecks klar zu veranschaulichen und für die weitere Verwendung in der Entwicklung von Anpassungspfaden aufzubereiten, sollte eine System- und Risikolandkarte erstellt werden. Diese Darstellungsform unterstützt die Gemeinde, nach dem Naturgefahrencheck nochmals darüber zu reflektieren, wo die Gemeinde bereits gut aufgestellt ist und wo noch Verbesserungspotential liegt. Am Beispiel in Abbildung 6 erkennt man deutlich, dass die Gemeinde im Bereich des Hochwasserrisikomanagements bereits zahlreiche Maßnahmen umgesetzt bzw. Strategien entwickelt hat, während sie im Umgang mit den für die Gemeinde noch „neueren“ klimabedingten Risiken wie Hitze, Trockenheit, Hagel, Frühjahresfrost noch eher am Anfang steht. Auch werden die einzelnen Risiken vorwiegend isoliert voneinander betrachtet und gemanagt und weniger in einem gemeinsamen Kontext beobachtet. Diese systemische Analyse soll als Chance gesehen werden, um herauszufinden, an welcher Stelle in Zukunft eine weitere Risikoanalyse notwendig sein wird und verstärkt Maßnahmen – auch risikoübergreifend – gesetzt werden sollten.

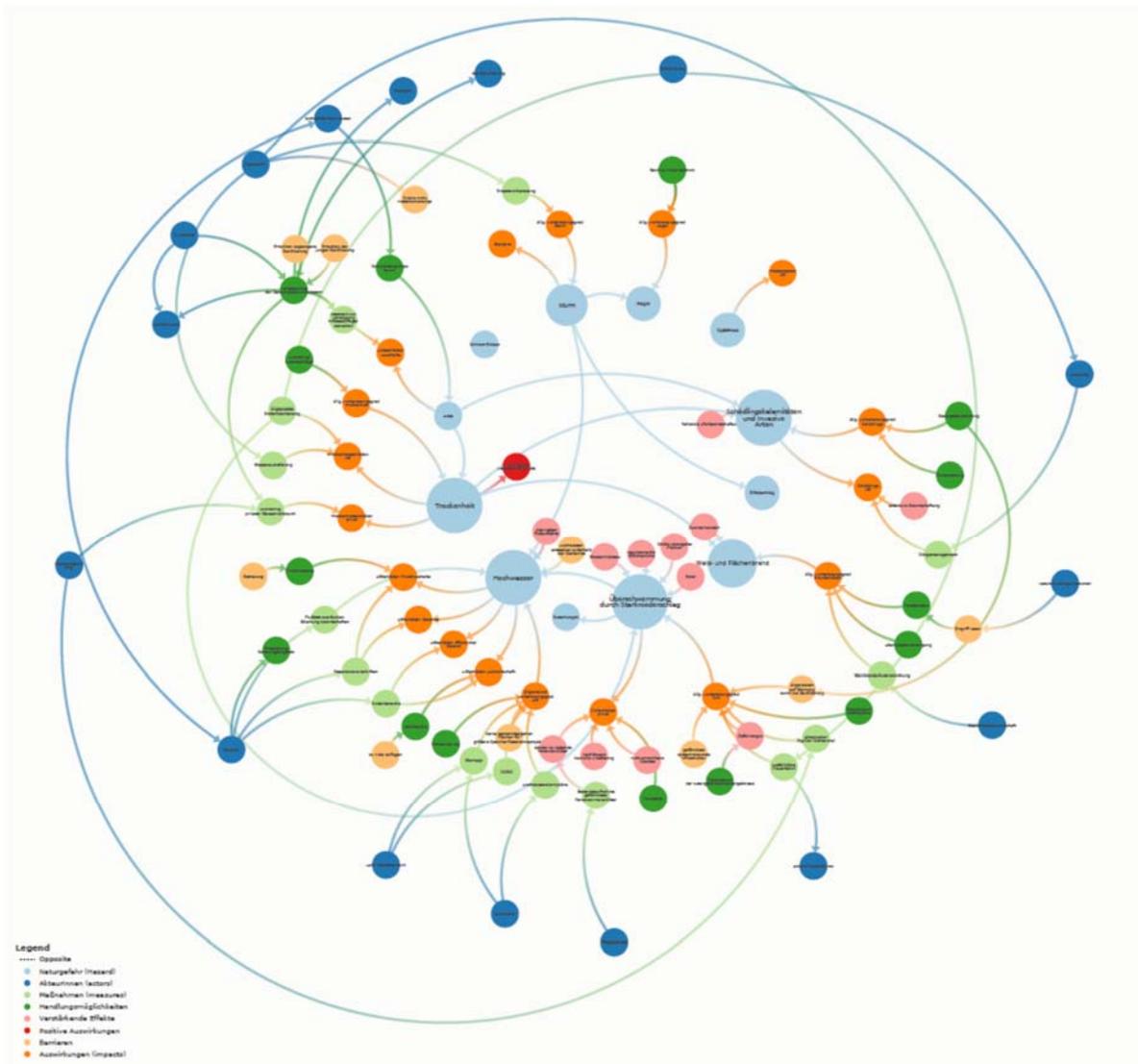


Abbildung 6a: System- und Risikolandkarte am Beispiel einer österreichischen Gemeinde

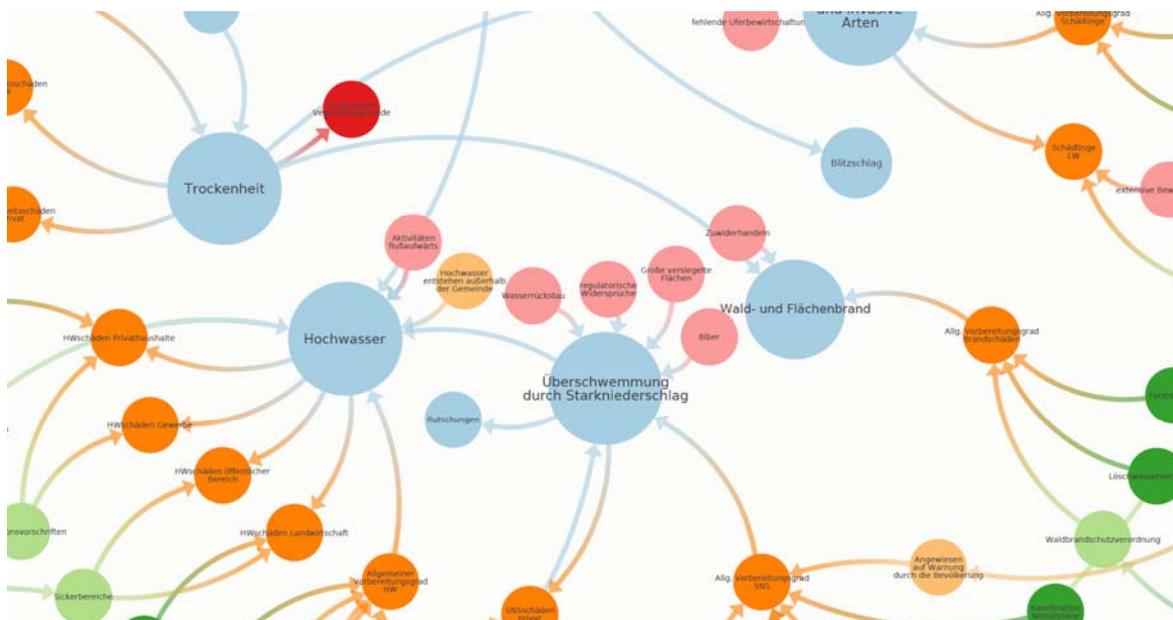


Abbildung 6b: Ausschnitt einer System- und Risikolandkarte am Beispiel einer Gemeinde

Diese Risikolandkarte wird von innen nach außen gelesen werden. Die hellblauen Kreise entsprechen die einzelnen Naturgefahren im Zusammenspiel mit der Exposition und Vulnerabilität von Menschen und Infrastruktur zu einem Risiko für die Gemeinde werden können. Die orangen Elemente visualisieren die möglichen negativen Auswirkungen dieser Risiken auf die jeweilige Gemeinde. Dunkelrote Elemente zeigen mögliche positive Auswirkungen. Die hellroten Kreise wiederum stellen Effekte dar, die die negativen Auswirkungen noch verstärken könnten. Die hellgrünen Kreise stellen bereits gesetzte Maßnahmen dar, während die dunkelgrünen Elemente zukünftige Handlungsmöglichkeiten widerspiegeln, die im Rahmen des Naturgefahrenchecks angesprochen wurden. Die hellorangenen Kreise weisen auf mögliche Barrieren, wie z.B. Zuständigkeitsfragen oder finanzielle Restriktionen in der Umsetzung von Risikomanagement Maßnahmen hin. Die dunkelblauen Elemente zeigen konkrete Akteur\*innen, die in der Umsetzung einzelner Maßnahmen involviert sind.

Die Karte ist eine Visualisierung des Status Quo, gibt aber keine Aufschlüsse darüber wie die Gemeinde diesen Zustand erreicht hat. Auch im Naturgefahrencheck wurde diese historische Entwicklung nur gestreift. Ebenso geben die Karte und der Naturgefahrencheck nur eingeschränkt Auskunft über die Zukunft, indem sie zusätzlich mögliche Maßnahmen auflistet (dunkelgrüne Kreise). Was konkret von wem zu tun wäre, um diese Maßnahmen umzusetzen, bleibt noch offen. Hier kann es relevant sein, auf mögliche Wechselwirkungen zwischen einzelnen Maßnahmen über Risikokategorien hinweg einzugehen. Z.B.: können längere Trockenperioden über die Sommermonate Hangwasserereignisse im Herbst verstärken, u.a. weil durch diese Trockenperioden insbesondere Böden betroffen sind und sogar bei gleichen Regenmengen (aber mit unterschiedlicher Intensität) die Wasseraufnahme nicht mehr möglich ist und dadurch verstärkt Rutschungen auftreten können. Längere Trockenperioden können zu einem verstärkten Auftreten von Waldschäden führen, u.a. durch eine Steigerung des Borkenkäferproblems. Damit nimmt auch die Schutzfunktion des Waldes gegenüber zukünftigen Naturgefahrenereignissen ab.

## 7 Arbeits- und Zeitplan

Das Projekt pathways startete im November 2019 und endete mit März 2022 (Laufzeit 29 Monate). Vom Ablauf her gliederte es sich in 4 miteinander verschränkte Arbeitspakete (WPs) (siehe Abbildung unten). Jedem WP unterlagen Tasks, welche zentrale Arbeits- und Methodenschritte beschreiben. Über die gesamte Projektlaufzeit regelte das Projektmanagement (WP5) den administrativen Ablauf, die Koordination (intern wie extern), Kommunikation mit den Auftraggeber sowie Einhaltung von Fristen und Abgabe von Berichten. WP1 bis WP3 waren der methodische und analytische Kern des Projekts.

	Project months																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<b>1. Developing conceptual framework for past and future adaptation pathways</b>																													
1.1. Literature review																													
1.2. Conceptual framework (MS 1.1)													X																
<b>2. Identifying past decision points and reconstructing taken and not taken pathways</b>																													
2.1. Qualitative semi-structured interviews																													
2.2. Archival research on hazard and adaptation pathways																													
2.3. Report on past adaptation pathways (MS 2.1)																													
<b>3. Designing future pathways</b>																													
3.1. Accomplishment of local workshops at the local level																													
3.2. Empirical assessment of workshops																													
3.3. Report on results of future pathways (MS 3.1)																													
<b>4. Dissemination and communication strategy</b>																													
4.1. Dissemination plan																													
4.2. Project website																													
4.3. Scientific dissemination																													
4.4. Testing and validating the handbook (MS 4.1)																													
4.5. Continuous stakeholder involvement																													
<b>5. Project management and coordination</b>																													
5.1. Coordination of the project, start of the project (MS 5.1)		X																											
5.2. Progress meetings and regular telephone conferences																													
5.3. Participation at ACRP activities																													
5.4. Project end (MS 5.2)																													

Note: MS = Milestone

## 8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Alle Publikationen sind auf der Webseite <https://pathways.joanneum.at> verfügbar.

Wissenschaftliche Publikationen / Veröffentlichungen	
<i>Autoren, Titel</i>	<i>Verfügbar unter</i>
Susanne Hanger-Kopp, Thomas Thaler, Sebastian Seebauer, Thomas Schinko, Christoph Clar (2022): Defining and operationalizing path dependency for the development and monitoring of adaptation pathways.	Global Environmental Change, 72: 102425. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2021.102425.
Sebastian Seebauer, Thomas Thaler, Susanne Hanger-Kopp, Thomas Schinko (2022): How path dependency manifests in flood risk management in mountain regions: Observations from four decades in the Ennstal and Aist catchments in Austria	Working Paper
Thomas Thaler, Paul Hudson, Christophe Viavattene, Colin Green (2022): Natural flood management: challenges and potential to implement nature-based solution on private-owned land.	Working Paper
Thomas Thaler, Edmund Penning-Rowsell (2022): Breaking the mould: Niche-experiments responses to growing flood risk based on examples from Austria.	Working Paper
Wissenschaftliche Konferenzen und Tagungen	
<i>Autoren, Titel</i>	<i>Präsentiert bei</i>
Christoph Clar, Susanne Hanger-Kopp, Thomas Schinko, Sebastian Seebauer, Thomas Thaler (2021): Adaptation pathways and path dependencies: Insights into past and future decision-making in flood risk management.	FLOODrisk 2021: 4rd European Conference on Flood Risk Management – Science and practice for an uncertain

	future. 21-25 June, virtual event.
Susanne Hanger-Kopp, Thomas Thaler, Sebastian Seebauer, Thomas Schinko, Christoph Clar (2022): Defining and operationalizing path dependency for planning integrated disaster risk management at the municipal level.	22. Österreichischer Klimatag, 20-22 April, Vienna, Austria.
Thomas Thaler, Christoph Clar, Susanne Hanger-Kopp, Thomas Schinko, Sebastian Seebauer (2020): Strategic decision-making in climate risk management: designing local adaptation pathways.	ACRP-Qualitätssicherung des Österreichischen Klimatags 2020 & 2021, 04 September 2020
Thomas Thaler, Christoph Clar, Susanne Hanger-Kopp, Thomas Schinko, Sebastian Seebauer (2022): Identifying policy solutions to manage residual risk: the use of adaptation pathways in Austrian flood risk management.	Inquimus Workshop. 30-31 March, Laxenburg, Austria.
Thomas Thaler, Philipp Babicky, Christoph Clar, Thomas Schinko, Sebastian Seebauer (2020): Learning from the past for strategic decision-making in climate risk management: Connecting historic and future adaptation pathways.	European Geosciences Union, General Assembly 2020. 03-08 May, online conference.
Thomas Thaler, Sebastian Seebauer, Alina Lückl (2021): Mapping the characteristics and conditions of path dependency: Re- and deconstructing the 1980–2020 flood risk management in the Aist and Enns river regions in Austria.	Second International Conference on Natural Hazards and Risks in a Changing World 2021. 5-6 October, Potsdam, Germany.
Thomas Thaler, Sebastian Seebauer, Alina Lückl (2021): Path dependency and risk perception of decision-makers, de- and reconstructing the 1980-2020 flood risk management in Austria.	Risk Perception SoS Webinar Series. 02 June, virtual event.
Thomas Thaler, Susanne Hanger-Kopp, Alina Lückl, Thomas Schinko, Sebastian Seebauer, Christoph Clar (2020): Lernen von der Vergangenheit, um die Zukunft zu gestalten: Anpassungspfade als strategisches Instrument für das österreichische Hochwasserrisikomanagement.	Disaster Research Day 2020. 13-22 October, online conference.
Thomas Thaler, Sven Fuchs (2021): Local innovations in flood hazard risk management in the past 10 years: the potential of upscaling niche developments to reduce institutional vulnerability in Austria.	NEEDS 2021 – the fifth edition of the Northern European Conference on Emergency and Disaster Studies. 21-23 September, virtual event.
<b>Weitere Disseminierungsaktivitäten</b>	
Thomas Thaler, Sebastian Seebauer, Thomas Schinko, Susanne Hanger-Kopp (2022): Gestaltung von Anpassungspfade im Klimarisikomanagement.	Leitfaden für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger

## 9 Literatur

- Arthur, B.W. (1989). Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, 99(394): 116-131.
- Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E., ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23(2): 485-498.
- Habersack, H., Bürgel, J., Petraschek, A. (2004). Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 – Floodrisk, Synthese. Wien: Eigenverlag Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Hanger-Kopp, S., Thaler, T., Seebauer, S., Schinko, T., Clar, C. (2022). Defining and operationalizing path dependency for the development and monitoring of adaptation pathways. *Global Environmental Change*, 72: 102425. *Global Environmental Change*, 72: 102425.
- Hanger-Kopp, S., Karabczek, V. (2022). Integrating knowledge in qualitative system maps. *WaterStressAT Deliverable 2.1*. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Hübl, J., Beck, M. (2018). Ereignisdokumentation 2017 Detailberichte Salzburg und Steiermark. IAN Report 192. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wildbach- und Lawienverbauung.
- Löschner, L., Herrnegger, M., Apperl, B., Senoner, T., Seher, W., Nachtnebel, H.-P. (2017). Flood risk, climate change and settlement development: a micro-scale assessment of Austrian municipalities. *Regional Environmental Change*, 17: 311-322.
- Mochizuki, J., Schinko, T., Hochrainer-Stigler, S. (2018). Mainstreaming of climate extreme risk into fiscal and budgetary planning: application of stochastic debt and disaster fund analysis in Austria. *Regional Environmental Change*, 18: 2161-2172.
- Nordbeck, R., Steurer, R., Löschner, L. (2019). The future orientation of Austria's flood policies: from flood control to anticipatory flood risk management. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(11): 1864-1885.
- North, D.C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance. Political economy of institutions and decisions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Parsons, M., Nalau, J., Fisher, K., Brown, C. (2019). Disrupting path dependency: Making room for Indigenous knowledge in river management. *Global Environmental Change*, 56: 95-113.
- Vergne, J.-P., Durand, R. (2010). The missing link between the theory and empirics of path dependence: Conceptual clarification, testability issue, and methodological implications. *Journal of Management Studies*, 47: 736-759.



Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.