



Gestaltung von Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement

Leitfaden für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger

Version 4.0, 27. Juni 2022



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-4.0 International License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen des Forschungsprojektes pathways „Strategic decision-making in climate risk management: designing local adaptation pathways“ erstellt. pathways wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Austrian Climate Research Programme durchgeführt (Projektnummer: B960201).

Für den Inhalt verantwortlich:

Dr. Thomas Thaler

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Alpine Naturgefahren

Dr. Sebastian Seebauer

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, LIFE – Institut für Klima, Energie und Gesellschaft

Dr. Thomas Schinko und Dr. Susanne Hanger-Kopp

Internationales Institut für angewandte Systemanalyse (IIASA) – Population & Just Societies Program, Equity & Justice Research Group

Dipl.-Ing. Hans Starl und Dipl.-Ing. Mathias Laudacher

EPZ - Elementarschaden Präventionszentrum

Zusammenfassung

Entscheidungen im lokalen Management von klimabedingten Risiken, wie z.B. im Hochwasserrisikomanagement, erfolgen regelmäßig sehr rasch nach einem Ereignis, u.a. auch aufgrund massiven Drucks der lokalen Bevölkerung. Dabei werden meist Maßnahmen umgesetzt, die allgemein bekannt sind und dem Stand der Technik entsprechen. Diese singulären und sich an der Vergangenheit orientierenden Entscheidungen führen aber dazu, dass sich das Schadenspotential in den Gemeinden und Regionen meist weiterentwickelt und den zukünftigen Herausforderungen im Risikomanagement aufgrund des Klimawandels nur unzureichend genügt. Deshalb ist es wichtig, aktuelle Pfadabhängigkeiten frühzeitig zu erkennen und eine Entkoppelung davon zu erzielen. Nur so kann ein antizipatives Klimarisikomanagement umgesetzt und verstetigt werden, welches auch über einzelne klimabedingte Risiken hinweg agiert.

Der Leitfaden „Gestaltung von Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement“ dient als mögliche Erweiterung des „Vorsorgechecks Naturgefahren im Klimawandel“, welcher den Status Quo aller in einer Gemeinde möglichen Naturgefahren abhandelt. Dieser Leitfaden richtet sich somit vorrangig an jene österreichischen Gemeinden, die entweder bereits einen solchen „Naturgefahrencheck“ absolviert haben oder dies in Zukunft noch vorhaben. Der Leitfaden schlägt fünf konkrete Schritte vor, um im Anschluss an die Methodik des Naturgefahrenchecks (1) das Bewusstsein für die Zusammenhänge zwischen einzelnen klimabedingten Risiken zu schärfen, (2) aus den bisher gemachten Erfahrungen im Naturgefahrenmanagement für die „neuen“ Risiken zu lernen und (3) gemeinsam konkrete Maßnahmen zu entwerfen und nächste Umsetzungsschritte zu definieren, wie diese Risiken in Zukunft zusammen gedacht und proaktiv angegangen werden können. Der Leitfaden ist so aufgebaut, dass bei Bedarf auch jeder Schritt als einzelnes gesondertes Erweiterungsmodul für den „Vorsorgechecks Naturgefahren im Klimawandel“ dienen kann.

1. Einleitung

Die jüngsten Überflutungen als Folge von Hochwasserereignissen oder kurzzeitigen Starkregen 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.

2. Anpassungspfade im Klimarisikomanagement

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.

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. Abbildung 1 stellt exemplarisch die Wechselwirkungen verschiedener Anpassungspfade dar.

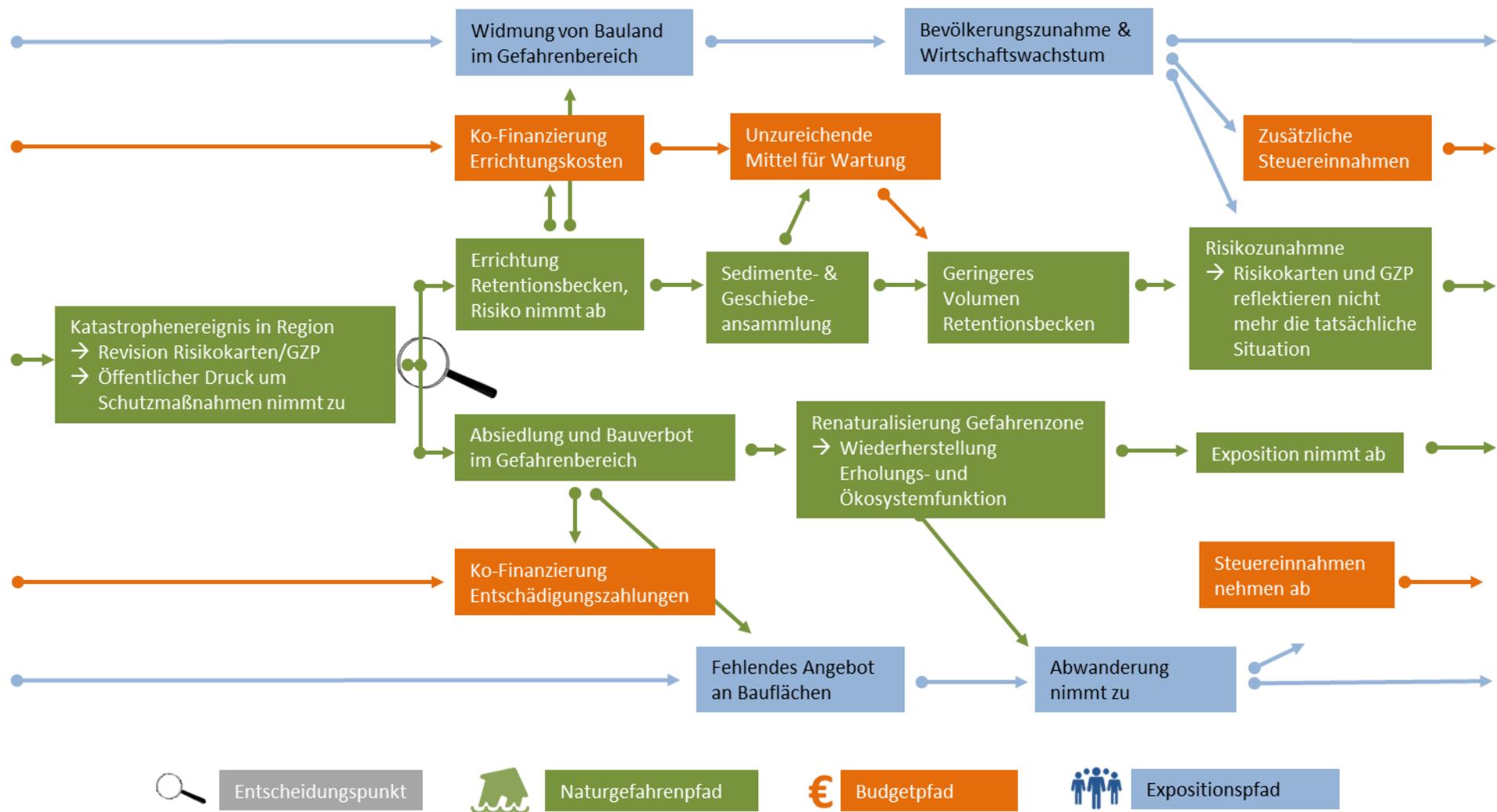


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der Folgewirkungen in den Anpassungspfaden Rückhaltebecken versus Absiedlung

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.

Mechanismen von Pfadabhängigkeit

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.

3. Schritte für die Erstellung von Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement

Existierende Ansätze für die Entwicklung von Anpassungspfaden und Szenarien sind sehr umfassende ressourcen-intensive Prozesse, die nur mit entsprechenden finanziellen Mitteln und externer Begleitung durchgeführt werden können.

Solche umfassenden Prozesse basierend auf systemischem Denken möchten wir in jedem Fall empfehlen, uns ist aber bewusst, dass diese praktisch nicht immer leistbar sind. Deshalb schlagen wir einen vereinfachten Prozess vor, der die wichtigsten Elemente dieser Ansätze hervorhebt und mit dessen Hilfe Anpassungspfade skizziert werden können. Der Leitfaden beinhaltet 5 Schritte (Abbildung 2) wobei die Schritte 1 bis 4 die wichtigsten Grundlagen geschaffen werden, um in Schritt 5 Anpassungspfade zu gestalten.

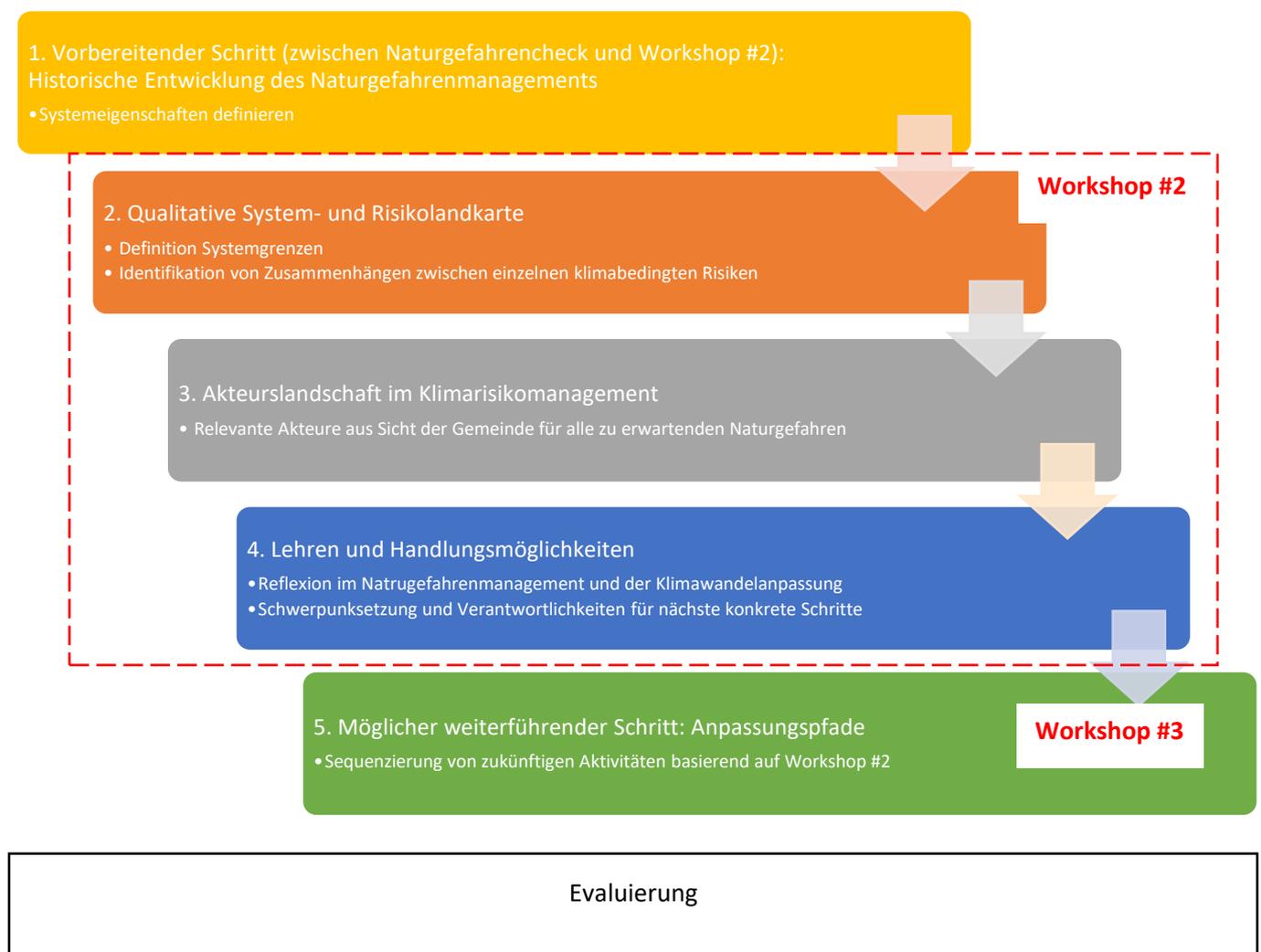


Abbildung 2: Übersicht der einzelnen Module

3.1. Schritt 1: Historische Entwicklung des Naturgefahrenmanagements in der Gemeinde

Der erste Schritt stellt eine historische Analyse der Gemeinde bzw. Region dar, welche Maßnahmen bzw. Ereignisse in der Region stattfanden, wie z.B. Anzahl von Schutzmaßnahmen die in den letzten 10-20 Jahren errichtet wurden oder die Anzahl von Naturgefahrenereignisse (siehe Beispiel Abbildung

3). Wichtige Informationsquellen stellen dabei die Gemeindechroniken, Gemeindeprotokolle, der Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) der WLW, Ereignisdokument der Freiwilligen Feuerwehr, Zeitungsberichte sowie Zeitzeugen dar. Seit den 1920er Jahren wurden in Österreich verstärkt Maßnahmen zur Vorbeugung von Hochwasserereignissen umgesetzt. Vergleicht man den Errichtungszeitpunkt von neuen Schutzbauwerken in der Region mit dem Auftreten von Hochwasserereignissen, dann ist zu erkennen, dass die meisten Bauwerke als direkte Reaktion auf Ereignisse errichtet wurden. Der jeweilige Verbauungstyp stellt meist den Stand der aktuellsten Technik der jeweiligen Zeit dar. Es spielen vor allem schwere Naturkatastrophen eine entscheidende Rolle als Auslöser für die 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. Die historischen Erkenntnisse bilden dabei einen fruchtbaren Ausgangspunkt für eine gemeinsame Gestaltung zukünftiger Risikomanagementpfade, die gemeinsam mit den wichtigsten Interessengruppen diskutiert und im Planungsprozess mitberücksichtigt werden können. Dieser Arbeitsschritt soll von der Gemeinde vor dem zweiten Workshop durchgeführt werden.

Öblarn, Sölk, Michaelerberg-Pruggern

Hochwasserereignisse

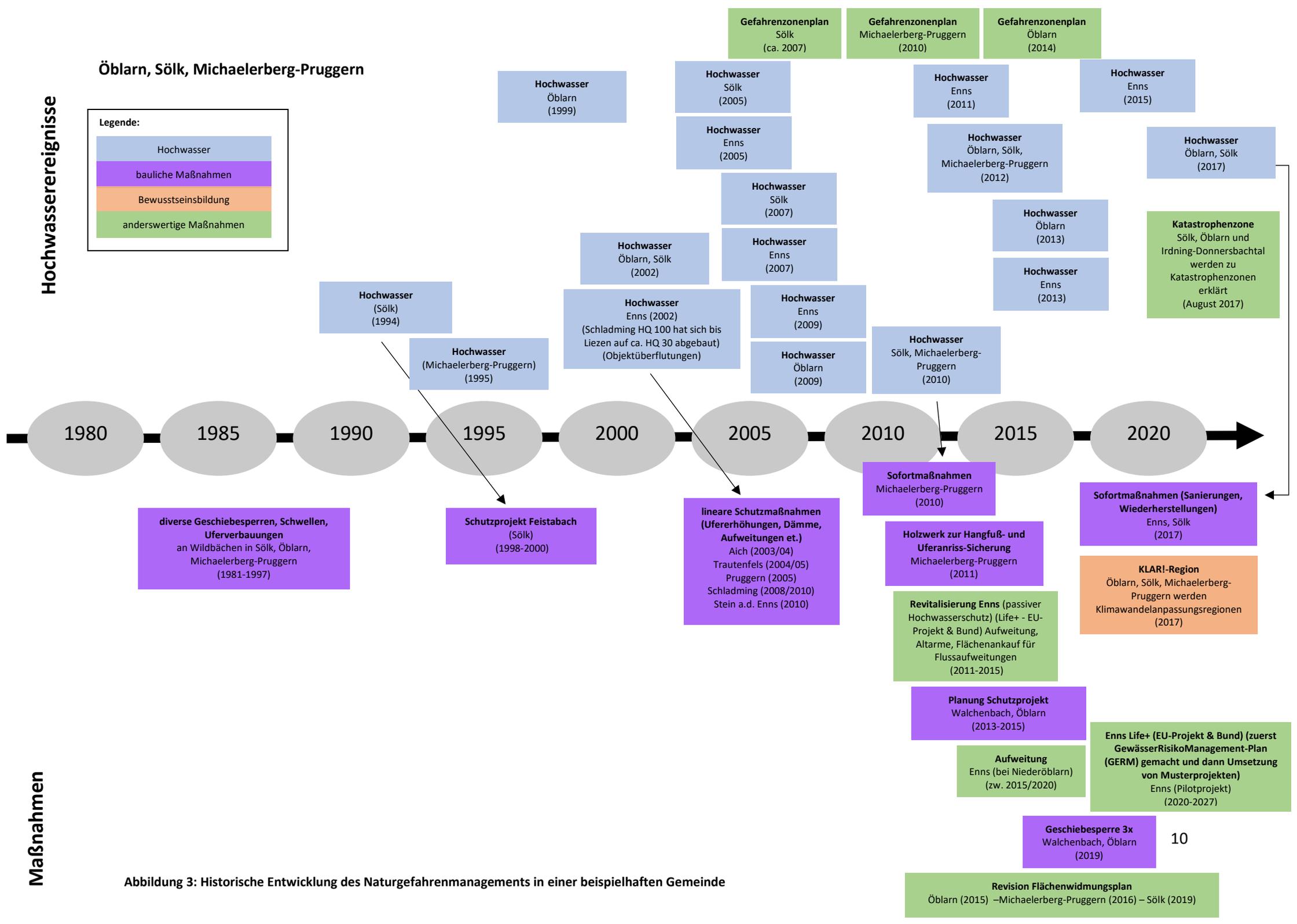


Abbildung 3: Historische Entwicklung des Naturgefahrenmanagements in einer beispielhaften Gemeinde

Maßnahmen

3.2. Schritt 2: Erstellung der qualitativen Systemlandkarte

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 Naturgefahrenchecks 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 (siehe Abbildung 3). 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 4 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 bzw. um die oftmals vorhandenen Synergien von Maßnahmen zu verstehen und in weiterer Folge auch nutzen zu können.

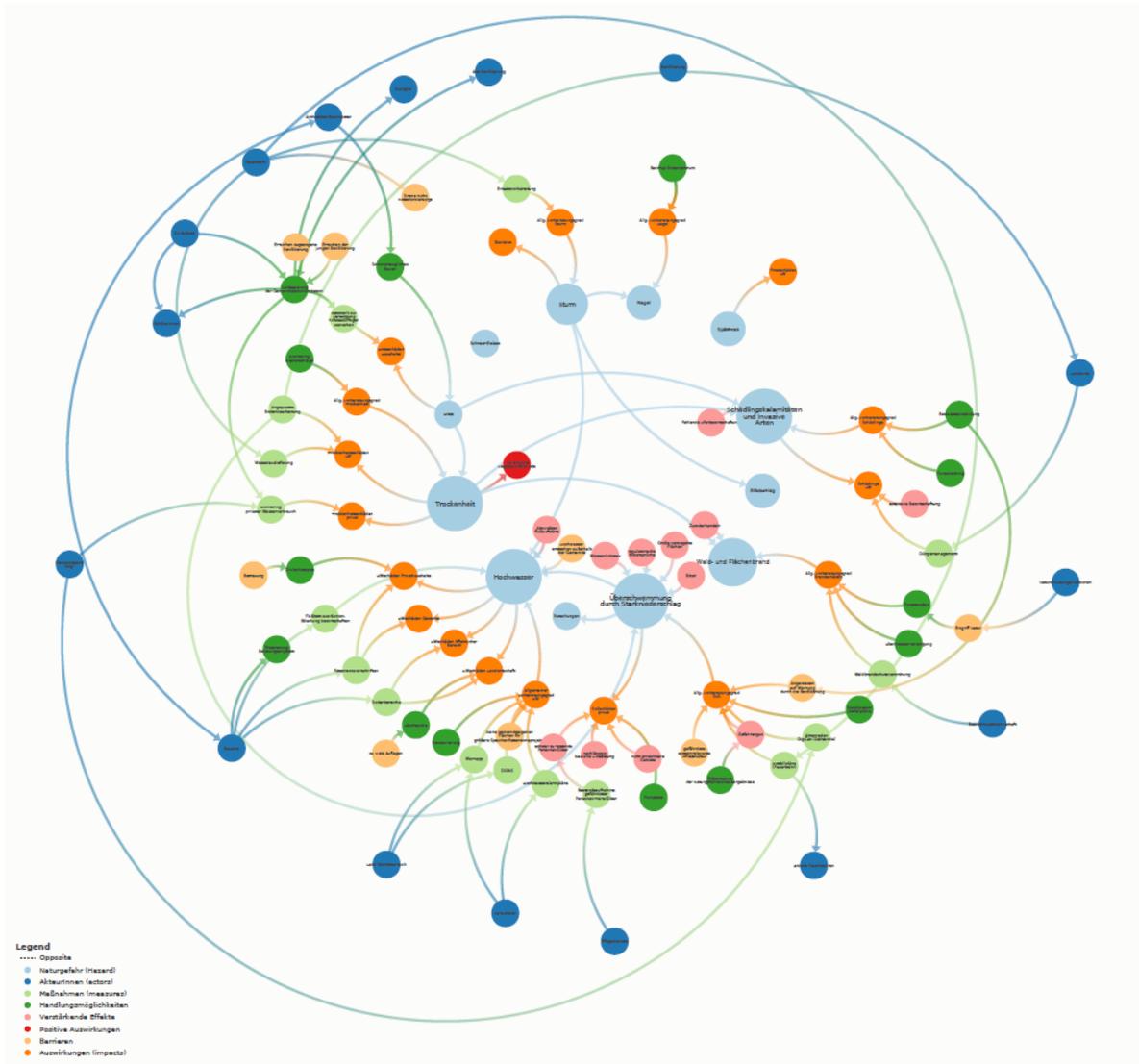


Abbildung 4a: System- und Risikolandkarte am Beispiel einer österreichischen Gemeinde

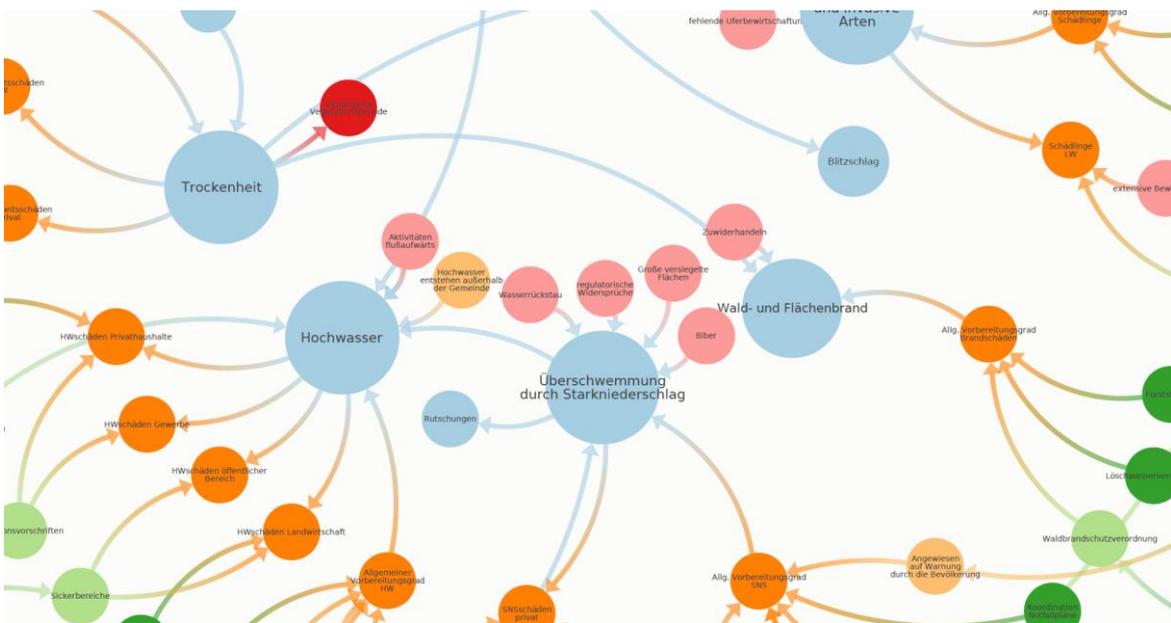


Abbildung 4b: Ausschnitt einer System- und Risikolandkarte am Beispiel einer Gemeinde

Diese Risikolandkarte kann am besten von Innen nach Außen gelesen werden. Ganz im Inneren repräsentieren die hellblauen Kreise die einzelnen Naturgefahren, die im Naturgefahrencheck angesprochen wurden, die 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, sie gibt 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.

3.3. Schritt 3: Darstellung der Akteurs Landschaft

Der dritte Schritt sieht eine detaillierte Darstellung der aktuellen Akteurslandschaft im Hinblick auf dem Planungsprozess bzw. Katastrophenfall vor (siehe Beispiel Abbildung 5). Damit soll ersichtlich werden, welche Akteure im österreichischen Naturgefahrenmanagement aktiv sind und wer welche Rolle hat. Dabei soll das Netzwerk aus der Sicht der Gemeinde errichtet werden, wobei die verschiedenen Kreise die Wichtigkeit für die Gemeinde darstellt; 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).

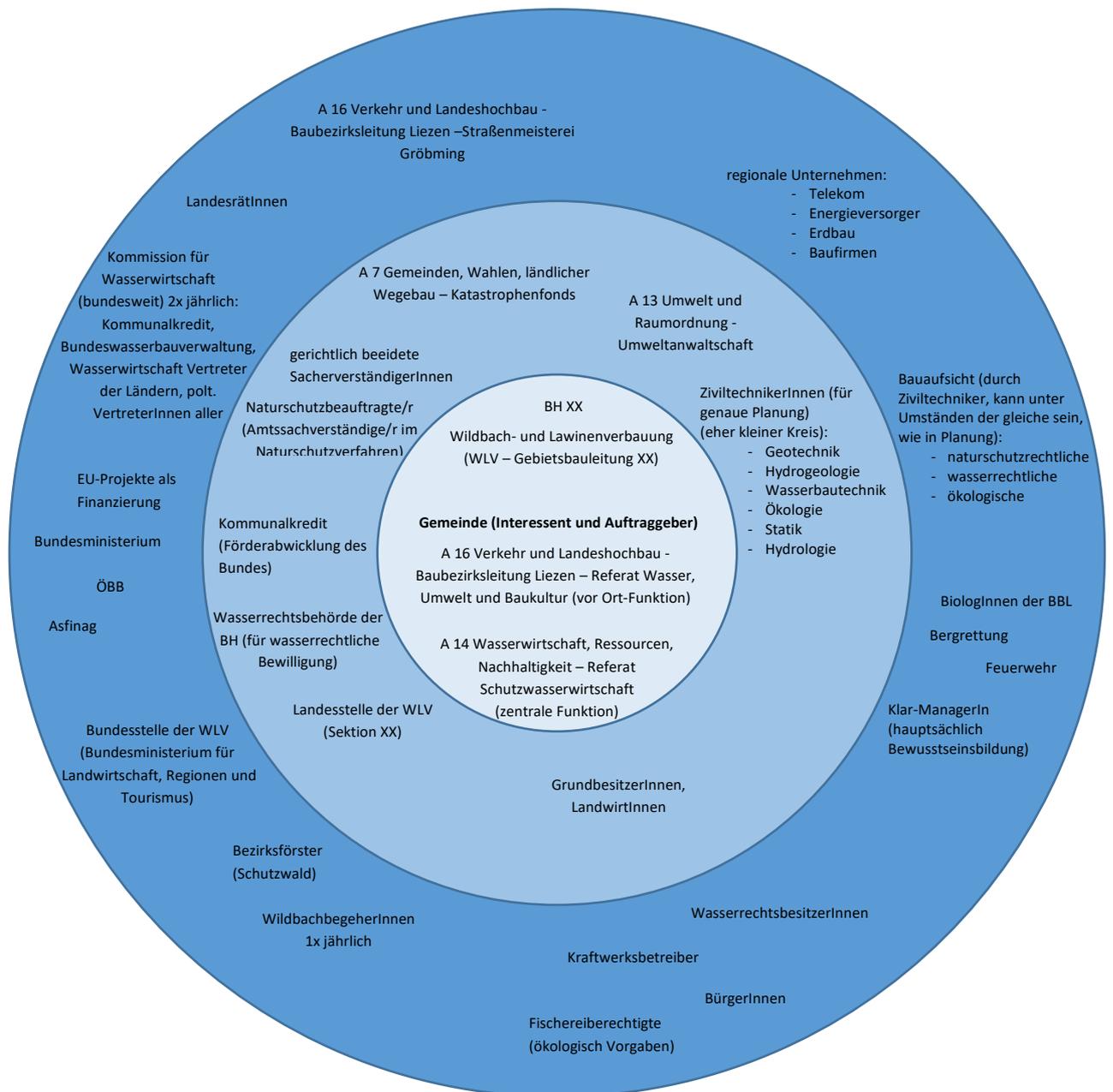


Abbildung 5: Beispiel für eine Akteurslandschaft im Planungsprozess

3.4.Schritt 4: Workshop zum Ziehen von Lehren aus dem bisherigen Naturgefahrenmanagement für den Umgang mit „neuen“ klimabedingten Risiken

In diesem Schritt sollte die Gemeinde im Rahmen eines weiterführenden Workshops zunächst eine Reflexion zum Naturgefahrencheck durchführen und dabei folgende Fragen thematisieren:

- Was hat gut funktioniert/funktioniert aktuell gut?
- Was hat nicht so gut funktioniert/funktioniert aktuell nicht so gut?
- Welche Entscheidungen hätten wir aus heutiger Sicht anders getroffen?

Darauf folgend soll im Rahmen des Workshops die Frage untersucht werden, wie diese konkreten Lehren aus dem bisherigen Naturgefahrenmanagement nun für das Management der für die Gemeinde „neueren“ klimabedingten Risiken, wie z.B. Hangwasser bzw. Trockenheit/Dürre umgesetzt werden können. Die Arbeitsgruppen sollen dabei konkrete Maßnahmen für ein ausgewähltes Klimarisiko entwickeln. Zur Darstellung soll dabei ein Koordinatensystem verwendet werden (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

Handlungs-ebene	Höhere Ebene/Jetzt	höhere Ebene/ Zukunft
	Gemeinde/Jetzt	Gemeinde/in der Zukunft
	Zeit (Umsetzung) Jetzt	Zukunft

Ein mögliches Beispiel aus der Praxis stellt Abbildung 6 dar, wo am Beispiel von Hangwasser nach Starkregen mögliche Szenarien und Maßnahmen gemeinsam mit Gemeindevertreter*innen durchgespielt wurden. Anhand dieser Methode wurde sehr gut sichtbar, wie eng verwoben die Handlungs- und zugehörigen Lösungsfelder sind.

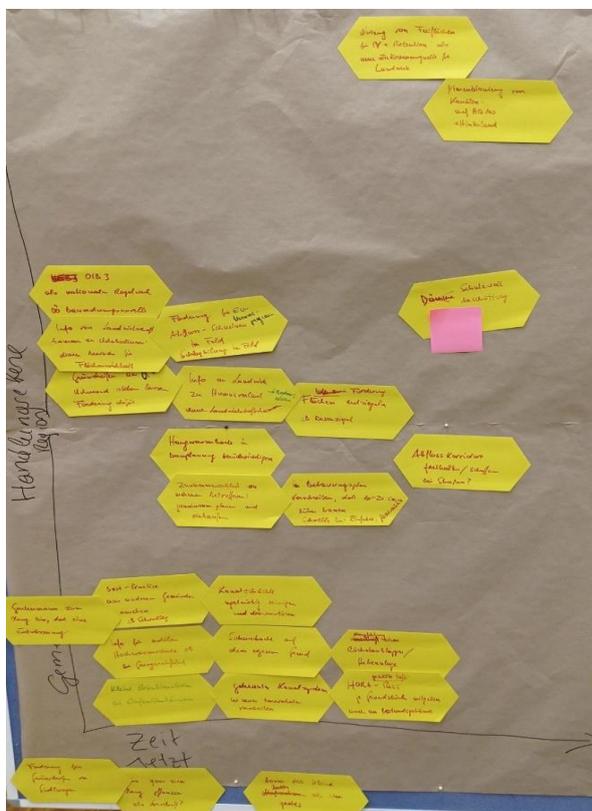


Abbildung 6: Praxisbeispiel für den Umgang mit neuen Risiken in einer österreichischen Gemeinde

Rechts oben: nationale Ebene, langfristige Umsetzung

- Einkommensquellen für Landwirt*innen können sich verändern, wenn Freiflächen nicht mehr klassisch bewirtschaftet werden, sondern für PV Stromerzeugung und zur Flächen-Rückhaltung von Hangwasser genutzt werden.
- Um klimabedingte höhere Abflussvolumina zu bewältigen, müsste das Kanalsystems auf HQ100 dimensioniert und auch den Abfluss aus dem Hinterland von Siedlungen berücksichtigt werden. Das erfordert aber sehr große Querschnitte der Rohrleitungen und wäre daher als unwirtschaftlich einzustufen.

Mitte: regionale Ebene, mittel- bis langfristige Umsetzung

- Die Hangwasser-Risikokarte in der Bauplanung berücksichtigen.
- Betroffene können sich in der Umsetzung koordinieren, etwa durch gemeinsame Planung bei benachbarten Grundstücken, oder durch gemeinsames Einkaufen von Materialien für geringere Stückpreise.
- Umsetzung der nationalen OIB3 Baurichtlinie und der OÖ Bauordnungsnovelle bei Neubauten. Zusätzlich kann im Bebauungsplan vorgeschrieben werden, dass kritische Gebäudeelemente 10-20 cm höher gebaut werden müssen (z.B. bei Lichtschächten, Schwelle bei der Einfahrt).
- Information und Bewusstseinsbildung bei Landwirt*innen im Rahmen der Aktivitäten der Landwirtschaftskammer: Dichter Bewuchs in Ackerkulturen verbessert die Flächen-Rückhaltung bei Hangwasser und verringert das Abschwemmen von wertvollem Humus.
- Förderungen können Landwirt*innen motivieren, die Rückhaltung auf ihren Freiflächen zu verbessern. Mögliche Maßnahmen sind Abflussschneisen oder Schlagteilung, Grünstreifen am Ackerrand, oder Bewirtschaftung als Mulchsaat statt Schwarzbrache. Solche Förderungen sind bereits im EU Umweltprogramm und im ÖPUL Programm enthalten.
- Technische Maßnahmen umfassen das Freihalten oder Anlegen von Abflusskorridoren entlang von Straßen, bis hin zur Errichtung von Schutzwällen oder Anschüttungen.

Links unten: lokale Ebene, kurzfristige Umsetzung

- Andere Gemeinden für Best-Practice und Umsetzungserfahrungen besuchen.
- Kanalschächte regelmäßig für guten Durchfluss reinigen und das entsprechend dokumentieren, um es bei Haftungsfragen nachweisen zu können.
- Bauauflagen bei Neubauten wie kleine Retentionsbecken für Reinwässer. Damit wäre auch eine Nutzung der Niederschlagswässer für Gartenbewässerungen gegeben, was sich auch bei Hitzeperioden positiv auf die Wasserbilanz der Gemeinde auswirken würde.
- Bereitstellen des HORA-Passes als Information bei Neubauten und auch bei Bestandsgebäuden.
- Bereitstellen von Informationen und Empfehlungen für lokalen Objektschutz, wie etwa kleine Überfahrtrampen oder Dammbalken-Stecksystem bei Garageneinfahrt, Installation einer Rückstauklappe oder Hebeanlage, oder Errichtung einer Gartenmauer zum Hang hin mit Entwässerung, jedoch unter Bedacht auf den Schutz Rechte Dritter.

Zum Abschluss dieses Schrittes sollten konkrete nächste Umsetzungsschritte und -verantwortlichkeiten identifiziert werden, mit einem Fokus auf jenen Maßnahmen, die im linken

unteren Quadranten platziert wurden, also wo die Gemeinde relativ unmittelbar aktiv werden kann. Diese Maßnahmen können unmittelbar durch die Gemeinde in Form von konkreten Handlungen umgesetzt werden, reichen aber Maßnahmen 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 notwendig werden. Diese Dynamik wird typischerweise im Koordinatensystem als Diagonale von links unten nach rechts oben sichtbar: Jetzt umsetzbare Maßnahmen liegen auf der Handlungsebene der Gemeinde, während zukünftige und weiterreichende Maßnahmen auf höheren Regierungs- und Verwaltungsebene liegen.

3.5. Schritt 5: Entwicklung von Anpassungspfaden

Aus den vorhergehenden Schritten können nun Anpassungspfade abgeleitet werden, in dem Handlungsmaßnahmen aus Schritt 4 auf groben Zeitleisten sequenziert werden, ihre Aktionszeiträume und Abhängigkeiten eingezeichnet werden, dies kann unter Bezugnahme auf die qualitative Systemkarte durchgeführt werden. Die historischen Verläufe sowie die Akteurskarten dienen als Referenzmittel. Die Erstellung solcher Pfade mit Expert*Innen ist nach Möglichkeit ratsam, da hier auch jene Aspekte berücksichtigt werden sollen, die in einem Workshop aus Zeit- oder anderen Gründen nicht einfließen können. Natürlich, erfordert dies schlussendlich eine weitere Reflexion mit möglichst diversen Stakeholder*Innen. Eine Karte von Anpassungspfaden muss kein Konsensprodukt sein, sondern kann diverse Möglichkeiten reflektieren. Sie unterschützt somit transparente Entscheidungen in der Zukunft und ermöglicht es Pfadabhängigkeiten zu verhindern.

Deshalb der letzte Schritt sieht die Entwicklung von Anpassungspfaden vor, die auf den Ergebnissen der vorherigen 4 Schritte beruhen. Für die Entwicklung der Anpassungspfade gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie z.B. Methoden zur strategischen Vorschau wie Forecasting, Backcasting oder Formative Szenarioanalyse. In diesem Beispiel wird ein explorativer Ansatz für eine Szenarioanalyse ausgewählt; sogenannte Formative Szenarioanalyse (FSA). Die FSA verfolgt insgesamt neun Schritte mit fünf Hauptteilbereiche (siehe Abbildung 7; Scholz und Tietje 2002; Spoerri et al. 2009). Diese fünf Teilbereiche werden im Folgenden kurz erläutert: (1) Systemdefinition und -analyse, (2) Einflussfaktoren, (3) Systemanalyse, (4) Konsistenzanalyse, sowie (5) die Auswahl und Formulierung der möglichen Trendprojektionen.

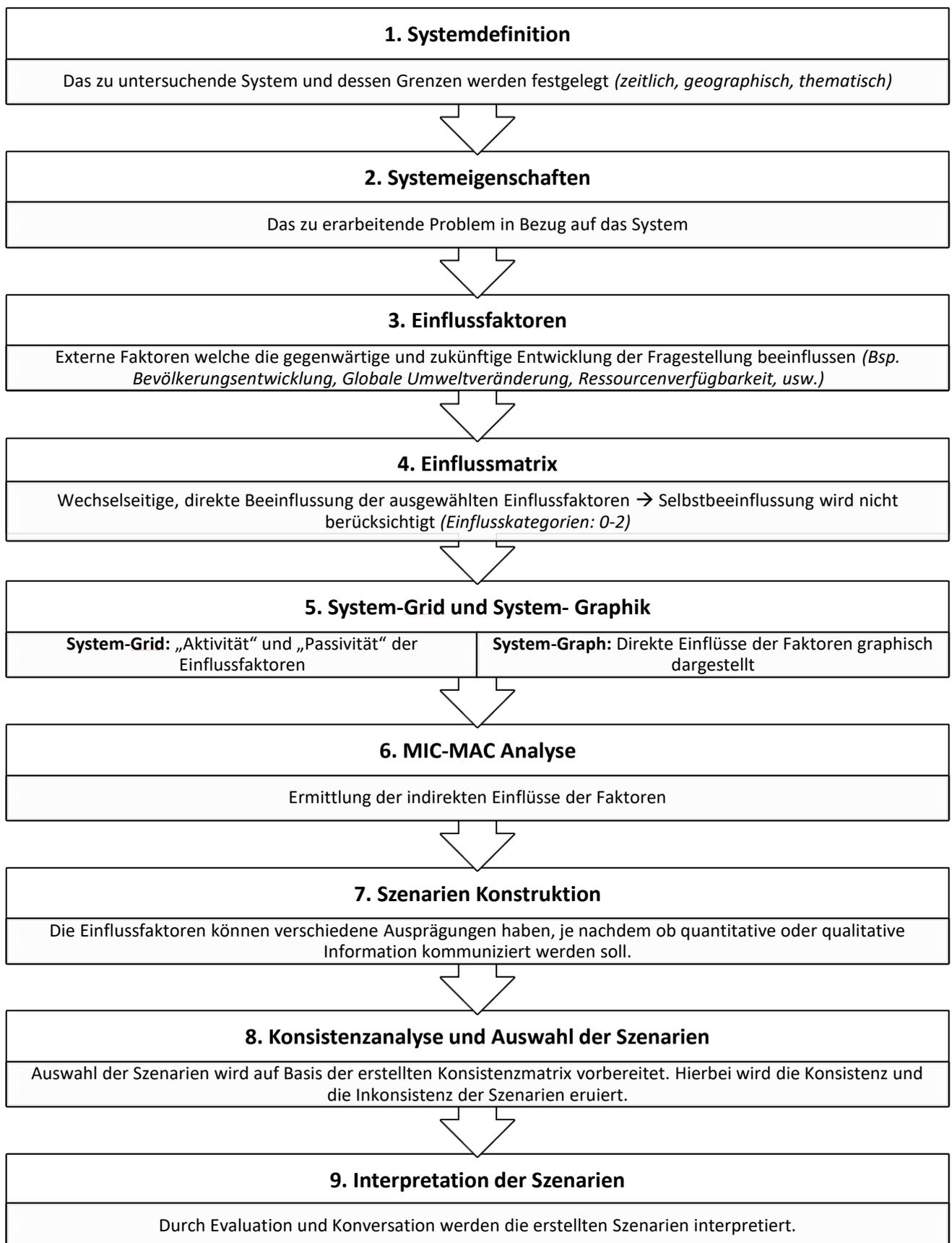


Abbildung 7: Schritte für die Szenarioanalyse

Phase 1: Systemdefinition und -analyse

Der erste Schritt untersucht die aktuellen institutionellen Strukturen, administrativen Abläufe sowie gesellschaftlichen Entwicklungen und die Frage, wieso integriertes Klimarisikomanagement umgesetzt wurde oder auch nicht (Schläpfer 2006).

Phase 2: Einflussfaktoren

Aufbauend auf der Systemdefinition folgen in Phase 2 die Ermittlung der Einflussfaktoren und deren Wechselbeziehungen. Hier wird untersucht wie die verschiedenen Einflussfaktoren (siehe Beispiel in Tabelle 2), wie Gesetze, technische Entwicklungen oder Risikokommunikation das Naturgefahrenmanagement beeinflussen. Die Einflussstärke kann drei Möglichkeiten haben: 0=kein Einfluss, 1=geringer Einfluss und 2=starker Einfluss (Scholz und Tietje 2002). Das Ziel der Analyse besteht in der Untersuchung der jeweiligen verschiedenen wechselseitigen Beeinflussung der möglichen Einflussfaktoren (siehe Beispiel in Tabelle 3).

Tabelle 2: Beispiel für mögliche Einflussfaktoren für Auswahl von Schutzmaßnahmen

Teilbereiche	Einflussfaktoren
Politik	Rechtlicher Rahmen
	Entscheidungsprozess
	Entschädigungszahlungen
	Finanzierung
	Risikoakzeptanz
	Administrative Rahmen
	Risikokommunikation
Gesellschaft	Technische Entwicklungen
	Lifestyle
Umwelt	Ressourcenverfügbarkeit

Tabelle 3: Beispiel wie die verschiedenen Einflussfaktoren die direkt zusammenhängen

	Rechtlicher Rahmen	Risikoakzeptanz	Umsetzung einer Maßnahme (Geschwindigkeit)	Risikokommunikation (an den Prozeß angepasst)	Technische Möglichkeiten/Entwicklungen	Bedarf bzw. Nachfrage (z.B. Tourismusgemeinde)	Meinungsbildner/Entscheidungsträger	Finanzierung	Nutzungsdruck	Risikotransfer	Aktiv	Ranking Aktiv
Rechtlicher Rahmen		2	0	0	0	0	1	1	0	1	5	8
Risikoakzeptanz	1		1	1	1	2	2	1	0	2	11	3
Umsetzung	0	1		0	0	0	0	1	0	0	2	10
Risikokommunikation	1	1	1		0	1	1	2	0	0	7	5
Technische Möglichkeiten	1	2	0	1		1	1	1	0	0	7	5
Bedarf bzw. Nachfrage	1	2	2	2	1		2	2	2	1	15	1
Meinungsbildner/Entscheidungsträger	1	1	2	2	1	1		2	1	0	11	3
Finanzierung	0	0	2	1	0	0	1		0	0	4	9
Nutzungsdruck	1	2	2	2	1	2	2	2		0	14	2
Risikotransfer	1	2	1	1	0	0	1	1	0		7	5
Passiv	7	13	11	10	4	7	11	13	3	4		
Ranking Passiv	6	1	3	5	8	6	3	1	10	8		

Dabei können wir die einzelnen Einflussfaktoren auf deren Rolle unterteilen. Dabei gibt es vier Teilbereiche: (1) aktive Rolle: jene Einflussfaktoren die einen überdurchschnittlichen Einfluss auf die anderen ausüben können; (2) passive Rolle: jene Einflussfaktoren die überdurchschnittlich von den restlichen Einflussfaktoren beeinflusst werden; (3) ambivalente Rolle sind jene Einflussfaktoren, die überdurchschnittlich beeinflussen, aber auch gleichzeitig überdurchschnittlich beeinflusst werden sowie (4) puffernde Rolle sind allgemein jene Einflussfaktoren, die unterdurchschnittlich in das System eingreifen, aber auch unterdurchschnittlich beeinflusst werden.

In einem weiteren Schritt sollen die sogenannten indirekten Wechselwirkungen aufgezeigt werden. Diese werden Anhang der MIC-MAC Analyse (Matrice d'Impacts Croisés – Multiplication Appliquée à un Classement) untersucht (siehe Beispiel in Tabelle 4; Scholz und Tietje 2002). Die Analyse wird unabhängig von den Workshopteilnehmer*innen z.B. in Excel durchgeführt anhand der MMULT Funktion.

Tabelle 4: Beispiel wie die verschiedenen Einflussfaktoren die indirekt zusammenhängen

	Rechtlicher Rahmen	Risikoakzeptanz	Umsetzung einer Maßnahme (Geschwindigkeit)	Risikokommunikation (an den Prozeß angepasst)	Technische Möglichkeiten/Entwicklungen	Bedarf bzw. Nachfrage (z.B. Tourismusgemeinde)	Meinungsbildner/Entscheidungsträger	Finanzierung	Nutzungsdruck	Risikotransfer	Aktiv	Ranking Aktiv	Veränderung
Rechtlicher Rahmen	0	2380	6166	3304	0	1953	2993	5152	1040	1341	24329	4	0
Risikoakzeptanz	0	4334	11138	5986	0	3420	5373	9290	1953	2380	43874	3	0
Umsetzung einer Maßnahme (Geschwindigkeit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Risikokommunikation (an den Prozeß angepasst)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Technische Möglichkeiten/Entwicklungen	0	2380	6166	3304	0	1953	2993	5152	1040	1341	24329	4	0
Bedarf bzw. Nachfrage (z.B. Tourismusgemeinde)	0	5373	13870	7442	0	4334	6714	11580	2380	2993	54686	1	0
Meinungsbildner/Entscheidungsträger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Finanzierung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Nutzungsdruck	0	5373	13870	7442	0	4333	6714	11580	2381	2993	54686	1	0
Risikotransfer	0	2380	6166	3304	0	1953	2993	5152	1040	1341	24329	4	0
Passiv	0	22220	57376	30782	0	17946	27780	47906	9834	12389			
Ranking Passiv	9	5	1	3	9	6	4	2	8	7			
Veränderungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Phase 3: Systemanalyse

Die Systemanalyse untersucht welche Einflussfaktoren haben den größten direkten und indirekten Wert, um damit auch die größten Hebelwirkungen herauszufinden (siehe Abbildung 7).

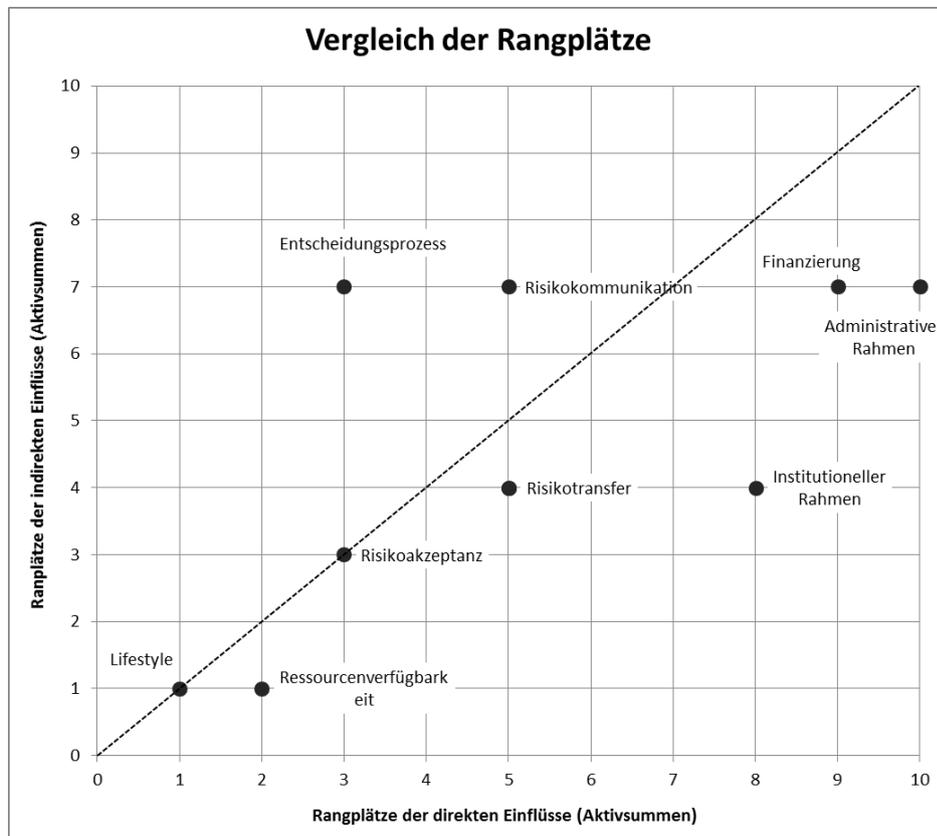


Abbildung 7: Vergleich der direkten und indirekten Rangplätze der Einflussfaktoren

Phase 4: Konsistenzanalyse

In dieser Phase erfolgt die Konsistenzanalyse. Mithilfe dieses Verfahrens wird die Folgerichtigkeit der potentiellen Szenarien untersucht d.h. passen die verschiedenen Einflussfaktoren zusammen oder sind sie inkonsistent. Dabei ist das oberste Ziel eine hohe Konsistenz der möglichen Szenarien darzustellen. Basierend auf der Einflussmatrix des zweiten Schritts werden sämtliche Einflussfaktoren mit zwei Ausprägungen ermittelt, z.B. Rechtlicher Rahmen kann: a) klar über das Gesetz vorgegeben (Maßnahmen müssen im Gesetz klar vorgegeben werden, sonst Umsetzungsverbot) bzw. b) Interpretationsspielraum aktiv nutzen, Regelung der Verantwortung(sübernahme) beinhalten. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Faktoren werden gemeinsam mit den Teilnehmer*innen analysiert. Dabei können die Ausprägungen vier Merkmale aufweisen: -1=Die beiden Ausprägungen treten nicht gleichzeitig auf; 0=Die beiden Ausprägungen treten unabhängig voneinander auf; 1=die Ausprägung wird durch eine andere Ausprägung unterstützt; und 2=Die Ausprägung ist abhängig von einer anderen Ausprägung. Ein mögliches Beispiel stellt die Tabelle 5 dar.

Tabelle 5: Beispiel eine Konsistenzanalyse

		Rechtlicher Rahmen		Risikoakzeptanz		Umsetzung einer Maßnahme (Geschwindigkeit)		Risikokommunikation (an den Prozeß angepasst)	
		klar über das	Interpretation	Keine Risikoe	Abwägung der	Policy window	klassisches Ve	Stärkung der E	Information
Rechtlicher Ra	klar über das Gesetz vorgegeben (Maßnahmen müssen im Gesetz klar vorgegeben werden, sonst Umsetzungsverbot)			1	-1	0	1	0	0
	Interpretationsspielraum aktiv nutzen, Regelung der Verantwortung(sübernahme)			-1	2	1	0	0	0
Risikoakzeptanz	Keine Risikoerhöhung durch Maßnahme (Personen) - ...im Verfahren [Risikoaversion]					1	1	1	1
	Abwägung der durch Maßnahme veränderten Risiken, Nutzen rechtfertigen zusätzliche Risiken					0	0	2	1
Umsetzung ein	Policy window (hohe Akzeptanz)							0	0
	klassisches Verfahren							0	0

Phase 5: Auswahl und Formulierung der möglichen Entwicklungen

Phase 5 beschäftigt sich mit der Auswahl und Formulierung der möglichen Szenarien.

Die Auswahl besteht auf die ermittelten Möglichkeiten. Diese Analyse kann u.a. Gratisverfügbar in einem R-Skript bzw. SystemQ was eine qualitative Modellierung von Szenarien erlaubt, vorgenommen werden. Für die Auswahl der verschiedene Szenarien werden in der Regel 3 bis 5 aus den bestehenden Rangreihen verwendet und in ein Narrativ zusammengefasst (Wiek 2002; Thaler et al. 2022). Dabei soll die Auswahl der Szenarien eine hohe Konsistenz aufweisen sowie sollen sich die Szenarien wesentlich unterscheiden um einerseits die Breite sowie die Vielfalt darzustellen, wobei hier meist 1 bzw. 2 Extremvariante oder Pole angewandt, um auch die mögliche Bandbreite der Pole darzustellen (Wiek 2002).

3.6. Schritt 6: Evaluierung der Maßnahmen

Schritt 6 sieht eine Evaluierung vor um zu systematisch zu analysieren welche Maßnahmen, die im zweiten bzw. dritten Workshop gemeinsam entwickelt wurden, bereits umgesetzt wurden bzw. in welchem Umsetzungsstatus sich diese befinden. Der Evaluierungsworkshop soll zwei Jahre nach dem zweiten bzw. dritten Workshop durchgeführt werden, um die Umsetzungsfortschritte in der Gemeinde zu analysieren. Dabei sollen in einem Fortschrittsbericht die Aktivitäten der letzten zwei Jahre detailliert aufgelistet werden, und gewonnene Erkenntnisse aber auch etwaige Schwierigkeiten in der Umsetzung dargestellt werden. Vor allem bei den in den vorhergehenden Workshops angedachten, schlussendlich aber nicht umgesetzten Maßnahmen sollte detailliert darüber reflektiert werden, weshalb es zu Verzögerungen bei der Umsetzung kam. Zusammenfassend kann der Evaluierungsbericht eine Checkliste der umgesetzten oder nicht umgesetzten Maßnahmen beinhalten. Nach dieser ersten Evaluierungsphase sollten die ursprünglich identifizierten Maßnahmen den neuen Gegebenheiten und den gewonnen Erfahrungen gemäß angepasst werden. Idealerweise entwickelt sich somit ein iterativer Prozess, welcher in einem 2-jährigen Rhythmus das Klimarisikomanagement einer Gemeinde evaluiert und aktualisiert.

Weiterführende Literatur

Haasnoot, M., Kwakkel, J., 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.

Hanger-Kopp, S., Karabczek, V. (2022): Integrating knowledge in qualitative system maps. *WaterStressAT Deliverable 2.1*. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.

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.

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.

Schläpfer, T. (2006): Einfluss der Hauptakteure im Lebenszyklus einer Immobilie. Masterarbeit ETH Zürich. Zürich: ETH Zürich.

Scholz, R.W., Tietje, O. (2002). *Embedded case study methods. Integrating quantitative and qualitative knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.

Spoerri, A., Lang, D.J., Binder, C., Scholz, RW. (2009). Expert-based scenarios for strategic waste and resource management planning—C&D waste recycling in the Canton of Zurich, Switzerland. *Resources Conservation and Recycling*, 53(10): 592-600.

Thaler, T., Attems, M.-S., Fuchs, S. (2022). Bottom-up innovations in natural hazard risk management in Austria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67: 102689.

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(4): 736-759.

Wiek, A. (2002). *Umfeld- und Systemszenarien für die Entwicklung der Landschaftsnutzung im Kanton Appenzell Ausserrhoden*. Zürich: ETH-UNS Fallstudienbüro.