

# Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

## A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
<b>Kurztitel:</b>	WaterStressAT
<b>Langtitel:</b>	<b>Climate change induced water stress – participatory modeling to identify risks and opportunities in Austrian regions</b>
<b>Zitiervorschlag:</b>	Hanger-Kopp, S., T. Kahil, P. Burek, M. Offenzeller, H. Lindinger, K. Sedy, S. Birk, N. Awan, T. Schinko, Y. Wada, 2020: Climate change induced water stress – participatory modeling to identify risks and opportunities in Austrian regions (WaterStressAT)– Projektübersicht und Zwischenbericht. Laxenburg.
<b>Programm inkl. Jahr:</b>	ACRP12 2019
<b>Dauer:</b>	26 +12 Monate
<b>KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:</b>	International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Niederösterreich
<b>Kontaktperson Name:</b>	Susanne Hanger-Kopp
<b>Kontaktperson Adresse:</b>	Schlossplatz 1, 2361 Laxenburg
<b>Kontaktperson Telefon:</b>	+43 676 83 807 508
<b>Kontaktperson E-Mail:</b>	<a href="mailto:hanger@iiasa.ac.at">hanger@iiasa.ac.at</a>
<b>Projekt- und Koopera- tionspartnerIn (inkl. Bundesland):</b>	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Wien Universität Graz, Steiermark Umweltbundesamt (UBA), Wien
<b>Projektgesamtkosten:</b>	249.016 €
<b>Fördersumme:</b>	249.016 €
<b>Klimafonds-Nr:</b>	KR19AC0K17504
<b>Erstellt am:</b>	29.2.2024

## B) Projektübersicht

### 1 Kurzfassung

Österreich ist ein wasserreiches Land, doch Veränderungen in der Nachfrage sowie der Klimawandel schaffen, saisonale, lokale und regionale Wasserstress Hotspots. Die österreichische Politik hat daher erkannt, dass es von zentraler Bedeutung ist, den Status quo und die zukünftige Entwicklung dieser Phänomene zu verstehen, um mögliche Spannungsfelder zu identifizieren. In WaterStressAT haben wir daher qualitative und quantitative Einblicke in die Wasserverfügbarkeit und -nachfrage unter dem Einfluss des Klimawandels in zwei österreichischen Regionen erarbeitet. Gemeinsam mit Kernteams, bestehend aus Forschern und regionalen Stakeholder\*innen in jeder Region, haben wir unsere Arbeit so gestaltet, dass sie relevante Erkenntnisse liefert. Wir integrierten Wissen aus hydrologischen und hydroökonomischen Modellen mit qualitativen Daten aus Kernteams, Politiken und Interviews, organisiert in Systemkarten, und um Bewusstsein zu schaffen und Managementstrategien abzuleiten.

WaterStressAT zeigt, dass Fragen des Wasserstress in den einzelnen Regionen Österreichs sehr unterschiedlich ausgeprägt sind und eine maßgeschneiderte Bewertung erfordern. Vor allem in alpinen Gebieten mit hoher Variabilität der Niederschläge und der Abflüsse ist eine Zukunft mit zu wenig Wasser schwer vorstellbar. Wir stellten eine ausgeprägte Diskrepanz in der Risikowahrnehmung in Bezug zukünftigen Wasserstress zwischen regionalen Entscheidungsträgern und Multiplikatoren einerseits, und lokalen Stakeholder\*innen andererseits fest (Pinzgau). In Gebieten, in denen bereits extreme Dürreperioden aufgetreten sind (Seewinkel), ist das Bewusstsein höher. Maßnahmen um das Wasser in der Region zu halten, bzw. auch die Zuleitung von Wasser, werden bereits teilweise umgesetzt. Keine Strategie gibt es allerdings in der Landwirtschaft, dem grössten Wasserverbraucher der Region.

Der transdisziplinäre Ansatz hat uns ermöglicht flexibel auf die unterschiedlichen Gegebenheiten einzugehen. Daher haben wir uns im Pinzgau auf die Bewusstseinsbildung konzentriert, insbesondere im Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung. Die Wasserkraft spielt eine entscheidende Rolle bei der Dekarbonisierung des Energiesektors und dem Ziel Salzburgs, bis 2030 energieautark zu werden. Bei der Zukunftsplanung wird der Klimawandel jedoch nur selten berücksichtigt. Wir haben ein Dashboard-Tool für die Salzach und die Saalach entwickelt, das den Abfluss der Flüsse für das aktuelle Klima und drei zukünftige Klimaszenarien bis zum Jahr 2050 in einer Auflösung von 1 km<sup>2</sup> visualisiert. Das Tool soll sowohl für Bildungszwecke als auch als erster Indikator für die Abschätzung des zukünftigen Wasserkraftpotenzials dienen. Insbesondere das wärmste und trockenste Szenario zeigt längere und häufigere Niedrigwasser im Sommer, die angesichts der Vorschriften zur Sicherung der ökologischen Mindestabflussmengen in Flüssen beim Betrieb von Wasserkraftwerken berücksichtigt werden müssen. Zukünftige Forschungen müssen die Auswirkungen von Gletschern detaillierter berücksichtigen und über die Abschätzung von Abflussdauer-Kurven hinausgehen, indem sie das natürliche Potenzial des Oberlaufs einer Wasserkraftanlage (d.h. Gefälle, Höhe), ökologische Abflussbeschränkungen und die Turbinenauswahl bei der Entscheidungsfindung für bestehende und geplante Wasserkraftwerke berücksichtigen.

Im Seewinkel, wo die Aufmerksamkeit aufgrund der jüngsten Dürreereignisse hoch ist, konzentrierten wir uns auf die Bewertung des Grundwasserspiegels unter den Bedingungen des Klimawandels und auf Bewirtschaftungsoptionen für den Agrarsektor, der der größte Wassernutzer in der Region ist, für den es aber noch keine umfassende Anpassungsstrategie gibt. Bei der rechnerischen Modellierung bestehen nach wie vor große Unsicherheiten, da das Dürreerisiko nur schwer vorhergesagt werden kann und die Informationen über den Wasserbedarf der Landwirtschaft unzureichend sind.

Die Landwirt\*innen bevorzugen Risikomanagement-Optionen, die ihre derzeitigen Praktiken nicht beeinträchtigen, wie z. B. die Kanalisierung von Wasser aus der Donau in die Region in Verbindung mit einer besseren Bewirtschaftung von Kanälen, die zur Ableitung oder Rückhaltung von Wasser genutzt werden. Resilienz fördernde Praktiken wie eine schonende Landwirtschaft und die Umstellung auf dürreresistente Kulturen sind Nischenpraktiken. Für die meisten Landwirte sind solche Maßnahmen derzeit nicht wirtschaftlich und würden systemische Veränderungen außerhalb des Sektors erfordern, wie etwa flexiblere Verträge mit der verarbeitenden Industrie und dem Einzelhandel sowie Anpassungen der Nachfragemuster. Daher sollte sich die weitere Forschung darauf konzentrieren, Wege für eine sozialverträgliche Ausweitung Resilienz fördernder Maßnahmen zu entwickeln.

In methodischer Hinsicht förderte das Projekt zudem die Entwicklung des qualitativen System Mapping (QSM) als Mittel zur Erleichterung inter- und transdisziplinärer gemischter Methoden in der Nachhaltigkeitswissenschaft. Während QSM vor allem in der partizipativen Modellbildung eingesetzt wurde, gibt es eine größere Anzahl von bisher weniger erforschten Anwendungsmöglichkeiten, die ein großes Potenzial für eine systematischere und transparentere Arbeit in diesem Bereich bieten. Es bedarf weiterer Forschung zu QSM, um die geeignete Auswahl von QSM-Methoden im Kontext der Nachhaltigkeitswissenschaft besser zu verstehen. Darüber hinaus benötigen weniger verbreitete Methoden eine zusätzliche Anwendung im Kontext der Nachhaltigkeitswissenschaften sowie strenge, aber flexible Protokolle für den Kartierungsprozess in diesen Kontexten.

Transdisziplinäre Forschung hat Vor- und Nachteile. Einerseits ermöglicht sie ein besseres gegenseitiges Verständnis zwischen Wissenschaft und Praxis, um ultimativ relevanteres und anwendbares Wissen zu schaffen. Gleichzeitig bedarf es eines erhöhten Zeit- und Kommunikationsaufwands um dies zu erreichen und zeigt oft auch die Grenzen des Möglichen auf – nicht so sehr, weil Wissen nicht schaffbar wäre, sondern vielmehr, weil der Ressourcenbedarf zu hoch ist. Mehr Wissen und Anleitung sind notwendig, um transdisziplinäre Forschung effektiv und gezielt einzusetzen.

## 2 Executive Summary

Austria is a water-rich country; yet, changes in demand as well as climate change create local and regional hot-spots of water stress. The Austrian policy community has thus realized that it is of key importance to understand the status quo and future development of these phenomena in order to identify potential areas of tension. In WaterStressAT, we therefore provided qualitative and quantitative insights into water availability and demand under climate change in two Austrian regions. Together with core-teams consisting of researchers and regional Stakeholder\*innens in each region, we tailored our work to provide relevant insights. We integrated knowledge from hydrological and hydro-economic models with qualitative data from core-teams, policies, and interviews, organized in system maps, and to raise awareness and derive management strategies.

WaterStressAT shows that questions of water stress vary largely between Austrian regions, and require tailored assessment. Particularly in areas with high variability in precipitation and river discharge, futures with too little water are difficult to imagine. We noticed a pronounced discrepancy in risk perception with respect to water stress under climate change between regional decision-makers, and multipliers vis a vis local Stakeholder\*innens (Pinzgau). In areas where extreme droughts have already occurred (Seewinkel), awareness is higher. Measures to keep water in the region, including the supply of water, are already being implemented to some extent. However, there is no strategy for agriculture, the largest water consumer in the region.

Thus, for Pinzgau, we focused on awareness raising, particularly in the context of hydropower production. Hydropower plays a crucial role in decarbonizing the energy sector and Salzburg's ambition to become energy autonomous by 2030. However, future planning rarely involves considerations of climate change. We developed a dashboard tool for the Salzach and Saalach rivers, which visualizes river discharge of the current climate and three future climate scenarios up to the year 2050 a 1km<sup>2</sup> resolution. The tool should serve educational purposes, as well as a first indicator for evaluating hydropower potential in future. Particularly the hottest and driest scenario shows longer and more frequent low-flows in summer, which, given regulations for securing minimum environmental flow levels in rivers need to be considered when operating hydropower plants. Future research needs to account in more detail for the effects of glaciers and go beyond the estimation of flow duration curves, considering the natural potential of the upstream area of a hydropower facility (i.e., slope, elevation), environmental flow restrictions and turbine selection into decision management planning for existing and planned hydropower.

For Seewinkel, where awareness is high due to recent drought events, we focused on assessing groundwater levels under climate change, and management options for the agricultural sector, which is the biggest water user in the region, but as of yet lacks a comprehensive adaptation strategy. With respect to computational modelling large uncertainties remain due to difficulties predicting drought risk and due to insufficient information on agricultural water demand.

Farmers prefer risk management options that do not affect their current practices such as channeling water from the Danube into the region, in combination with better management

of canals used to drain or retain water. Resilience building practices, such as low-impact farming, and switching to drought-resistant crops are niche practices. For most farmers such measures are currently not economical and would require systemic changes beyond the sector, such as more flexible contracts with processing industries and retailers, and adjustments in demand patterns. Thus, further research should focus on designing pathways for upscaling resilience-building measures in socially acceptable fashion.

Methodologically, the project furthered the development of qualitative system mapping (QSM) as a means to facilitate inter- and transdisciplinary mixed-methods approaches in sustainability science. While QSM has been prominently applied in participatory model building, there is a wider set of hitherto less explored uses that hold much potential to increase systematic and transparent work in the field. More research is needed on QSM to better understand the appropriate selection of QSM methods within the context of sustainability science. Moreover, less common methods need additional application in the sustainability science context as well as rigorous, yet flexible protocols for the mapping process in these contexts.

Transdisciplinary research has advantages and disadvantages. On the one hand, it enables a better mutual understanding between science and practice in order to create ultimately more relevant and applicable knowledge. At the same time, it requires more time and communication to achieve this and often shows the limits of what is possible - not so much because knowledge cannot be created, but rather because the resource requirements are too high. More knowledge and guidance are needed in order to use transdisciplinary research effectively and in a targeted manner.

### 3 Hintergrund und Zielsetzung

Österreich ist ein wasserreiches Land, das nur 3 % des gesamten verfügbaren Süßwassers verbraucht. Der Österreichische Ausschuss für Klimaänderung berichtet, dass der Klimawandel im Landesdurchschnitt die Wasserverfügbarkeit nicht wesentlich beeinflussen wird. Die Ergebnisse des kürzlich abgeschlossenen Projekts Wasserschatz Österreich zeigen, dass der Klimawandel selbst bei Betrachtung von Jahresdurchschnittswerten zumindest in einigen Regionen den Druck auf die Süßwasserressourcen unter bestimmten Klimaszenarien wahrscheinlich erhöhen wird. In diesen Gebieten und auf diesen Skalen, d.h. lokal bis regional, fehlt es an hochauflösender Modellierung (sowohl qualitativ als auch quantitativ), so dass die Risiken des Wasserstress und die Möglichkeiten der Bewirtschaftung nur unzureichend bekannt sind.

Politische Entscheidungsträger und Interessengruppen benötigen Informationen über die künftige Entwicklung der Wasserverfügbarkeit, des Wasserbedarfs und potenzieller Konflikte, um entsprechend handeln und planen zu können. Das übergeordnete Ziel von WaterStressAT ist es daher, das Risiko von Wasserstress und die damit verbundenen Bewirtschaftungsmöglichkeiten zu verstehen. Daher haben wir Wasserangebot und -nachfrage in zwei österreichischen Regionen unter Berücksichtigung alternativer sozioökonomischer und klimatischer Zukunftsszenarien bewertet. Wir haben eine ostösterreichische Region ausgewählt, die bereits jetzt kritische Grundwasserstände aufweist (Seewinkel<sup>1</sup>), und eine Alpenregion, in der die politischen Entscheidungsträger befürchten, dass künftige klimatische und soziale Entwicklungen zu saisonalem und Spitzenwasserstress führen könnten (Pinzgau).

Ziel von WaterStressAT war es daher, die Wasserverfügbarkeit und -nachfrage in österreichischen Regionen unter Berücksichtigung alternativer sozioökonomischer und klimatischer Zukunftsszenarien zu bewerten, um das Risiko von Wasserstress und die damit verbundenen Managementmöglichkeiten zu verstehen. Diese Ziele wurden auf transdisziplinäre Weise erreicht, indem als zentrales Element ein Stakeholder\*innen-Prozess über die Kernlaufzeit hinweg das Projekt gestaltete. Dieser Prozess umfasste eine gemeinsam erarbeitete Problemstellung, eine qualitative Systemkartierung sowie eine quantitative hydrologische und hydroökonomische Modellierung, um ein umfassendes Verständnis des Wasserstress in jeder Region zu schaffen, und schließlich die gemeinsame Entwicklung von Optionen.

---

<sup>1</sup> Seewinkel ist keine eindeutige Regionsbezeichnung. Besonders Selbst- und Fremdwahrnehmung unterscheiden sich oft signifikant. Wir verwenden den Begriff, wegen seines Wiedererkennungswertes in Österreich und als bestmögliche, wenn auch nicht eindeutige Beschreibung unseres Studiengebiets. Selbst in unserem Projekt wurden unterschiedliche Abgrenzungen vorgenommen, die in Annex 1 gelistet sind.

## 4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

In unserem Antrag haben wir eine Reihe von Fragen gestellt, die unser übergeordnetes Projektziel vertiefen und die wir hier in zusammengefasster Form beantworten, zusammen mit Abschnitt C dieses Berichts, der einen Überblick über das Projekt einschließlich seiner Aktivitäten und Ergebnisse gibt. Die Reihenfolge der Fragen folgt grob den fünf eng miteinander verknüpften Arbeitspaketen, die unsere Arbeit strukturierten (siehe auch Abschnitt C Methoden und Zeitplan).

Abbildung 1 zeigt, wie alternative Komponenten unserer Arbeit ineinandergreifen. Die qualitative Systemabbildung (WP2) half bei der Integration der transdisziplinären Forschung in Kernteams und bei der rechnergestützten Modellierung. Während einige Arbeitspakete einzeln veröffentlicht haben, wurden die meisten Arbeiten durch Arbeitspaket 5 zusammengefasst und verbreitet.

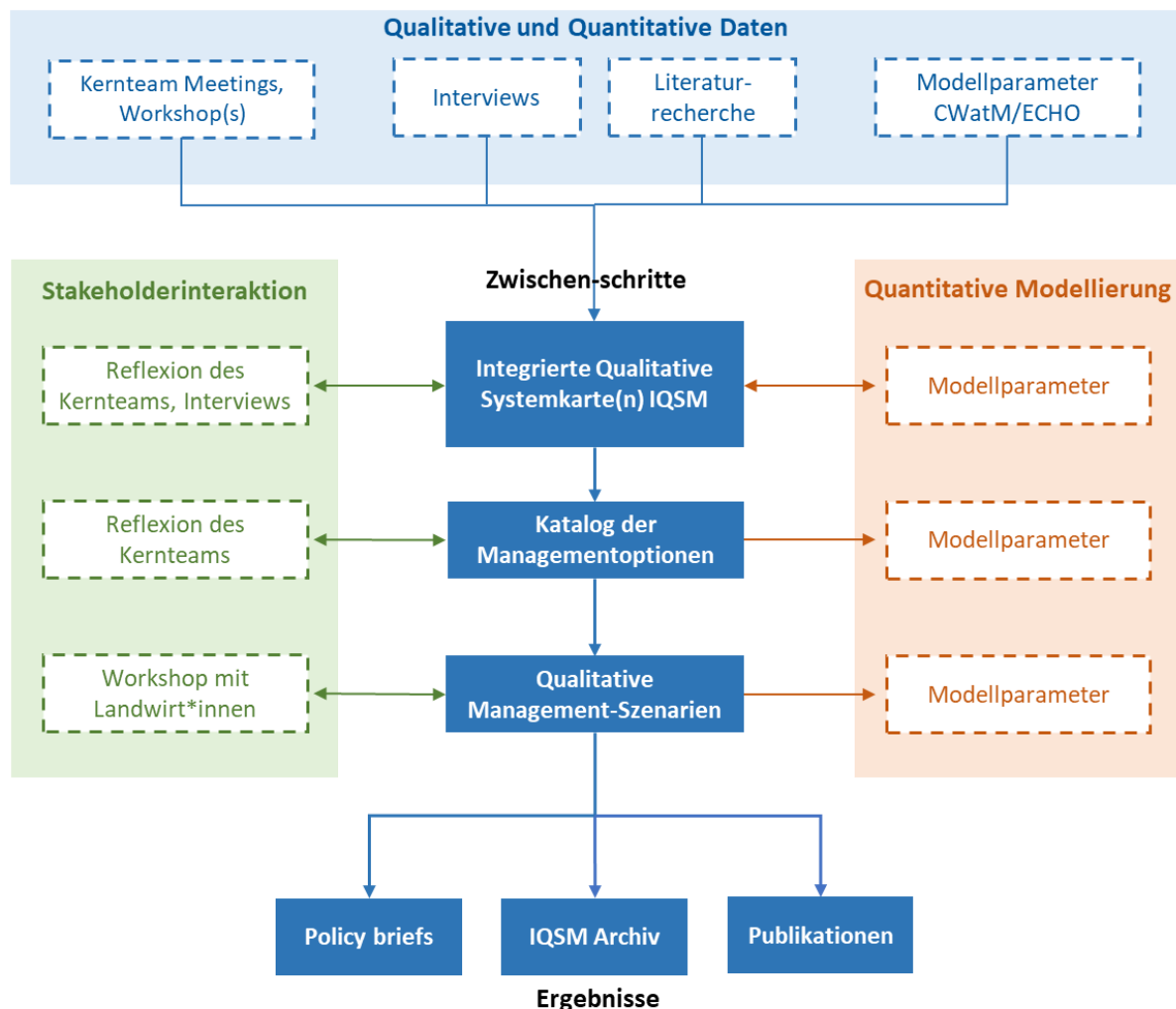


Abbildung 1: Projektentwurf. Der grüne Abschnitt überschneidet sich weitgehend mit WP1, der mittlere Abschnitt mit WP2 und der orangefarbene Abschnitt mit WP 3 und 4. Quelle: WaterStressAT.

## Welches sind die effektivsten Punkte und Formen der Interaktion zwischen Modellen und Stakeholder\*innen?

In einem inter- und transdisziplinären Projekt wie WaterStressAT, ist eine Einteilung in Arbeitspakete schwierig. Diese Frage ist offensichtlich übergeordnet, aber wir haben sie dem Bereich des Stakeholder\*innen-Managements zugeordnet. In die Modellierarbeit waren nur die Expert\*innen des Kernteams (lokale und regionale Entscheidungsträger) intensiv eingebunden.

Interessenvertreter\*innen und Modellierer\*innen interagierten in verschiedenen Phasen der Modellierung, indem sie den grundlegenden Modellaufbau und Datenbedarf, die Ergebnisse der Modellkalibrierung, Klimaszenarien und potenziell interessante Ergebnisse vorstellten und diskutierten (Tabelle 1). Die Sitzungen des Kernteams, an denen maximal vier Stakeholder\*innen und vier Forscher\*innen teilnahmen, waren eine sehr gute Größe für eingehende Diskussionen. Anstatt nur größere Workshops abzuhalten, ermöglichte dieser Rahmen eine tiefgreifende Kommunikation über die Modelle, und wir waren in der Lage, bei Bedarf zusätzliche Arbeitstreffen abzuhalten. Dies erforderte ein außergewöhnliches Engagement der Mitglieder des Kernteams.

*Tabelle 1: Interaktionspunkte Modellierung und Kernteams.*

<b>Modellaufbau</b>	Wir stellten die verfügbaren Modelle frühzeitig vor und erörterten die verfügbaren Daten und Forschungsmöglichkeiten sowie die Grenzen. So konnten wir die Erwartungen steuern und Fragen formulieren, die für die Interessengruppen relevant, aber auch im Rahmen des Projekts machbar waren. Letztendlich waren die Möglichkeiten des Projekts dadurch ziemlich eingeschränkt, da die Wissensbedürfnisse der Interessengruppen sehr spezifisch sind und die verfügbaren Modelle, obwohl sie nach Forschungsstandards eine hohe Auflösung haben, für viele Anliegen nicht spezifisch genug waren.
<b>Datenbedarf</b>	Die frühzeitige Erörterung des Datenbedarfs war ebenfalls von entscheidender Bedeutung, insbesondere um die Erwartungen aller beteiligten Partner zu steuern. Da die Bewässerung in der Landwirtschaft der größte Treiber für den Wasserbedarf im Klimawandel ist und keine echten Daten über den tatsächlichen Wasserbedarf für die Bewässerung verfügbar sind, sind die Erkenntnisse aus der Modellierung nur von begrenztem Nutzen.
<b>Modellkalibrierung</b>	In unserem Fall ging es vor allem darum, zu bestätigen, dass die Modellkalibrierung gut funktioniert. Im Fall des Seewinkels ist dies allerdings aufgrund der lokal sehr differenzierten und außergewöhnlichen Bedingungen für das hydrologische Modell schwieriger.
<b>Klimaszenarien</b>	Die Klimaszenarien in diesem Projekt wurden von Kollegen der Geosphäre Österreich ausgewählt. Die Kommunikation über Klimaszenarien, insbesondere im Hinblick auf die Schwierigkeiten bei der Modellierung von Niederschlägen, ist oft eine Herausforderung. Auch deshalb, weil es für Nicht-Modellierer oft schwierig ist, weil sie nicht erwarten, dass Modelle Kristallkugeln sind, die einen Blick in die tatsächliche zukünftige Wetterentwicklung bieten. Unsere Kernzeit-Experten waren glücklicherweise sehr kompetent im Umgang mit Klimaszenarien und halfen, die Kommunikation für ein breiteres Publikum vorzubereiten.



<b>Ergebnisse</b>	Die Modellergebnisse sind natürlich von entscheidender Bedeutung für die Wechselwirkungen und sollten frühzeitig kommuniziert werden, damit das Feedback in weitere Modellläufe einfließen kann und Nutzen und Anwendbarkeit festgestellt werden können.
-------------------	--

Qualitatives Mapping und andere Diskussionsansätze ergänzten die direkte Arbeit mit dem Modell, um die Komplexität der Realität zu erfassen und die Einordnung der Ergebnisse in den breiteren Kontext zu gewährleisten. Die Workshops wurden gemeinsam konzipiert und moderiert, um die Kommunikation in einem zeitlich engeren Rahmen mit größeren Gruppen von Interessenvertretern zu verbessern.

Wir glauben, dass Ansätze mit weniger Engagement für hochpolitische Kontexte wie im Seewinkel oder mit einem fehlenden breiten Bewusstsein in der Bevölkerung wie im Seewinkel nicht gut geeignet sind, da nicht genügend Verständnis für eine nachhaltige und praktische Wirkung geschaffen werden kann. Dies ist jedoch in der Praxis nur schwer zu beweisen.

**Welches sind die wichtigsten Sektoren und Akteure in der Region, die die Wassernachfrage bestimmen, und wie wirken sie zusammen?**

**Neusiedl/See, Seewinkel**

Der größte Wasserbedarf für die Grundwasserressourcen in der Region entsteht durch die landwirtschaftliche Bewässerung; es gibt jedoch keine genauen Daten darüber, wie viel Wasser tatsächlich für diesen Zweck verwendet wird. Schätzungen können über die Wasserzuteilungen an Bewässerungsunternehmen oder über Näherungswerte in den landwirtschaftlichen Datensätzen wie INVEKOS vorgenommen werden, die jedoch auf dem Wasserbedarf der Pflanzen und nicht auf den tatsächlichen Bewässerungspraktiken beruhen. Der Wasserbedarf für die hochspezialisierten Ökosysteme der Region wie die Salinen erfordert einen ausreichend hohen Grundwasserspiegel, um die Qualität des Salzgehalts zu gewährleisten, der wiederum die Porosität der Seeböden und damit den Wasserstand beeinflusst. Der Wasserstand der Salzseen und des Neusiedler Sees ist auch für viele touristische Aktivitäten und den atmosphärischen Wert der Region entscheidend. Insbesondere der Neusiedler See und die Salinenseen werden für eine Vielzahl von Freizeitaktivitäten genutzt. Für die Wassernutzung der Haushalte sind private Brunnen relevant, aber es gibt keine einheitlichen Daten über die Anzahl und Tiefe der Brunnen. Ansonsten sind die Haushalte an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen, die von außerhalb der Region kommt. Dies gilt auch für die kommunale Wassernutzung, z. B. für die Bewässerung öffentlicher Flächen, die Befüllung öffentlicher Schwimmbäder und Springbrunnen sowie die Reinigung öffentlicher Flächen.

Die qualitative Systemkarte (Abbildung 2) bietet detaillierte qualitative Einblicke in die sektorale Wassernachfrage, die sektorübergreifenden Interaktionen und die Triebkräfte der Wassernachfrage. Darüber hinaus zeigt sie Ansatzpunkte für

Management- und Governance-Interventionen auf. Nach Beratungen im Kernteam wurde die Karte mit Fokus auf den landwirtschaftlichen Sektor als Hauptwassernutzer in der Region entwickelt, ohne eine konsistente Entwicklungsstrategie unter Berücksichtigung des Klimawandels.

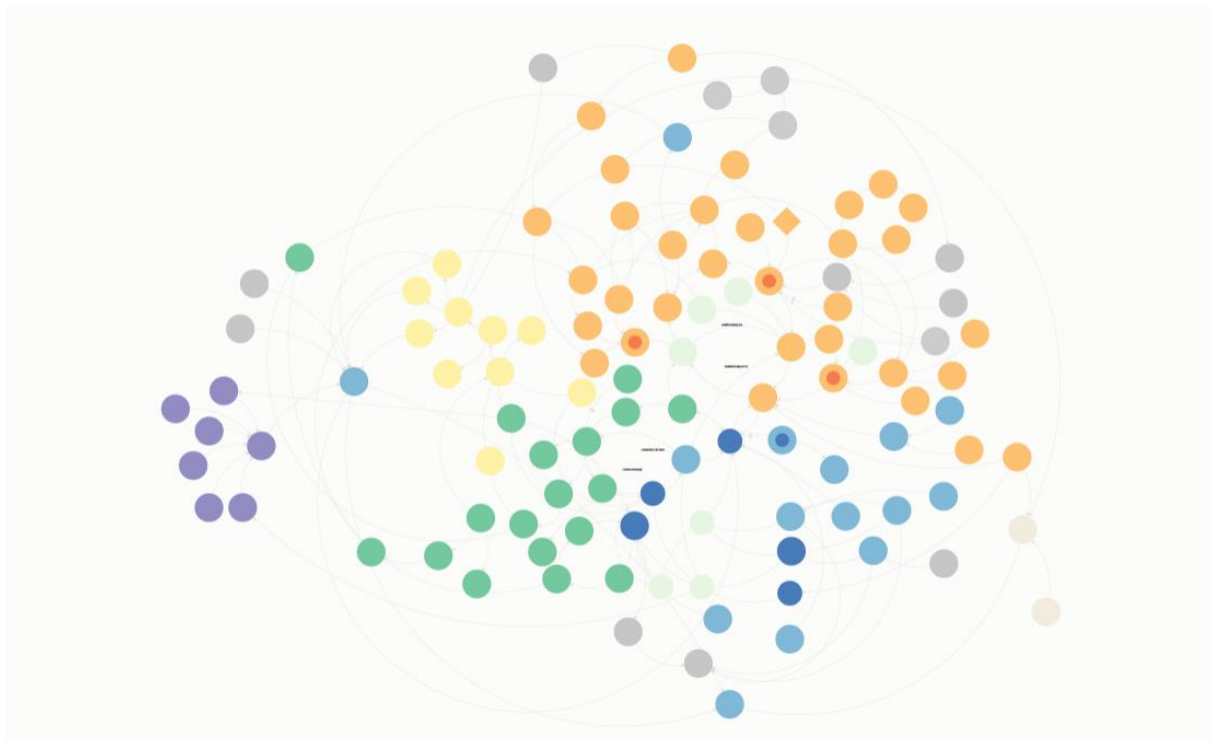


Abbildung 2: Eine interaktive qualitative Systemkarte zur Wasserverfügbarkeit und -nachfrage im Seewinkel. [Die online Version](#) bietet detaillierte Einblicke in die sektorale Wassernachfrage und ihre Triebkräfte sowie in sektorübergreifende Zusammenhänge. Diese Karte wurde mit kumu.io erstellt.

## Pinzgau

Im Gegensatz zu Ostösterreich stammt das verfügbare Grundwasser im alpinen Pinzgau aus Quellen und muss nicht durch Brunnen gefördert werden. Der wichtigste Indikator für Wasserstress ist daher der Abfluss. Nur in wenigen Gemeinden wird gepumptes Grundwasser für die öffentliche Wasserversorgung verwendet. Die Beteiligten behaupten, dass die Nutzung von Grundwasser ein negatives Image hat, und die Bevölkerung ist stolz auf ihr Quellwasser. Die Region ist eher an einen Wasserüberschuss als an eine Wasserknappheit gewöhnt. Der Wasserbedarf besteht hauptsächlich aus der öffentlichen Wasserversorgung, auch für die industrielle Produktion, Wasser für die technische Beschneigung und Wasser für die Stromerzeugung. Die Bewässerung von Grünland ist zunehmend ein Thema, aber es liegen keine systematischen Daten vor.

Die qualitative Systemkarte (Abbildung 3) bietet detaillierte qualitative Einblicke in die sektorale Wassernachfrage, die sektorübergreifenden Wechselwirkungen und die Triebkräfte der Wassernachfrage. Außerdem zeigt sie Ansatzpunkte für Management- und Governance-Maßnahmen auf. Nach Beratungen im Kernteam wurde die Karte mit einem

Schwerpunkt auf Wasserkraft und Wasserversorgung entwickelt. In beiden Sektoren fehlt es an einer Zukunftsplanung unter Berücksichtigung des Klimawandels.

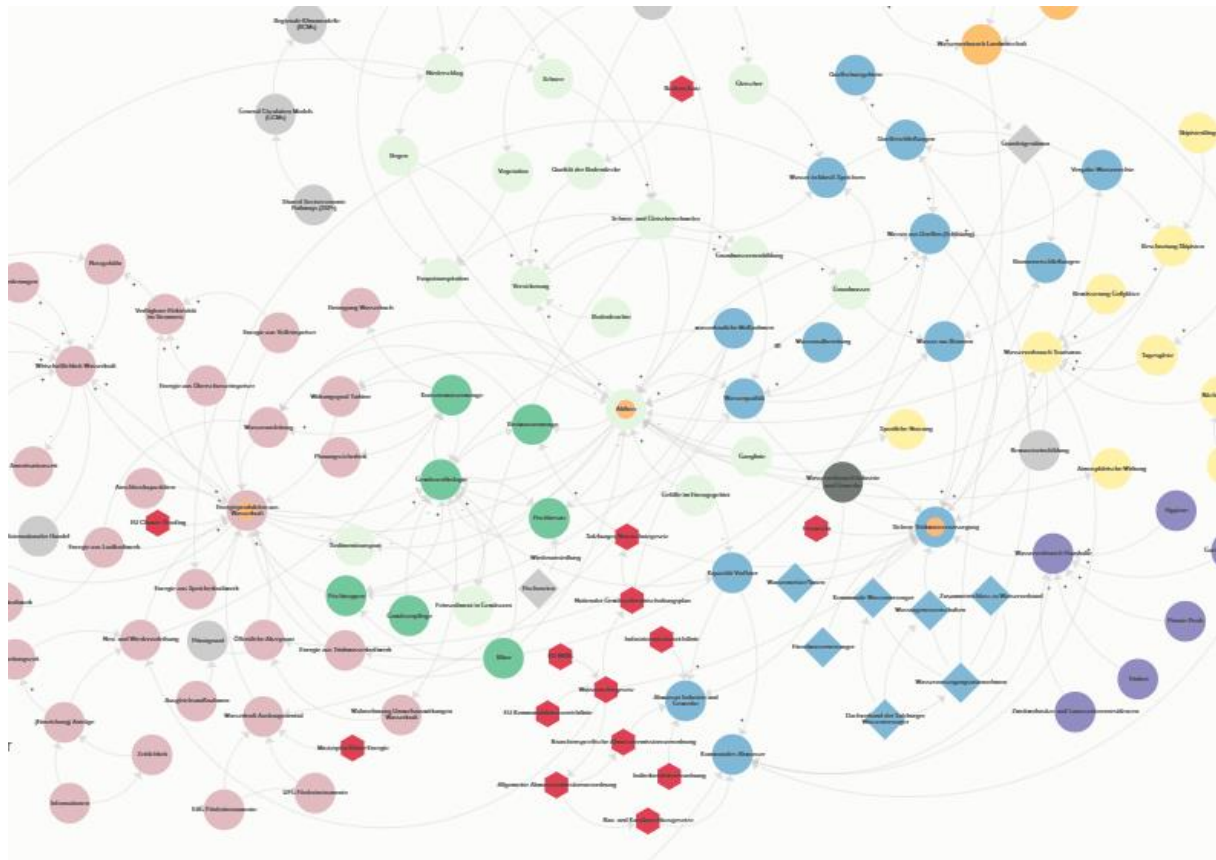


Abbildung 3: Eine interaktive qualitative Systemkarte zu Wasserverfügbarkeit und -nachfrage im Pinzgau. [Die online Version](#) bietet detaillierte Einblicke in die sektorale Wassernachfrage und deren Treiber sowie in Sektor-übergreifende Zusammenhänge. Diese Karte wurde mit kumu.io erstellt.

### Wie wird die Nachfrage durch unterschiedliche formelle und informelle Entwicklungsstrategien in den Regionen beeinflusst?

Keine der beiden Fallstudienregionen verfügt über eine konzertierte sektorübergreifende Entwicklungsstrategie. In keiner der beiden Regionen wurden klassische sozioökonomische Variablen wie Bevölkerungs- oder Wirtschaftswachstum als relevante Treiber für die zukünftige Wasserversorgung angesehen. Während die Verantwortlichen der Wasserversorgung im Pinzgau sehr gut vernetzt und planungssicher sind, werden im Nordburgenland, zu dem auch der Seewinkel gehört, Bedenken hinsichtlich der zukünftigen Instandhaltung der Wasserversorgungsinfrastruktur geäußert. Beide Regionen bauen stark auf den Tourismus, und in den alpinen Gebieten zunehmend auch auf den Sommer, was mit den Zeiten zusammenfällt, in denen die Wahrscheinlichkeit von Wasserstress am größten ist, da sie mit dem geringsten Abfluss bzw. dem höchsten Bedarf an Bewässerungswasser zusammenfallen.

Die Strategien zur Entwicklung der Landwirtschaft auf lokaler Ebene haben sich nicht sehr stark auf die Problematik des Wasserstresses konzentriert. Die EU-Fördermittel für die regionale Entwicklung wurden gezielt für die produktive Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und nachhaltigem Tourismus eingesetzt.

Viel entscheidender für die Ausweitung von Möglichkeiten, die derzeit auf Nischen beschränkt sind, sind die EU-GAP und die entsprechende österreichische Strategie. Unsere qualitativen Untersuchungen im Rahmen der Einbeziehung der Politikgestaltung in das regionale QSM zeigen, dass es zwar Möglichkeiten gibt, landwirtschaftliche Praktiken zur Verringerung des Wasserbedarfs zu fördern, diese aber nicht verpflichtend sind und daher von den proaktiven Bemühungen der Landwirte abhängen. In der Tat sieht die AT-GAP-Strategie die Bewässerung immer noch als Möglichkeit zur Anpassung an den Klimawandel und fördert die Bewässerung, wenn auch mit zunehmender Effizienz, was jedoch eher zu Rebound-Effekten als zu einer Verringerung des Wasserverbrauchs führen kann. (Beier und Hanger-Kopp 2023)

Mit den Netto-Null-Emissionszielen für 2050 in der Europäischen Union wird die Wasserkraft unweigerlich eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung des Energiesektors spielen, sowohl für die große Wasserkraft auf nationaler und europäischer Ebene als auch für die kleine Wasserkraft vor Ort. Die Wasserkraft spielt aber auch eine wesentliche Rolle in der Energiestrategie des Landes Salzburg, das die Energieautonomie bis 2030 anstrebt. Dies wird auch lokal im Pinzgau betont, zum Beispiel in der Strategie der Klima- und Energiemodellregion (KEM) Saalachtal (Zapfl 2023). Die zunehmende Bedeutung der so genannten neuen erneuerbaren Energieträger und die damit verbundenen Maßnahmen wie Einspeisetarife sowie die Energiekrise, die mit dem Beginn des Krieges in der Ukraine ihren Höhepunkt erreichte, haben auch dazu beigetragen, dass die Kleinwasserkraft rentabler geworden ist. So bemüht sich die öffentliche Verwaltung, die Genehmigungs- und Verlängerungsverfahren zu verbessern, um dem gestiegenen Interesse an der Kleinwasserkraft Rechnung zu tragen. Über das ganze Jahr gesehen haben die Produktionsverluste durch Niedrigwasser die Kosteneffizienz nicht beeinträchtigt, da sie durch höhere Strompreise ausgeglichen wurden. Die Besorgnis der Betreiber über den künftigen Klimawandel war gering, aber auch eine systematische Planung für den Klimawandel ist nicht üblich. (für weitere Informationen siehe WaterStressAT Policy Brief Pinzgau)

### **Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Wasserverfügbarkeit in den Fallstudienregionen?**

In einer alpinen Region wie dem Pinzgau ist der Abfluss der wichtigste Indikator für Wasserstress. Wir haben daher ein hydrologisches Modell (cWATm) mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung entwickelt, das es ermöglicht, das hydrologische Regime im Einzugsgebiet von Salzach und Saalach - den beiden wichtigsten Flüssen des Pinzgaus - unter dem Einfluss des Klimawandels zu untersuchen. Das Modell bildet die zukünftige Entwicklung des Abflusses (1x1km Auflösung) unter drei verschiedenen Klimaszenarien der GSA ab. Das Modell liefert Informationen für Planungen unter Berücksichtigung des Klimawandels in Wasserkraft- und Wasserversorgungsgebieten, z.B. für Wasserkraftwerksbetreiber zur Bestimmung des optimalen Wirkungsgrades der Turbinen.

Unser Modell zeigt, dass der Klimawandel im Pinzgau in allen GSA-Szenarien zu höheren Temperaturen führen wird (höhere Durchschnittstemperatur, aber auch mehr Sommertage (Tagesmaximum  $\geq 25$  °C)). Die Szenarien für den Niederschlag sind weniger homogen, so dass unklar ist, ob der Niederschlag unter dem Klimawandel zu- oder abnehmen wird. Es

ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass der Klimawandel zu einer Zunahme von Starkniederschlagsereignissen (einschließlich eines erhöhten Überschwemmungsrisikos) und Trockenperioden führen wird. Darüber hinaus wird der Klimawandel in der Region zu Veränderungen im Abflussregime der Flüsse mit früheren Abflussspitzen und trockenerem Herbst führen.

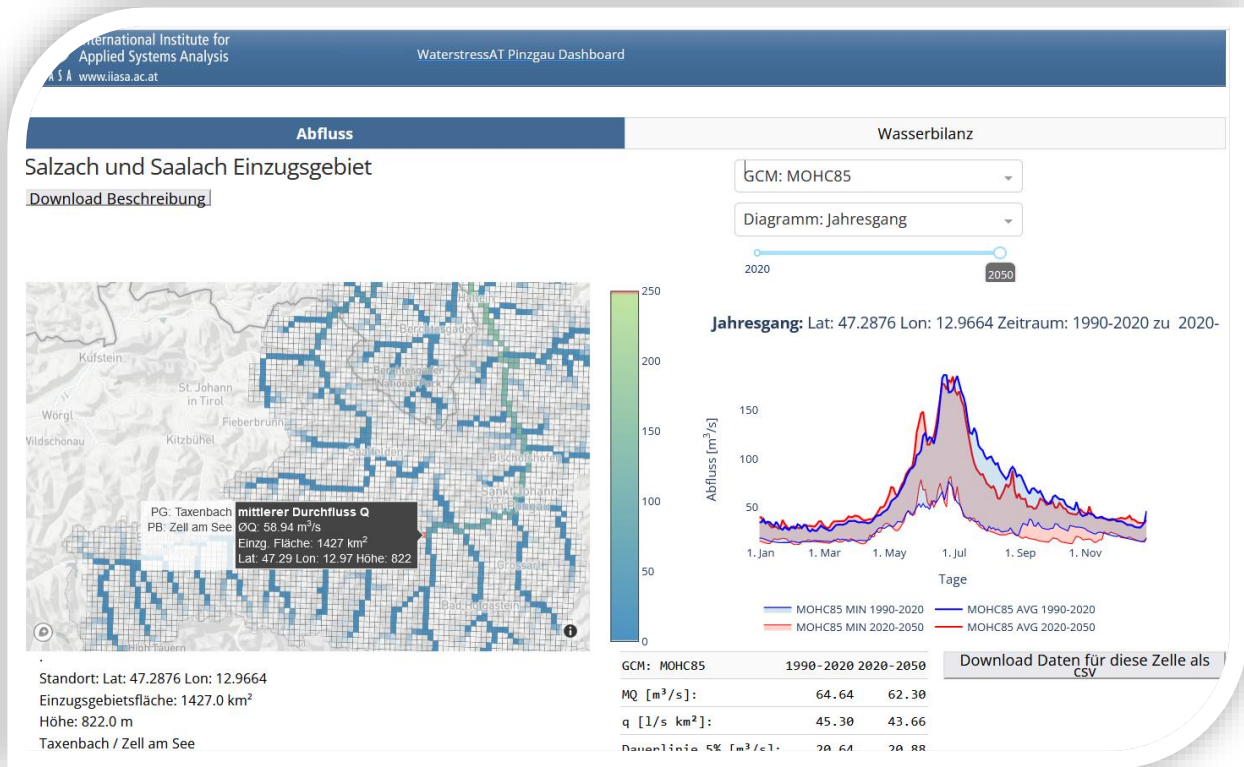


Abbildung 4: Das Dashboard bildet Abfluss im Einzugsgebiet der Salzach bis zur Einmündung in die Saalach ab. <https://waterstressatpinzgau.herokuapp.com>, Quellcode und Daten [https://github.com/iiasa/cWATm\\_salzburg\\_dash](https://github.com/iiasa/cWATm_salzburg_dash).

Das Tool ermöglicht es den Benutzer\*innen, die Zeitreihen des Abflusses (und einige weitere Informationen) von 1990-2020 mit den Zeitreihen von 2020-2050 für eine beliebige 1x1 km<sup>2</sup>-Zelle ( $\geq 0,1$  m<sup>3</sup>/s Jahresdurchschnittsabfluss) von drei verschiedenen allgemeinen Zirkulationsmodellen zu vergleichen. Abbildung 5 zeigt verschiedene Möglichkeiten, eine Zeitreihe als monatliche Zeitreihe, als jährliche Wasserführung oder als Dauerkurve darzustellen und die Möglichkeit, die Zeitreihe 1990-2020 mit der Zeitreihe 2020-2050 zu überlagern. Das Dashboard kann für Bildungszwecke und als erster Indikator für die Beurteilung des zukünftigen Wasserkraftpotenzials verwendet werden.

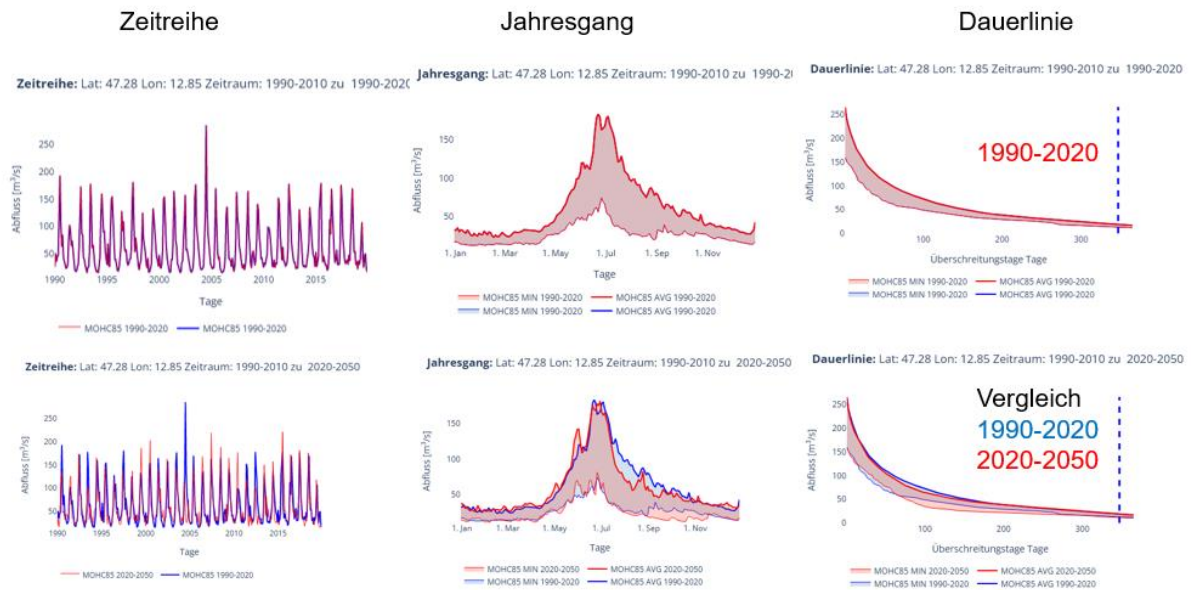


Abbildung 5: Webbasiertes Tool zur Anzeige von Zeitreihen, Jahreskreisen und Dauerlinien für jede 1x1 km<sup>2</sup> große Zelle im Einzugsgebiet.

Für die Region Neusiedl am See und den Seewinkel haben wir Analysen des zukünftigen Wasserbedarfs für die Bewässerung bei Grundwasserständen an Referenzbrunnenstandorten durchgeführt. Dies war ein Anliegen der Kerngruppe, zumal Landwirte anekdotische Hinweise auf versiegende Brunnen geben und neue Referenzwerte für den Grundwasserspiegel in Übereinstimmung mit den Bedürfnissen des Lebensraums festgelegt werden sollten. Wir zeigen eine zunehmende Variabilität des Grundwasserspiegels an Referenzbrunnenstandorten (Abbildung 6). Die Ergebnisse zeigen auch, dass in den meisten Szenarien der Bewässerungsbedarf und der Wasserstress zunehmen werden. Dies wurde zum Beispiel im Seewinkel dokumentiert (siehe WaterStressAT Technical Brief Seewinkel).

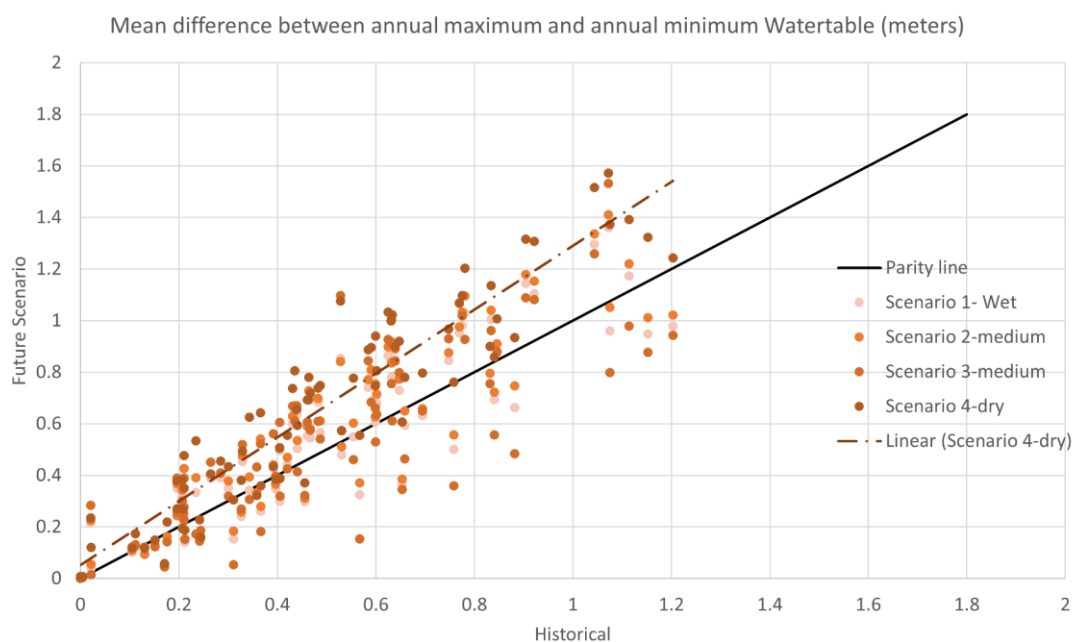


Abbildung 6: Vergleich der durchschnittlichen Differenz zwischen dem jährlichen Maximum und dem jährlichen Minimum des Grundwasserspiegels an 80 Grundwasserbrunnen im Seewinkel in vier verschiedenen Klimaszenarien.

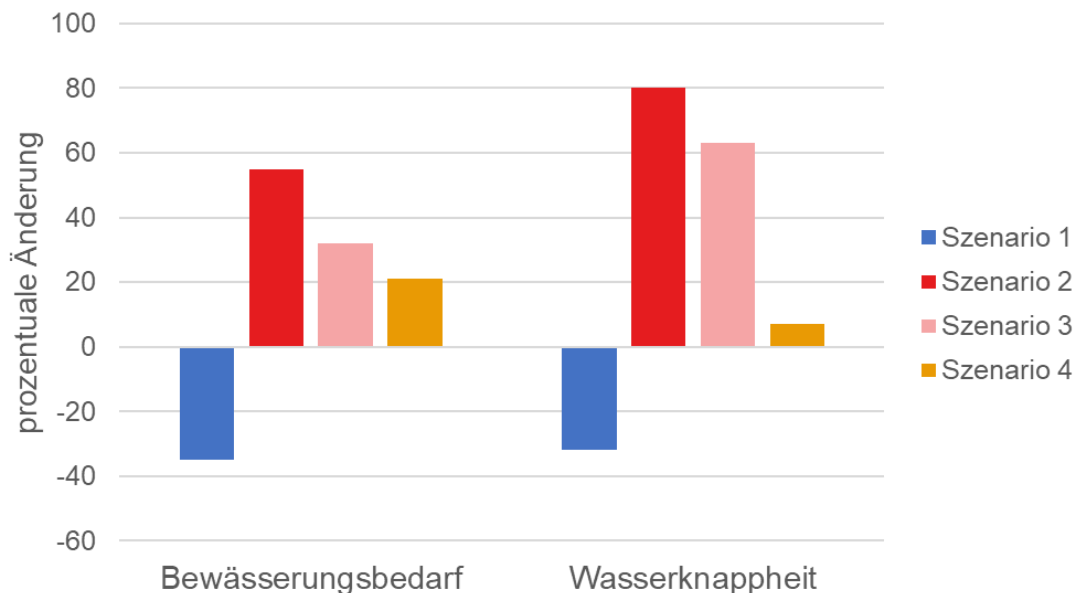


Abbildung 7: Prozentuale Veränderung von Bewässerungsbedarf und Wasserknappheit zwischen 2020 und 2050. Szenario 1 ist ein sehr nasses Szenario, während Szenario 2 ein trockenes Szenario ist. Die von Geosphäre Österreich empfohlenen Klimaszenarien finden Sie in Anhang 2.

### Was sind sozial und politisch akzeptable Bewirtschaftungsoptionen zur Bewältigung des lokalen und regionalen Wasserstresses?

Als sich der Fokus der WaterStressAT-Fallstudien herauskristallisierte, wurde deutlich, dass im Pinzgau eine partizipative Generierung von Optionen noch nicht möglich war, da eine generelle Betrachtung von Wasserstress im Sinne von zukünftiger Wasserknappheit fehlte. In der Tat dürfte Wasserstress in einem alpinen Gebiet aus der Perspektive von Jahresdurchschnittswerten und einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung kein kritisches Risiko darstellen. Es können jedoch saisonale und sektorspezifische Probleme auftreten. Unsere Hauptanstrengung galt daher der Sensibilisierung für Planungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung des zukünftigen Klimawandels. Basierend auf Interviews und einem Workshop in diesem Kontext, ließen sich zumindest indirekt einzelne Maßnahmen ableiten siehe auch WaterStressAT Policy Brief Pinzgau:

- In Anbetracht der zu erwartenden größeren Schwankungen des Abflusses und der zunehmenden Extremereignisse ist es sinnvoll, die Effizienz der Turbinen zu überprüfen und anzupassen.
- Eine dynamische Regulierung der Restwassermenge ermöglicht eine zukunftsorientierte Planung und flexiblere Steuerung.
- Planungssicherheit für Betreiber\*innen und Regulierungsbehörden. Das System der Elektrizitätserzeugung befindet sich derzeit im Umbruch (Förder- und Regulierungssysteme, Märkte usw.), was für die Betreiber\*innen erhebliche Unsicherheiten und

für die Regulierungsbehörden Herausforderungen mit sich bringt, die den Ausbau und die Anpassung der Wasserkraft an den Klimawandel erschweren.

Im Seewinkel stellte sich die Situation ganz anders dar, denn der Agrarsektor erwies sich als der Sektor mit den größten ungenutzten Möglichkeiten zur Steuerung des Wasserbedarfs. Die QSM-Übung ermöglichte es uns, Ansatzpunkte für die Reduzierung des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs im System zu identifizieren. Wir unterschieden Maßnahmen entlang ihrer dichten Einbettung im System: Resilienzfördernde Managementoptionen einerseits, sind tiefer eingebettete Maßnahmen; sie haben vielfältige positive Auswirkungen, wenn auch nicht unbedingt ohne negative Nebeneffekte (z. B. Bodenmanagement). Risikomanagementmaßnahmen andererseits, zielen direkt auf die Wassernutzung ab, haben einen einzigen Zweck und häufig negative Nebeneffekte außerhalb des Agrarsektors (z. B. Bewässerung). Darüber hinaus gibt es Maßnahmen die im Einflussbereich der Landwirt\*innen selbst liegen, also die am Hof umgesetzt werden müssen, und Maßnahmen, die außerhalb dieses Einflussbereichs gestaltet werden, auch wenn die meisten schlussendlich wieder die Praxis am Hof beeinflusst (Abbildung 8).

Viele resilienzfördernde Maßnahmen erfordern einen umfassenderen Systemwandel, z. B. Änderungen der Nachfrage, Maßnahmen auf höherer Ebene, z. B. bei der Gestaltung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU, und sogar Maßnahmen von Entscheidungsträgern außerhalb des landwirtschaftlichen Sektors, z. B. im Handel und im Einzelhandel.

Die derzeit von den Wassermanagern und landwirtschaftlichen Interessengruppen bevorzugte Maßnahme besteht darin, zunächst die Lecks im System zu beheben, d. h. das Wasser in der Region zu halten, indem die Bewirtschaftung der Kanäle angepasst wird. Weitergehende Maßnahmen, d. h. die Zufuhr von Wasser von außerhalb der Region zu Bewässerungszwecken, stoßen jedoch sowohl auf Unterstützung (viele Landwirte) als auch auf Widerstand (viele Befürworter des Naturschutzes).

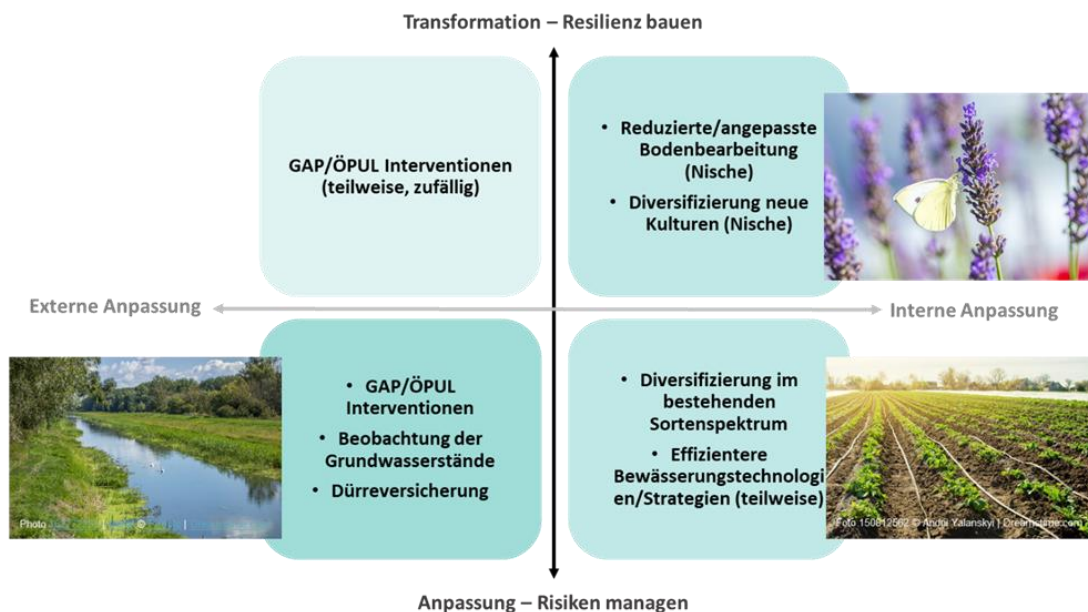


Figure 1: Die derzeitigen Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft konzentrieren sich auf das Risikomanagement, während resilienzfördernde Maßnahmen nur in Nischen vorkommen. Source: WaterStressAT.



## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Hinblick auf das ursprüngliche Ziel des Projekts zeigt WaterStressAT, dass Fragen des Wasserstresses in den verschiedenen Regionen Österreichs sehr unterschiedlich sind und eine maßgeschneiderte Bewertung erfordern. Insbesondere in Gebieten mit hoher Variabilität der Niederschläge und Abflüsse ist das Bewusstsein für eine Zukunft mit zu wenig Wasser schwer vorstellbar. Wir stellten eine ausgeprägte Diskrepanz in der Risikowahrnehmung in Bezug auf Wasserstress unter dem Klimawandel zwischen regionalen Entscheidungsträgern und Multiplikatoren gegenüber lokalen Stakeholder\*innenn fest (Pinzgau). In Gebieten, in denen bereits extreme Dürreperioden aufgetreten sind, ist das Bewusstsein höher (Seewinkel), allerdings sind die Ziele des Naturschutzes und der Landwirtschaft scheinbar schwer vereinbar.

In beiden Fällen erwies sich die Landwirtschaft trotz eines unterschiedlichen sektoralen Schwerpunkts als ein Sektor, der für die zukünftige regionale Wasserbilanz entscheidend sein kann. Auch wenn dies für die alpinen Gebiete bisher noch nicht nachgewiesen ist. Die Wasserversorger der Region wiesen darauf hin, dass die Bewirtschaftung der Wasserversorgung in den alpinen Gebieten beeinträchtigt werden könnte, sollte das Grünland in Zukunft häufiger bewässert werden müssen.

### Regionale Einblicke Pinzgau

- In allen Szenarien von GeoSphere Austria wird der Klimawandel zu höheren Temperaturen führen. Der Klimawandel wird zu einer höheren Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen und Trockenperioden führen. In der Region wird der Klimawandel zu Veränderungen im Abflussregime der Flüsse mit früheren Abflussspitzen und trockeneren Herbstmonaten führen.
- Das Dashboard-Tool für die Salzach und die Saalach visualisiert die Abflüsse der Flüsse im aktuellen Klima und in drei zukünftigen Klimaszenarien bis zum Jahr 2050. Es kann zu Bildungszwecken, aber auch als erster Indikator für die Bewertung des zukünftigen Wasserkraftpotenzials verwendet werden.
- Angesichts der erwarteten größeren Abflussschwankungen und der zunehmenden Extremereignisse kann es sinnvoll sein, die derzeitige Turbinenleistung zu überprüfen und anzupassen.
- Dynamische Restwassermengen ermöglichen eine zukunftsorientierte Planung sowie eine andere Art von Planungssicherheit.
- Das Stromerzeugungssystem befindet sich derzeit im Wandel (Förder- und Regulierungssysteme, Märkte usw.), was zu erheblichen Unsicherheiten für die Betreiber und Herausforderungen für die Regulierungsbehörden führt, die wiederum den Ausbau und die Anpassung der Wasserkraft an den Klimawandel behindern.
- Entsprechende Verwaltungsprozesse müssen der neuen Relevanz und dem Kontext der Wasserkraft Rechnung tragen und können sich positiv auf das Bewusstsein und

das Engagement der Betreiber für eine zukunftsorientierte Planung unter den Bedingungen des Klimawandels auswirken.

## Regionale Einblicke Neusiedl am See

- Unsere hochauflösenden hydrologischen Modelle cWATm und MODFLOW, die mit historischen Daten kalibriert wurden, können die zukünftige Wasserverfügbarkeit mit Hilfe von Klimasimulationen simulieren und geben Aufschluss über saisonale Trends der Wasserverfügbarkeit. Die Ergebnisse deuten auf größere saisonale Grundwasserschwankungen hin, die sich möglicherweise negativ auf das landwirtschaftliche Bewässerungspotenzial und die Qualität von salzhaltigen Seen und anderen hochspezialisierten Feuchtgebietsökosystemen auswirken.
- Die Modellierung des Wasserstress aus einer hydroökonomischen Perspektive ist ein Indikator für ein gezielteres Wassermanagement in der Landwirtschaft. Die Ergebnisse zeigen eine Verlagerung hin zu hochwertigen einjährigen Kulturen, die oft einen höheren Wasserbedarf pro Flächeneinheit haben, während die Wasserverfügbarkeit reduziert ist, was die Wirksamkeit eines kombinierten Ansatzes unterstreicht: Einführung eines neuen Fruchtfolgesystems, einschließlich trockenheitstoleranter Kulturen, und Verbesserung der Bewässerungseffizienz.
- Risikomanagement, das sich auf die Minderung individueller Risiken konzentriert, ohne die Auswirkungen auf das gesamte System zu berücksichtigen, ist bei den Landwirten in der Region immer noch weit verbreitet. In der Tat hält die Mehrheit der landwirtschaftlichen Interessengruppen an Praktiken fest, die mit den modellierten Ergebnissen übereinstimmen. Eine wachsende Zahl innovativer Landwirte verfolgt jedoch eine resilienzfördernde Denkweise und ist bereit, in Nischen Alternativen zu entwickeln.
- Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Vorhersage von Dürreperioden und unzureichenden Informationen über den Wasserbedarf der Landwirtschaft bestehen weiterhin große Unsicherheiten.
- Die Entscheidungsträger in Neusiedl am See sind gut vernetzt und haben in verschiedenen Zusammenhängen, wie z.B. anderen Forschungsprojekten und der Erstellung eines Masterplans für die Region Seewinkel, sektorübergreifend zusammengearbeitet. Daher wurde viel Zeit darauf verwendet, robuste Maßnahmen zu beschließen, die nicht bereit werden. Dabei geht es vor allem darum, das Wasser in der Region zu halten, indem das bestehende Kanalsystem besser verwaltet wird. Dies kann durch die Wasserwirtschaftsbehörde der Provinz in Zusammenarbeit mit den lokalen Akteuren geschehen und erfordert keine großen proaktiven Änderungen im Agrarsektor. Jenseits dieser niedrig hängenden Früchte sind die Optionen jedoch weniger klar umrissen und anfälliger für Streitigkeiten.

Generell ist es schwierig, den Wünschen der Stakeholder\*innen nach Zukunftsprognosen und präzisen Maßnahmen zu entsprechen. Standortbezogene Maßnahmen auf der Ebene einzelner Kraftwerke oder Grundwasserbrunnen bedürfen einer individuellen Bewertung

und können aufgrund der verbleibenden Unsicherheiten ebenfalls nicht zufriedenstellend sein. Es ist schwierig, eine resilienzfördernde Haltung in einem System zu fördern, das Ineffizienzen und Redundanzen nicht zulässt.

### **Erkenntnisse aus dem inter- und transdisziplinären Ansatz**

Transdisziplinäre Forschung hat Vor- und Nachteile. Einerseits ermöglicht sie ein besseres gegenseitiges Verständnis zwischen Wissenschaft und Praxis, um ultimativ relevanteres und anwendbares Wissen zu schaffen. Gleichzeitig bedarf es eines erhöhten Zeit- und Kommunikationsaufwands um dies zu erreichen und zeigt oft auch die Grenzen des Möglichen auf – nicht so sehr, weil Wissen nicht schaffbar wäre, sondern vielmehr, weil der Ressourcenbedarf zu hoch ist.

**Sorgfältiges Zeit- und Ressourcenmanagement** ist von entscheidender Bedeutung, kann aber die notwendige Flexibilität einschränken, um auf die unmittelbaren Interessen der Beteiligten zu reagieren. Wir hatten sachkundige und engagierte Partner\*innen in unseren Kernteams, die die bestmögliche Expertise in das Projekt einbrachten. Allerdings, sind genau solche Personen, auch jene, die sehr beschäftigt, und nicht einfach einzubinden sind. Monatliche Treffen von etwa einer Stunde Dauer über ein halbes Jahr hinweg wichen später im Projekt bedarfsorientierten Treffen, die ein tieferes Verständnis ermöglichten, aber letztlich konnte diese Art von Intensität aufgrund anderer Verpflichtungen und Bedürfnisse, aber auch aufgrund des unterschiedlichen Tempos der öffentlichen Entscheidungsfindung gegenüber der Forschung nicht bis zum Schluss aufrechterhalten werden.

**Rollen im Projekt** können nicht immer im Sinn der transdisziplinären Forschung, das heißt möglichst egalitär vergeben werden. Zum Beispiel können nicht alle Partner\*innen offizielle Projektpartner sein, sei es aufgrund ihrer Position in öffentlichen Ämtern, oder aufgrund anderer institutioneller oder finanzieller Restriktionen. Dies wiederum kann dazu führen, dass das Projekt eine unterschiedliche Priorität einnimmt, oder die eigene Rolle nicht im Sinne der Coproduktion, sondern zum Beispiel eher als Beratung wahrgenommen wird. Es bedarf daher zusätzlicher Kommunikation, um Rollen klar festzulegen und Raum um diese zu reflektieren.

**Sicherstellung der Akzeptanz von Werkzeugen und Prozessen der Kommunikation und Datenintegration.** Die interdisziplinäre Komponente von WaterStressAT war beträchtlich, da alle Arbeitsgruppen eng miteinander verflochten waren, und wir hatten eine hohe Kommunikationsfrequenz zwischen den Arbeitspaketen, vor allem vor und nach den verschiedenen Arbeitsschritten. QSM kann einen solchen Prozess bei der Vereinheitlichung von Terminologie und Wissensräumen unterstützen, allerdings muss die Zustimmung von Anfang an sichergestellt werden. Dadurch, dass QSM eine präzise Sprache verlangt und von unterschiedlichen Disziplinen und Sektorexpert\*innen verlangt die Komfortzone der eigenen technischen Sprache zu verlassen, ist dies ein potenziell schwieriges Unterfangen.

Der Bedarf an transdisziplinärer Forschung muss sorgfältig abgewogen werden, und es sollten nur in Projekten angestrebt werden, bei denen die kontinuierliche Interaktion und Kommunikation von entscheidender Bedeutung ist und aufgrund der Finanzierungs- und Interessenstruktur aller Partner\*innen aufrechterhalten werden kann. Es ist deshalb auch

dringend notwendig, die reichhaltigen Erkenntnisse aus solchen Prozessen zu dokumentieren und für Projekte zu ähnlichen und aufbauenden Thematiken zur Verfügung zu stellen. Qualitative System Karten haben das Potenzial solch eine Aufgabe zu erfüllen.

### **Weitere Forschung**

Fortsetzung der Entwicklung von resilienzfördernden Praktiken, insbesondere mit innovativen Landwirten, die zu Expert\*innen auf diesem Gebiet geworden sind. Dieselbe Zielgruppe, aber auch skeptischere Vertreter\*innen aus der Landwirtschaft, sollten in die Gestaltung politischer Wege für das Upscaling innovativer und resilienzfördernder landwirtschaftlicher Praktiken einbezogen werden, zusammen mit Akteur\*innen aus Handel und Einzelhandel, der Agrarpolitik auf nationaler und EU-Ebene sowie mit Experten\*innen aus dem Naturschutz.

Im Hinblick auf Qualitative System Mapping (QSM) müssen wir die geeignete Auswahl von QSM-Methoden im Kontext der Nachhaltigkeitswissenschaft besser verstehen lernen. Dazu gehören der Zeit- und Ressourcenaufwand, der mit alternativen Methoden verbunden ist, und die Identifizierung geeigneter Indikatoren für die Überwachung und Bewertung von QSM Anwendungen im Hinblick auf alternative Zwecke. Weniger verbreitete Methoden benötigen zusätzliche Anwendungen im Kontext der Nachhaltigkeitswissenschaft.

Darüber hinaus benötigen wir ein besseres Verständnis dafür, wie die für alternative QSM-Methoden erforderlichen Prozesse zur Wissensintegration gestaltet werden können. Zum Beispiel strukturierte Methoden, die inter- und transdisziplinären Projektteams helfen, effizient zu interagieren und zu kommunizieren. Auch die Datenintegration (Aggregation, Syntax und Kategorisierung) wird von zusätzlichen, systematischen Untersuchungen und praktischen Leitlinien profitieren.

Gletscher haben einen wesentlichen Einfluss auf die Hydrologie im Pinzgau. Gletscher wirken als natürliche Speicher und tragen zum Abfluss bei, insbesondere im Sommer, wenn der Bedarf hoch und das Wasserangebot gering ist. Das hydrologische Modell cWATm, das in diesem Projekt verwendet wurde, berücksichtigt Gletscher auf einfache Weise, aber wir haben festgestellt, dass für die Region Pinzgau ein ausgefeilterer Ansatz erforderlich ist. Daher haben wir bereits mit der Kopplung von cWATm mit dem Gletschermodell "Open Global Glacier Model" (OGGM) <https://oggm.org> begonnen. Diese Kopplung wird im SOS-Water Projekt für die obere Donau verwendet werden und den aktuellen Beitrag der Gletscher zur Hydrologie und Wasserkraft sowie zukünftige Klimaprojektionen mit schrumpfenden oder fehlenden Gletschern besser widerspiegeln.

Über die Schätzung der Abflussdauerlinie hinausgehen. Für den Pinzgau haben wir die Veränderung der Abflussdauerkurve im Hinblick auf den Klimawandel abgeschätzt. Die Abflussdauerkurve ist ein wichtiger Indikator für die Bestimmung des optimalen Betriebs von Wasserkraftanlagen. Änderungen der Niederschläge und der Gletscherschmelze aufgrund des Klimawandels können die Form der Abflussdauer-Kurve beeinflussen, was für die Anpassung des Wassermanagements der Wasserkraft wichtig ist. Der nächste Schritt ist die Einbeziehung der Abflusskurve, des natürlichen Potenzials des stromaufwärts gelegenen Gebiets einer Wasserkraftanlage (d. h. Gefälle, Höhe), der umweltbedingten Abflussbeschränkungen und der Turbinenauswahl in die Entscheidungsmanagement-planung für bestehende und geplante Wasserkraftwerke.

## C) Projektdetails

### 6 Methoden

Bei WaterStressAT verfolgten wir einen mixed-method Ansatz, der qualitative und quantitative Methoden der Systemanalyse kombinierte und den Beteiligten die Möglichkeit gab, sowohl Probleme als auch Lösungen mitzugestalten. Das Projekt hatte also sowohl inter- als auch transdisziplinäre Komponenten. Dies ist von entscheidender Bedeutung für ein Nexus-Problem wie Wasserstress, das sektorale, administrative sowie natürliche Grenzen überschreitet. Wenn man den Klimawandel in die Gleichung mit einbezieht, kommt eine zusätzliche Ebene großer Ungewissheit hinzu, was unseren Ansatz weiter rechtfertigt. Wir haben daher sozial- und naturwissenschaftliches Wissen sowie praktisches Fachwissen von Expert\*innen, die mit den Fallstudienregionen vertraut sind, integriert. Wir haben dies in vier - kontinuierlich interagierenden - Arbeitspaketen (WPs) operationalisiert.

#### **(WP1) Stakeholder\*innen-Prozess**

Im Arbeitspaket 1 wurde ein Stakeholder\*innen-Prozess über die gesamte Projektlaufzeit (20. Oktober 2020 - 30. November 2022) aufrechterhalten und die Transdisziplinarität unserer Forschung sichergestellt.

Die wichtigsten Elemente dieses Workshops waren eine umfassende Kartierung der Stakeholder\*innen (Abbildung 8), ein Plan für das Stakeholder\*innen-Management, der regelmäßige Treffen der Kernteams und breitere Stakeholder\*innen-Workshops vorsah, um ein breiteres Publikum anzusprechen. Dieser Plan umfasste auch die Planung von Interviews und bilateralen Gesprächen mit Interessengruppen, die in anderen Arbeitspaketen tätig sind.

#### Kernteams und Kernteamsitzungen:

Die Kernteams bestanden aus 3-4 lokalen und regionalen Expert\*innen, die relevante Sektoren in der Region repräsentierten. Wir hatten sie im Vorfeld des Projekts kontaktiert, und sie waren ab dem offiziellen Kick-off an der Festlegung der spezifischen Forschungsfragen beteiligt, so dass sie in der Lage waren, die Richtung des Projekts zu beeinflussen, allerdings waren ihnen durch die verfügbaren Modelle und Daten Grenzen gesetzt. Die Kernteams trafen sich im ersten halben Jahr einmal im Monat für etwa eine Stunde und danach nach Bedarf, insbesondere zur Vorbereitung und Nachbesprechung von Workshops. Die Treffen dienten dazu, den Schwerpunkt des Projekts festzulegen und ein gegenseitiges Verständnis für die wissenschaftlichen Möglichkeiten und die praktischen Erfordernisse sicherzustellen.

#### Workshops mit Interessenvertretern:

Neben den Treffen des Kernteams und den Interviews in jeder Region organisierten wir in jeder Region einen Stakeholder\*innen-Workshop, der sich auf die jeweils spezifizierten Wasserstressfragen konzentrierte. Der Seewinkel-Workshop musste online stattfinden, den wir persönlich im Pinzgau abhalten konnten. Die Absicht war, beide Workshops mit QSM-Maßnahmen zu unterstützen. Eine Online-Kartierung in einem Workshop hätte jedoch wesentlich mehr Zeit und Vorbereitung erfordert, wofür die Teilnehmer nicht zur Verfügung standen. Im Pinzgau nutzten wir das Live-Mapping, um die Diskussionen mit den Stakeholder\*innenn zu dokumentieren und zu erleichtern.

### Abschließende Einbindung der Stakeholder\*innen:

Die abschließenden Veranstaltungen in jeder Region ergaben sich organisch aus dem TD-Prozess. In Illmitz lud uns das Nachhaltigkeitsforum Illmitz zu einer Veranstaltung mit Bürgern ein, um unsere Ergebnisse zu präsentieren und zu diskutieren. Im Pinzgau wurden wir zum gleichen Zweck zum "Betreibertag" der Wasserkraftbetreiber in Salzburg eingeladen.

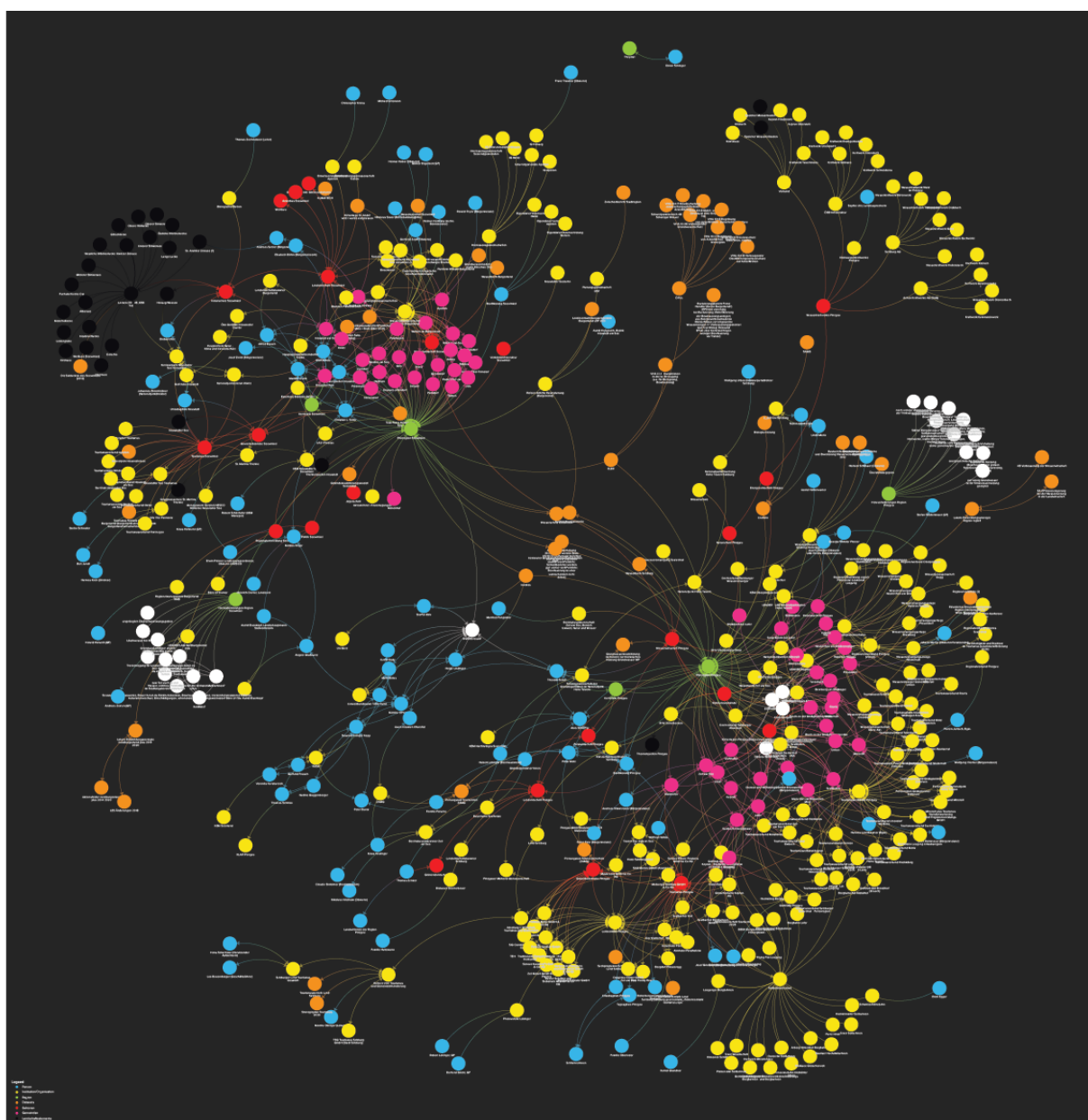


Abbildung 8: Stakeholder-Mapping in kumu.io. Diese diente als Referenz für die Auswahl der Stakeholder für die Interaktion im Projekt.

### **(WP2) Qualitative System Mapping (QSM)**

Zur Verarbeitung der Informationen aus dem Stakeholder\*innen-Prozess in Arbeitspaket 1 und zur Integration anderer Daten, z. B. aus bestehenden Projekten, öffentlichen Maßnahmen und Interviews, erstellten wir umfassende Systemkarten für jede Region, die wich-

tige Wechselwirkungen und Rückkopplungen in der Region in Bezug auf Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung aufzeigen. Diese Karten bildeten den Ausgangspunkt für eine Reihe von Managementoptionen.

Qualitative Systemkarten sind Netzwerke aus Knoten und Kanten und wurden in verschiedenen Disziplinen wie Betriebswissenschaft und Systemdynamik, Bildungsforschung und Psychologie entwickelt. Grundlegende Ansätze der QSM sind Kausaldiagramme, Konzeptkarten und kognitive Karten. Unsere QSM-Anwendung für WaterStressAT befand sich an der Schnittstelle der drei Ansätze (Abbildung 2) - mit dem Hauptziel, (1) die transparente und systematische Dokumentation von Daten zu verbessern - insbesondere in Mixed-Methods-Designs; (2) klare und systematische Fallbeschreibungen zu ermöglichen; und (3) die inter- und transdisziplinäre Kommunikation zu unterstützen (Hanger-Kopp et al. akzeptiert zur Veröffentlichung in Sustainability Science).

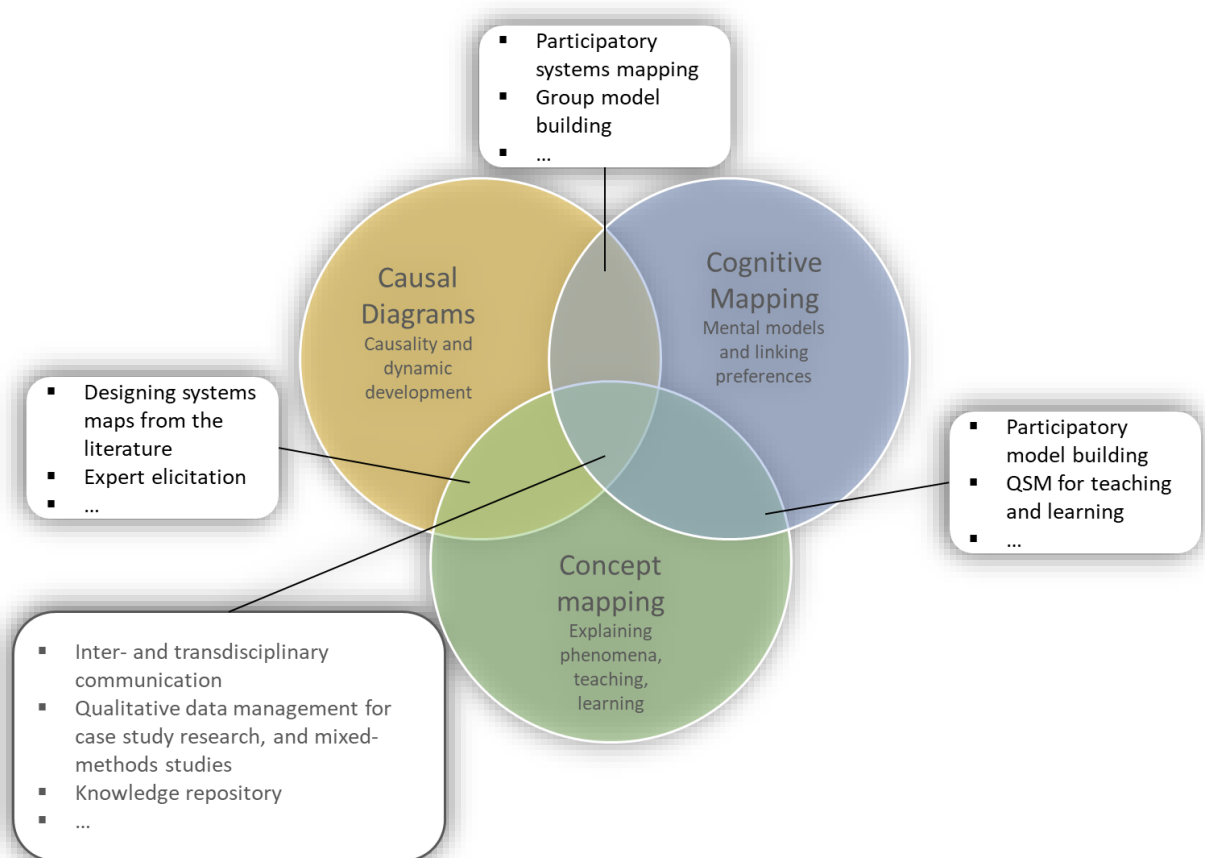


Abbildung 9: QSM am Schnittpunkt von Causal Diagrams, kognitivem Mapping und Concept Mapping, wie es in WaterStressAT angewendet wird. Angepasst von Hanger-Kopp et al. (accepted).

### (WP3) Hydrologische Modellierung mit cWATm

Wir erstellten hydrologische Modelle für jede Region in hoher Auflösung, um die schwierigen Merkmale der Fallstudienregionen zu berücksichtigen, die sich von anderen lokalen und regionalen hydrologischen Systemen stark unterscheiden.

Das hydrologische Modell cWATm wurde für das Salzach- und Saalachgebiet bis Oberndorf, einschließlich des Pinzgaus, mit einer Auflösung von 1 km/Tag erstellt. Die GSA stellte den Spartactus-Datensatz (historische meteorologische Daten von 1971-2016) zur Verfügung.

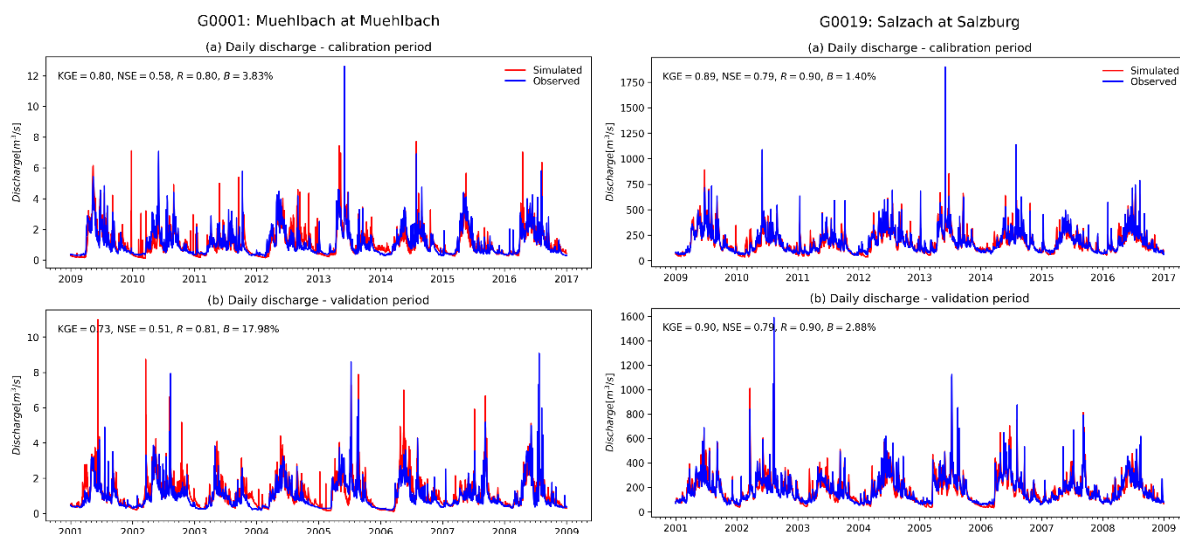


Abbildung 10: Kalibrierungsergebnisse für Station 1: Mühlbach und Station 10: Salzburg als Beispiel für 19 Kalibrierungsstationen. Die Kalibrierungsergebnisse zeigen eine Kling-Gupta-Effizienz für den Kalibrierungszeitraum 2009-2017 von 0,59 (niedrige Leistung) in Obersulzbach bis zu 0,9 (sehr gute Leistung) in Oberndorf mit einem Durchschnitt von 0,8 (gute Leistung).

In jeder Zelle wurden Landbedeckungsfraktionen (Wald, Grünland, bewässertes Gebiet, städtisches Gebiet und Wasserfläche) aus Copernicus 'Corine Land Cover' Karten definiert. Ein digitales Höhendigramm (DEM) wurde aus dem Copernicus EU-DEM mit einer Auflösung von 25 m erstellt. Das DEM und der Copernicus EU-Hydro-Datensatz wurden für die Erstellung des Flussnetzes verwendet. Zur Kalibrierung und Validierung werden hydrologische Daten von [www.ehyd.at](http://www.ehyd.at) für 19 Stationen entlang der Salzach, Saalach und ihrer Nebenflüsse verwendet (Abbildung 10).

Das Modell cWATm-MODFLOW6 wird mit einer Auflösung von 1 km/Tag angewandt, verbunden mit einer MODFLOW-Auflösung von 100 m. Um den Einfluss des regionalen Grundwasserflusses zu erfassen, ist das modellierte Gebiet größer als das Untersuchungsgebiet. Innerhalb des Untersuchungsgebiets gibt es keinen Fluss, aber mehrere Kanäle, die Grundwasser ableiten. Das Grundwasser, das den Grundwasserleiter unter den Kanälen und Seen verlässt, gelangt direkt in das Oberflächenwassernetz. Der Bewässerungsbedarf und die damit verbundenen Pumpraten hängen von dem Defizit zwischen dem potenziellen Evapotranspirationsbedarf und dem aktuellen Bodenwassergehalt innerhalb der cWATm-Zelle ab. Das Modell reproduziert die zeitlich gemittelten Grundwasserspiegelhöhen, die in 65 Bohrlöchern im Seewinkel gemessen wurden. Daraus lässt sich schließen, dass der hydraulische Gradient und die Tiefe des Grundwasserspiegels recht gut wiedergegeben werden und dass das Modell die Schwankungen des Grundwasserspiegels im Durchschnitt aller Messbohrungen erfolgreich reproduziert (Abbildung 11). Guillaumot et al. 2022.



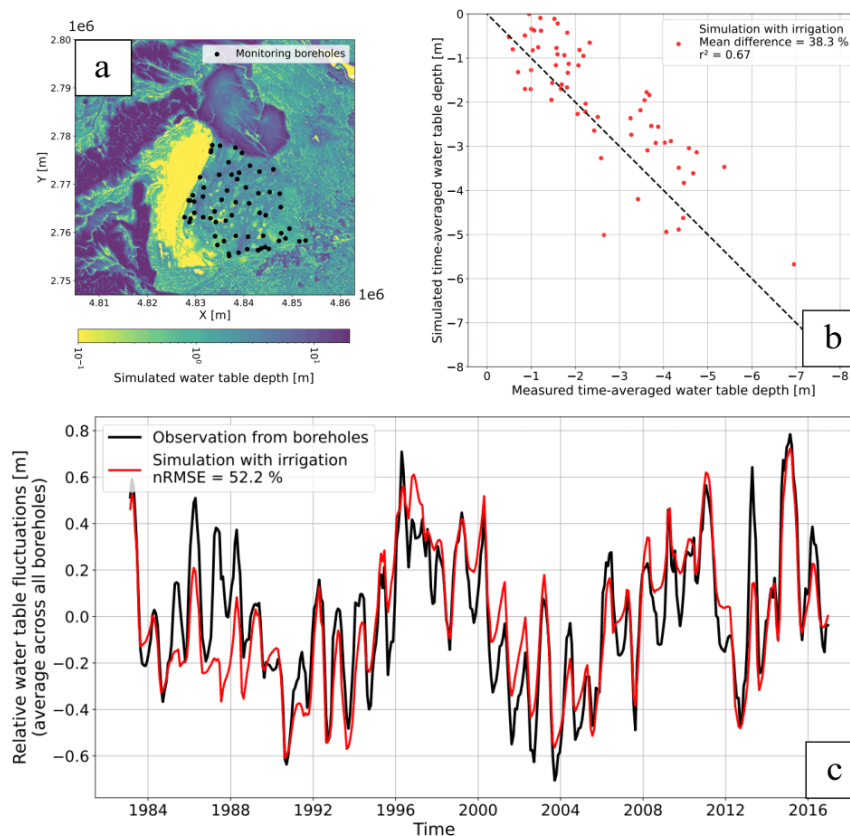


Abbildung 11: (a) Map of the monitoring boreholes in the Seewinkel region. (b) Comparison between observed and simulated time-averaged water table depth. (c) Comparison between monthly observed and simulated water table time fluctuations averaged across all monitoring boreholes and expressed as anomalies (relative to the time average).

Source: Guillaumot et al. 2022

Darüber hinaus wurden Informationen über das regionale hydrogeologische Umfeld zusammengestellt, um die Darstellung des Grundwassers im hydrologischen Modell cWATm des Seewinkels zu unterstützen. Auf der Grundlage der geologischen Daten aus den verfügbaren Bohrungen wurde ein dreidimensionales Modell der Sedimentablagerungen erstellt und in eine zweidimensionale Zonierung transformiert, die die Heterogenität der hydraulischen Leitfähigkeit darstellt. Die anfänglichen Schätzungen der hydraulischen Leitfähigkeit wurden durch die Kalibrierung eines Grundwasserströmungsmodells, das den oberflächennahen Seewinkel-Grundwasserleiter repräsentiert, weiter ausgewertet und verbessert. Die Ergebnisse des Grundwasserströmungsmodells deuten ferner darauf hin, dass die Evapotranspiration des Grundwassers etwa ein Viertel des gesamten Abflusses aus dem flachen Seewinkel-Grundwasserleiter ausmacht. Da die Erwärmung die Evapotranspiration verstärkt, ist diese Erkenntnis für Projektionen der Auswirkungen des Klimawandels auf den Grundwasserspiegel im Seewinkel von Bedeutung. Eine noch wichtigere Auswirkung auf den Grundwasserspiegel wird jedoch von einer möglichen künftigen Zunahme der Grundwasserentnahme erwartet.

## (WP4) Hydro-ökonomische Modellierungen

Hier haben wir zwei Ansätze verwendet, um den Wasserstress zu bewerten und Wege für die Wasserbewirtschaftung zu ermitteln. Im Rahmen des ersten Ansatzes wurde ein Systemdynamikmodell für die gesamte Region Seewinkel als ein einziges pauschales System entwickelt. Im zweiten Ansatz wurde das Modell Extended Continental-scale Hydroeconomic Optimization (ECHO) für die Region Seewinkel entwickelt, wobei die einzelnen Gemeinden als Entscheidungsträger fungierten. Die beiden genannten Ansätze nutzen die Simulationsdaten aus WP3, die von cWATm (Community Water Model) generiert wurden. Genauer gesagt wurden Parameter wie Grundwassertiefe, Bewässerungswasserbedarf, Seepiegel, Verdunstung von Pflanzen und Grundwasserneubildung zur Kalibrierung der Systemdynamikmodelle verwendet. Die beiden Modelle werden aus den gerasterten Simulationsdaten von cWATm hochskaliert.

Im ersten Modellierungsansatz wurde die Wirksamkeit der Anpassungsstrategien bewertet, die von den in WP1 identifizierten lokalen Stakeholder\*innen vorgeschlagen wurden. Ein System Dynamics (SD)-Modell wurde als analytisches Werkzeug für die Wasserpolitik entwickelt und bietet eine Alternative zu komplexen hydrologischen Modellen (Abbildung 12). Dieses Modell wurde mit realen Daten und Simulationsdaten aus der cWATm-Modellierung für die gesamte Region Seewinkel als ein einziges System kalibriert. Die Zukunftsszenarien wurden durch verzerrungskorrigierte EURO-CORDEX-Klimaprojektionen über drei repräsentative Konzentrationspfade (RCPs) für den Zeitraum 2010-2100 gesteuert. Durch Anpassungen von drei Modellparametern (Bewässerungseffizienz, Anbauverlagerungen, künstliche Grundwasseranreicherung) wurden die Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen simuliert.

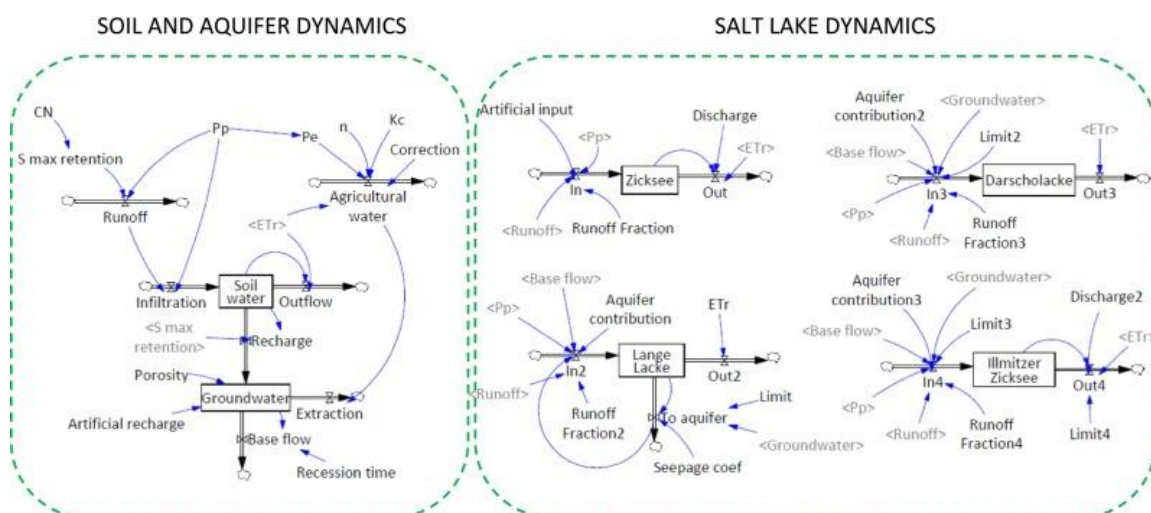


Abbildung 12: Das SD-Modell mit seinen zwei Teilmodellen. Das Teilmodell auf der linken Seite simuliert die Boden- und Aquiferdynamik sowie die IWD. Das rechte Teilmodell modelliert die Seedynamik. CN ist die Kurvennummer, Pp ist der durchschnittliche monatliche Niederschlag, Pe ist der effektive Niederschlag, Etr ist die durchschnittliche monatliche Evapotranspiration, Kc ist der Erntefaktor und  $\eta$  ist der Bewässerungswirkungsgrad.

Im zweiten Modellierungsansatz wurde ein ähnliches Modell erstellt, allerdings auf Gemeindeebene (siehe Abbildung 13). Das kalibrierte Systemmodell erfasst die hydrologischen Wechselwirkungen zwischen den Gemeinden und zwischen den Salzseen und dem spezifischen Grundwasserspiegel in der Gemeinde. Es wurde vorgeschlagen, den Seewinkel in Gemeinden aufzuteilen, um gezielte Maßnahmen auf einer bestimmten Gemeindeebene zu

ermitteln. Bei diesem Ansatz wurde ein multikriterieller Rahmen analysiert, um die Einnahmen aus dem Agrarsektor zu maximieren und gleichzeitig den Grundwasser- und Salzseespiegel auf einem akzeptablen Niveau zu halten. Die Optimierungsmodelle wurden in der MATLAB-Umgebung erstellt, um die wirtschaftlichen und hydrologischen Auswirkungen in vier verschiedenen Klimaszenarien zu untersuchen. Darüber hinaus wurden im Optimierungsrahmen volumetrische Pumpbeschränkungen auf kommunaler Ebene angewendet.

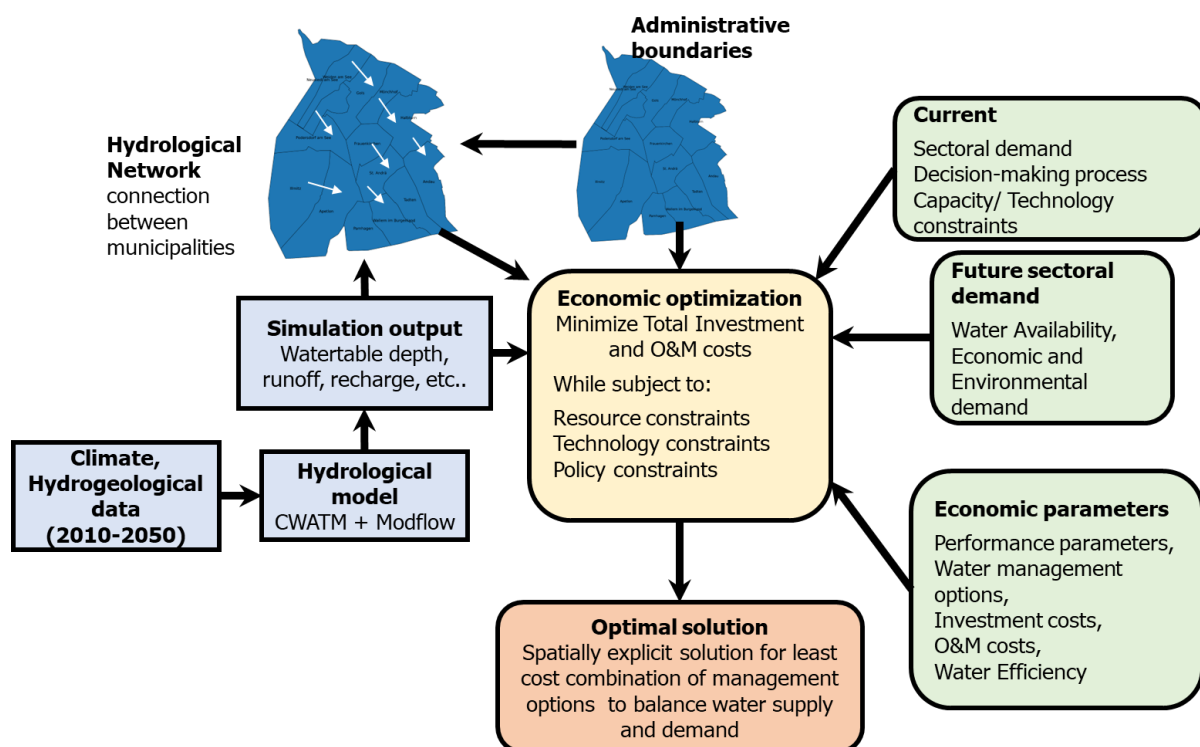


Abbildung 13: Das ECHO-Modell, einschließlich seiner Verbindung zu cWATm.

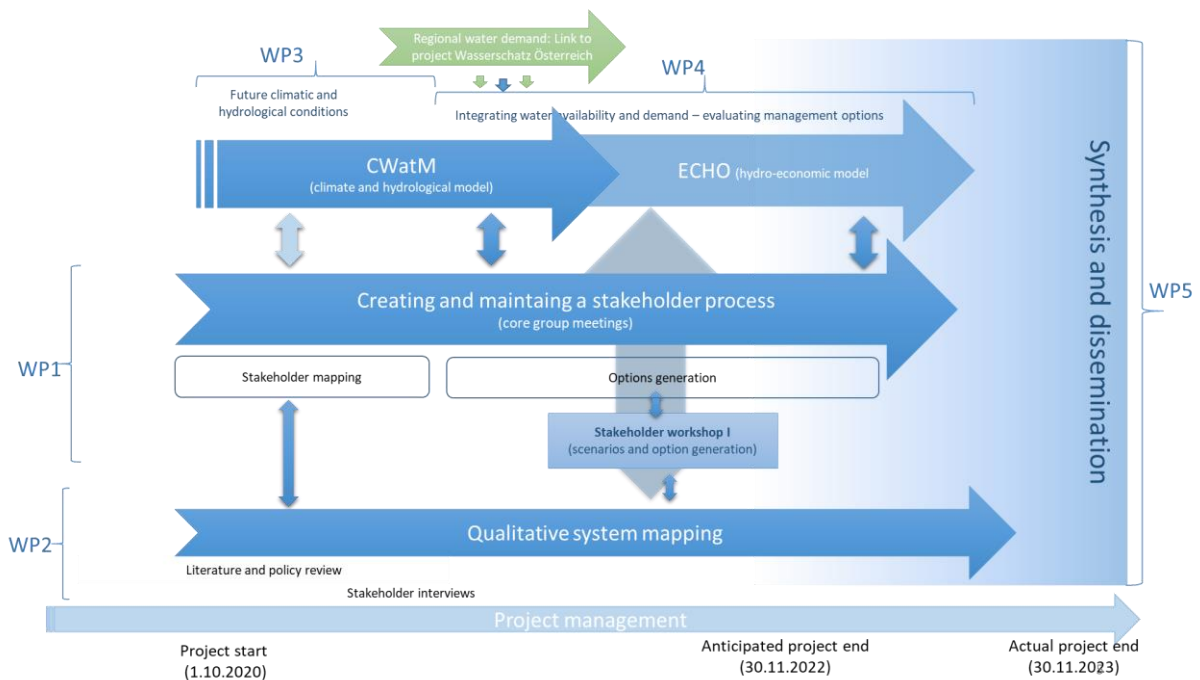
## (WP5) Synthesis and dissemination

Arbeitspaket 5 beinhaltete Synthese und Ergebnisse, die sich sowohl an politische Entscheidungsträger als auch an akademische Fachleute richteten. Wir haben in diesem Arbeitspaket keine spezifische Methodik verfolgt, die den Kommunikationsaufwand in einem inter- und transdisziplinären Projekt während des gesamten Prozesses berücksichtigt und schließlich die Ergebnisse zusammenfasst und verbreitet.

Kommunikation und Wissensintegration sind in einem inter- und transdisziplinären Forschungsprojekt von entscheidender Bedeutung. Die qualitativen Systemkarten, die in WP2 erstellt wurden, waren in mehrfacher Hinsicht nützlich für die Betrachtung und Integration von Wissen über WPs und Sektoren hinweg.

- Harmonisierung der Terminologie und Aufdeckung von Missverständnissen.
- Aushandeln von Grenzen und Möglichkeiten.
- Kommunikation von Umfang und Grenzen der Modelle.

## 7 Arbeits- und Zeitplan



## 8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Tabellarische Angabe von wissenschaftlichen Publikationen, die aus dem Projekt entstanden sind, sowie sonstiger relevanter Disseminierungsaktivitäten.

<p>Peer-reviewed publications</p>	<p>Guillaumot, L. , Smilovic, M. , Burek, P. , de Bruijn, J. , Greve, P., Kahil, T. , &amp; Wada, Y. (2022). Coupling a large-scale hydrological model (CWatM v1.1) with a high-resolution groundwater flow model (MODFLOW 6) to assess the impact of irrigation at regional scale. <i>Geoscientific Model Development</i> 15 (18) 7099-7120. <a href="https://doi.org/10.5194/gmd-15-7099-2022">10.5194/gmd-15-7099-2022</a>.</p> <p>Valencia, R., Guillaumot, L. , Sahu, R.K., Nam, C., Lierhammer, L., &amp; Mániz Costa, M. (2023). An assessment of water management measures for climate change adaptation of agriculture in Seewinkel. <i>Science of the Total Environment</i> 885 e163906. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163906">10.1016/j.scitotenv.2023.163906</a>.</p> <p>Hanger-Kopp, S., Lemke, LeoL.-K, Beier, J. (accepted). What qualitative system mapping is and what it could be. Integrating and visualizing diverse knowledge of complex problems. <i>Sustainability Science</i>.</p>
	<p>Lemke, L.-K., Beier, J., Hanger-Kopp, S. 1. (In review at <i>Environmental Science and Policy</i>). A Systematic Mapping Approach to Stakeholder*innen Identification.</p>

	<p>Sahu, R., et al. Adaptive Hydroeconomic Optimization under Climate Variability: Water Management Strategies for the Seewinkel Region and Their Environmental Impacts. (To be submitted to Journal of Water Resources Planning and Management).</p> <p>Hanger-Kopp, S., et al. Inter- and transdisciplinary research processes: aligning computational modelling, social empirical research, and Stakeholder*innen work. (To be submitted as a design report to GAIA or PLOS One).</p>
<p>Reports</p>	<p>Beier J. and Hanger-Kopp, S. (July 2023): <a href="#">Analysis report Common Agricultural Policy</a>.</p>
<p>Policy briefs</p>	<p><u>Beier, J. &amp; Hanger-Kopp, S. (2023). <i>Bewässerung in der österreichischen GAP 2023-2027: Ressourcenschonende landwirtschaftliche Produktion im Seewinkel [Irrigation in the Austrian common agricultural policy 2023-2027: Resource-saving agricultural production in the Seewinkel area]</i>. IIASA Policy Brief. Laxenburg, Austria</u></p> <p>Wasserstress in einer wasserreichen Region Auswirkungen des Klimawandels auf den Abfluss im Pinzgau, Österreich. Water-StressAT <a href="#">Policy Brief Pinzgau</a></p> <p>Wasserstress in einer wasserreichen Region Auswirkungen des Klimawandels auf den Abfluss im Pinzgau, Österreich. Water-StressAT <a href="#">Policy Brief Seewinkel</a></p> <p>Modellierung von Wasserstress im burgenländischen Seewinkel <a href="#">Technical Brief Seewinkel</a></p>
<p>Presentations/Posters</p>	<p>Beier, J., Hanger-Kopp, S., &amp; Kwhang-Gil Lemke, L. (2023). <i>Integrative Qualitative Systems Mapping (IQSM) approach for knowledge integration in transdisciplinary research</i>. In: <i>adaptation futures 2023</i>, 2-6 October, 2023, Montreal, Canada.</p> <p>Beier, J. (2023). Integrating knowledge and enhancing systems-thinking using qualitative systems mapping. In SHIFT Conference 19 September 2023, Graz, Austria.</p> <p>Hanger-Kopp S. (2023). Eine Systemperspektive auf den Seewinkel und Entwicklungsmöglichkeiten. Invited Talk. Sustainability Forum Illmitz. 26 July, 2023, Illmitz, Austria</p> <p>Hanger-Kopp-S. and Beier, J. (2023). <i>A local systems-based approach to explore water stress under climate change</i>. In: 6<sup>th</sup> European</p>

	<p>Climate Change Adaptation Conference 19-21 June 2023, Dublin, Ireland.</p> <p>Hanger-Kopp, S. and Smilovitch, M. (2023). <i>WaterStressAT Bedeutung im Spannungsfeld des Klimawandels: Beispiel Wasserkraft</i>. Invited Talk at 5. „Betreibertag Wasserkraft“ at RENEXPO INTERHYDRO 30 March 2023, Salzburg, Austria.</p> <p>Hanger-Kopp, S., Birk, S., Burek, P., Guillaumot, L., Jauck, M., Kahil, T., Karabaczek, V., Lindinger, H., et al. (2022). <i>Distinguishing and analysing regional water stress in two Austrian regions using participatory modelling</i>. In: <i>Österreichischer Klimatag 2022</i>, 20-22 April 2022.</p> <p>Hanger-Kopp, S., Birk, S., Burek, P., Guillaumot, L., Jauck, M., Kahil, T., Karabaczek, V., Lindinger, H., et al. (2021). <i>WaterStressAT - Climate change induced water stress - participatory modeling to identify risks and opportunities in Austrian regions</i>. In: <i>Österreichischer Klimatag 2021</i>, 12-13 April 2021.</p>
Theses	<p>Zapfl, N. 2023: <i>Kleinwasserkraft im Pinzgau: Bedeutung und Veränderung durch den Klimawandel</i>. BA thesis, submitted at ETH Zürich.</p> <p>Wawra, C. 2023: <i>Groundwater Model of the Shallow Seewinkel Aquifer - Investigating Potential Water Stress</i>. MA thesis submitted at Uni Graz.</p> <p>Under Climate Change Vremec, M. 2023: <i>Model-data integration to understand the sensitivity of montane grassland water fluxes to warming and elevated CO2 Concentrations</i>. PhD thesis (Chapter 4), submitted at Uni Graz</p>

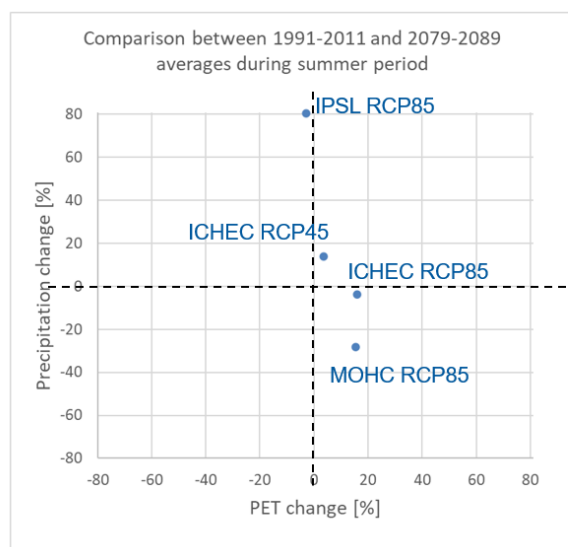
# Annex 1:

Verschiedene räumliche Definitionen des Seewinkels, einschließlich derjenigen, die im Wasserschatz Österreichs und im WaterStressAT verwendet werden

Abgrenzung	Bezeichnung	Gebiet km <sup>2</sup>
Verwaltung	Bezirk Neusiedl am See	1039
Wasserwirtschaft (Wasserschatz)	Grundwasserkörper	412
Landwirtschaft	Landwirtschaftliches Produktionsgebiet	269
Einzugsgebiet (WaterStressAT) – CWatM)	CWatM-Grenzen, 1 km-Raster	3074
WaterStressAT – verwaltungstechnisch	14 Gemeinden, 1 km Raster	649

# Annex 2:

Klimaszenarien in WaterStressAT.



PET: Potenzielle Evaporation  
 Sommer Period: Juni-Juli-August

- ICHEC RCP45: Szenario 1
- ICHEC RCP85: Szenario 2
- IPSL RCP85: Szenario 3
- MOHC RCP85: Szenario 4

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.