





Extremereignisse, Ökosysteme und gerechte Transformation

Endbericht

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Klima- und Umweltschutz,
Regionen und Wasserwirtschaft

 Bundesministerium
Frauen, Wissenschaft
und Forschung



umweltbundesamt^U



Auftraggeber

Bundesministerium für Frauen, Wissenschaft und Forschung
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und
Wasserwirtschaft
Klima- und Energiefonds
Land Oberösterreich

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt GmbH

Projektleitung

Herbert Formayer
Institut für Meteorologie und Klimatologie
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Gregor-Mendel-Straße 33, 1190 Wien

Redaktion

Herbert Formayer, Mimi Amaichigh
Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur

www.startclim.at

StartClim2024 wurde aus Mitteln des BMLUK, BMFWF, Klima- und Energiefonds
und dem Land Oberösterreich gefördert.

Wien, Oktober 2025

Druck, November 2025

Beiträge aus StartClim2024

StartClim2024.A: Analyse der Auswirkungen von Hitzeperioden auf die Oberflächen- und Wassertemperatur in der Region Neusiedler See – Seewinkel mit thermischen Satellitendaten (HOT)

Fachbereich Geoinformatik - Z_GIS, Paris Lodron Universität Salzburg

StartClim2024.B: Pluviale und fluviale Hochwässer – wie EXTREM wird das neue "Normal" bei unzureichender Anpassung an klimawandelbedingte Änderungen

RIOCOM – Ingenieurbüro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

StartClim2024.C: Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasserernte Praktiken in Ostösterreich (WiBo)

RIOCOM – Ingenieurbüro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

StartClim2024.D: Szenarien für eine sozial gerechte Energie- und Wärmewende im Wohngebäudebereich in Österreich

Universität für Bodenkultur – Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit (gW/N)

StartClim2024.E: Systemdynamische Betrachtung von Szenarien zur Klimawandelanpassung im Kontext der Erreichung der SDGs in Österreich – Identifizierung von Dynamiken, Wechselwirkungen und Synergiepotentialen

Universität für Bodenkultur – Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit (gW/N)

StartClim2024.F: Moorrenaturierung mit Kohlenstoffzertifikaten: welchen Beitrag können freiwillige regionale Kohlenstoffmärkte leisten?

Universität für Bodenkultur Wien – Institut für Wald, Umwelt- und Ressourcenpolitik

StartClim2024.G: av.geo.clim – Vulnerable Alpine Infrastruktur im Klimawandel – Sensibilisierung im Naturraum

Österreichischer Alpenverein (ÖAV)

Institut für Geographie der Universität Innsbruck

Büro für Freizeitrecht

StartClim2024.H: Vergleich zweier Bewirtschaftungsintensitäten auf montanen Dauerwiesen hinsichtlich Wassernutzungs- und Ökoeffizienz, Ertrag, Futterqualität und ökonomischer Aspekte

Raumberg-Gumpenstein Research & Development

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft

Universität Graz – Institut für Erdwissenschaften

Wissenschaftliche Leitung und Koordination

Institut für Meteorologie und Klimatologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien
Assoc. Prof. Dr. Herbert Formayer
Mimi Amaichigh, MSc

Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Jill Jäger, Independent Scholar
Prof. Dr. Hartmut Graßl, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Universität Hamburg
Dr. Roland Hohmann, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Schweiz
Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, Universität für Bodenkultur

Koordinierungsgremium

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Klima- und Energiefonds
Land Oberösterreich

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt GmbH
DI Eva Margelik
Dr. Maria Balas

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
Kurzfassung.....	6
Das Forschungsprogramm StartClim.....	11
StartClim2024.A: Analyse der Auswirkungen von Hitzeperioden auf die Oberflächen- und Wassertemperatur in der Region Neusiedler See – Seewinkel mit thermischen Satellitendaten (HOT)	12
StartClim2024.B: Pluviale und fluviale Hochwässer - wie EXTREM wird das neue "Normal" bei unzureichender Anpassung an klimawandelbedingte Änderungen.....	15
StartClim2024.C: Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasserernte Praktiken in Ostösterreich (WiBo).....	18
StartClim2024.D: Szenarien für eine sozial gerechte Energie- und Wärmewende im Wohngebäudebereich in Österreich.....	20
StartClim2024.E: Systemdynamische Betrachtung von Szenarien zur Klimawandelanpassung im Kontext der Erreichung der SDGs in Österreich – Identifizierung von Dynamiken, Wechselwirkungen und Synergiepotentialen.....	22
StartClim2024.F: Moorrenaturierung mit Kohlenstoffzertifikaten: welchen Beitrag können freiwillige regionale Kohlenstoffmärkte leisten?.....	24
StartClim2024.G: av.geo.clim - Vulnerable alpine Infrastruktur im Klimawandel - Sensibilisierung im Naturraum	26
StartClim2024.H: Vergleich zweier Bewirtschaftungsintensitäten auf montanen Dauerpflanzen hinsichtlich Wassernutzungs- und Ökoeffizienz, Ertrag, Futterqualität und ökonomischer Aspekte	28
Verweise.....	30

Kurzfassung

Das Forschungsprogramm StartClim widmet sich seit 2008 dem Thema Anpassung an den Klimawandel. In StartClim2024 befassten sich die Projekte mit Fragestellungen verschiedener Themenbereiche: Auswirkungen von Hitzeperioden auf die Wassertemperatur, Pluviale und fluviale Hochwässer, Wasserernte Praktiken, sozial gerechte Energie- und Wärmewende, Klimawandelanpassung, Moorrenaturierung mit Kohlenstoffzertifikaten, Vulnerable Alpine Infrastruktur im Klimawandel und Bewirtschaftungsintensitäten.

Analyse der Auswirkungen von Hitzeperioden auf die Oberflächen- und Wassertemperatur in der Region Neusiedler See – Seewinkel mit thermischen Satellitendaten (HOT)

Der Neusiedler See ist einer der wenigen Steppenseen Europas und bildet mit seinem salzhaltigen Wasser, den Salzlacken und dem ausgedehnten Schilfgürtel ein einzigartiges Ökosystem. Der See wird hauptsächlich durch Niederschläge gespeist, die nahen Salzlacken trocknen regelmäßig aus. Extremereignisse wie Hitze und Dürre – zunehmend durch den Klimawandel verstärkt – gefährden das fragile Ökosystem. Das Projekt HOT untersuchte die Auswirkungen zunehmender Hitzewellen auf Land- und Wasseroberflächen anhand thermischer und optischer Satellitendaten. Zeitreihenanalysen wurden durchgeführt, um Temperaturtrends, Vegetationsveränderungen und Unterschiede zwischen Schutzgebieten und nicht geschützten Flächen zu analysieren. Die Kombination von Satelliten- und meteorologischen Daten erlaubt ein flächendeckendes Monitoring der Oberflächen- und Wassertemperatur sowie der Vegetationsvitalität – ein wichtiger Beitrag zur Bewertung von Klimawandelfolgen und zur Entwicklung von Regenerations- und Managementstrategien.

Zwischen 1982 und 2024 zeigt die Region Neusiedler See einen Anstieg in Häufigkeit und Dauer von Hitzewellen, die seit 2005 zudem früher im Jahresverlauf beginnen und später enden – was die Bedeutung einer kontinuierlichen räumlich-zeitlichen Überwachung unterstreicht. Analysen von Vegetationsindizes und Oberflächentemperaturen zeigen tendenziell eine stärkere negative Veränderung der Pflanzengesundheit in geschützten als in ungeschützten Gebieten nach Hitzewellen. Dieser Unterschied lässt sich teilweise durch die Verteilung der Landbedeckungstypen erklären: Nicht geschützte Gebiete werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt, während Schutzgebiete größtenteils aus Grasland, Wald und Feuchtgebieten bestehen. Landwirtschaftliche Flächen in nicht geschützten Regionen scheinen weniger betroffen zu sein, was wahrscheinlich auf Bewässerung und andere Anpassungsmaßnahmen zurückzuführen ist, die zur Minderung von Hitzestress beitragen. Im Gegensatz dazu weisen Wälder und Feuchtgebiete in Schutzgebieten stärkere Veränderungen im Vegetationsindex auf, was auf eine größere Empfindlichkeit gegenüber Hitzewellen hindeutet.

Detaillierte Analysen mit höher aufgelösten Landnutzungsdaten und längeren Zeitreihen könnten hier in Zukunft genauere Informationen liefern. Die Verwendung von thermalen Satellitendaten ermöglicht es, räumliche Trends zu erkennen und diese mit Veränderungen in der Pflanzengesundheit zu verbinden.

Pluviale und fluviale Hochwässer - wie EXTREM wird das neue "Normal" bei unzureichender Anpassung an klimawandelbedingte Änderungen

Das gegenständliche Forschungsprojekt befasst sich mit der Frage wie gut Katastrophenschutzbehörden in österreichischen Gemeinden und Städten auf die Auswirkungen möglicher zukünftiger extremer Hochwasserereignisse vorbereitet sind. Die zentrale Frage dabei ist, wie sensibilisiert die lokalen Akteure: innen diesbezüglich sind und ob bestehende Katastrophenschutzvorkehrungen ausreichen. Die Betrachtungen umfassen die Naturgefahren Flusshochwasser, Oberflächenwasser sowie die mögliche Gefährdung durch Massenbewegungen. Im Zuge der Bearbeitung wurden auch mögliche Restrisikofälle erörtert. Die Fragestellungen wurden mit

vier Gemeinden im Zuge von Vor-Ort-Workshops bearbeitet. Bei der Auswahl der teilnehmenden Gemeinden wurde darauf geachtet, Gemeinden unterschiedlicher Größe und Prägung (urban oder ländlich) auszuwählen, um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Die Workshops waren in zwei Bereiche gegliedert. Zu Beginn erfolgte die Bewertung der aktuellen Lage / Situation, also dem „Status Quo“. Danach folgte mit dem „Blick in die Zukunft“ ein Arbeitsblock, in dem klimawandelbedingte Änderungen der Gefahrenlage berücksichtigt wurden, die eine geänderte bzw. intensivierte Bewältigung dieser erforderlich machen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Teilnehmerge Gemeinden bei einer potentiellen klimawandelbedingten Zunahme komplexer, häufigerer und intensiverer Naturgefahrenereignisse vor großen Herausforderungen stehen, wenn sie diese gemäß ihrer Aufgabe als lokale Katastrophenschutzbehörde bewältigen sollen.

Die wesentliche Forschungsfrage nach der Umlegbarkeit der Ergebnisse auf andere Gemeinden in Österreich ist differenziert zu betrachten. Grundlagendaten zur Analyse bestehender Hochwassergefahren stehen grundsätzlich österreichweit zur Verfügung, deren Bekanntheit in den Gemeinden variiert jedoch. Eine grundlegende Sensibilisierung hinsichtlich möglicher Veränderungen der Gefahrenlage durch klimawandelbedingte Änderungen des Niederschlagsgeschehens scheint in weiten Teilen Österreichs gegeben, es stehen auch bundesweit Grundlagendaten zu deren Konkretisierung bereit. Ob dies anderen Gemeinden in Österreich gelingt, ist schwer bewertbar. Der von den Teilnehmerge Gemeinden durchwegs festgestellte Mangel an ausreichenden Personal- und Materialressourcen in qualitativer und quantitativer Sicht scheint auf einen großen Teil der österreichischen Gemeinden umlegbar. Hier bedarf es zukünftig mehr Hilfe von übergeordneten Stellen bzw. Ebenen.

Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasser-Ernte-Praktiken in Ostösterreich (WiBo)

Ziel des Projekts „WiBo – Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasser-Ernte-Praktiken in Ostösterreich“ war es, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis zum Thema Wasser-Ernte zu fördern. In Interviews und einem interaktiven Workshop mit Akteur:innen aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis wurden Bedarf und Hindernisse bei der Umsetzung von Wasser-Ernte-Praktiken ermittelt und gemeinsam mit den Workshop-Teilnehmer:innen Lösungen erarbeitet.

Als Herausforderungen wurden das komplexe und finanziell unzureichende Fördersystem und das Risiko für Landwirt:innen bei der Umstellung auf wassereffiziente Praktiken, aber auch Hürden in der Wissensvermittlung sowie die Notwendigkeit einer Planung über mehrere landwirtschaftliche Betriebe hinweg identifiziert. Ein zentrales Ergebnis im Projekt ist der Bedarf von mehr Wissenstransfer und Kooperation zwischen verschiedenen Stakeholdern, z.B. durch den Aufbau eines Kompetenzzentrums, der Sichtbarmachung von Best-Practice-Beispielen, Initiativen für neue Pilotprojekte, aber auch durch vereinfachte Bewilligungsverfahren, z.B. für kleine Rückhaltebecken mit Bewässerungsfunktion.

Zur Stärkung des Wissenstransfers wurden beim Workshop Social Media Initiativen, Schulungsformate und Exkursionen von Akteur:innen eingebracht und bereits erste Kooperationen dazu gebildet. Die monetäre Anerkennung durch Biodiversitätszertifikate wurde als zukunftsweisender Ansatz diskutiert. Es besteht ein Interesse an überbetrieblichen Maßnahmen wie Retentionsteichen. Deren Umsetzung erfordert aber eine bessere rechtliche und finanzielle Unterstützung. Bei ÖPUL/GLÖZ wäre eine stärkere Ausrichtung von Förderinstrumenten auf den Wasserrückhalt in der Landwirtschaft begrüßenswert. Bei den GAP-Förderungen wäre eine Evaluierung hinsichtlich besserer Anwendbarkeit für Wasser-Ernte-Maßnahmen wichtig. Insgesamt zeigt das Projekt, dass eine erfolgreiche Umsetzung von Wasser-Ernte-Praktiken technisches Know-how, klare politische Rahmenbedingungen und eine enge Zusammenarbeit verschiedener Akteur:innen aus landwirtschaftlicher Praxis, Verwaltung und Wissenschaft erfordert.

Szenarien für eine sozial gerechte Energie- und Wärmewende im Wohngebäudebereich in Österreich

Der österreichische Wohngebäudesektor verursacht rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs und 10% der Treibhausgasemissionen und ist damit entscheidend für die Erreichung der Klimaneutralität bis 2040. Im Rahmen dieses Projekts wurde das erste systemdynamische Modell für den österreichischen Wohngebäudesektor entwickelt, das die Dynamik des Gebäudebestands, den Umstieg auf erneuerbare Heizsysteme, Renovierungsverhalten und soziale Aspekte wie Energiearmut integriert.

Die Szenarien bis 2050 zeigen, dass Einzelmaßnahmen – wie Zuschüsse oder Verbote fossiler Heizsysteme – nur geringe Emissionsminderungen (<5 %) bewirken. Umfassende Politikpakete mit Zuschüssen, strengeren Vorschriften, und dem verbindlichen Ausstieg aus fossilen Heizungen und dem Ausbau erneuerbarer Energien können die Emissionen um bis zu 59 % verringern. Eine vollständige Dekarbonisierung erscheint ohne zusätzliche Maßnahmen jedoch auf Grund langer Vorlaufzeiten und langsamer Veränderungsprozesse im Gebäudebestand bis 2040 außer Reichweite.

Ambitionierte Klimapolitiken können die Energiearmut kurzfristig leicht erhöhen (+0,1–0,3 %), sofern keine gezielten sozialen Ausgleichsmaßnahmen eingeführt werden. Die Analyse verdeutlicht, dass es drei zentrale politische Hebel braucht:

1. Einen frühzeitigen und entschlossenen Ausstieg aus fossilen Heizsystemen,
2. Einen massiven Ausbau umfassender Gebäudesanierungen mit starken Anreizen und verpflichtenden Standards,
3. Sozial ausgewogene Maßnahmen (z. B. einkommensabhängige Zuschüsse, treffsichere Kompensationsmaßnahmen), um Fairness und gesellschaftliche Akzeptanz sicherzustellen.

Das Modell bildet die Grundlage für zukünftige Verfeinerungen und Szenarioanalysen und bietet politischen Entscheidungsträgern ein dynamisches Instrument zur Entwicklung und Simulation effektiver, sozial gerechter Strategien zur Dekarbonisierung des österreichischen Wohngebäudesektors.

Systemdynamische Betrachtung von Szenarien zur Klimawandelanpassung im Kontext der Erreichung der SDGs in Österreich – Identifizierung von Dynamiken, Wechselwirkungen und Synergiepotentialen

Der fortschreitende Klimawandel und seine immer spürbareren Auswirkungen stellen eine erhebliche Herausforderung für die Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung dar, wie sie in den Sustainable Development Goals (SDGs) angestrebt wird. Dieses Projekt hat daher zum Ziel Auswirkungen des Klimawandels und Maßnahmen zur Anpassung in den Kontext der SDGs zu setzen, und deren Wechselwirkungen, Dynamiken und Trends zu analysieren. Der Fokus wird dabei auf den Landwirtschaftssektor gelegt, der besonders vom Klimawandel betroffen ist. Dazu werden einerseits zwei Szenarien mit unterschiedlichen Klimaveränderungen sowie die Ausweitung der biologischen Landwirtschaft und ein Eindämmen des Flächenverbrauchs als Anpassungsszenarien mit dem systemdynamischen iSD-AT Modell simuliert. Diese Methode ermöglicht es auf aggregierter Ebene ein besonderes Augenmerk auf Wechselwirkungen zwischen sozio-ökonomischen und ökologischen Zielen zu legen. Des Weiteren validiert und komplementiert ein Expert:innen Workshop die Modellergebnisse, in dem die Ergebnisse diskutiert werden und aufgezeigt wird, welche Dynamiken, die das Modell nicht abbilden kann, noch berücksichtigt werden sollen.

Die Ergebnisse zeigen eine Intensivierung der Landwirtschaft durch Klimaauswirkungen im Sinne eines höheren Wasserbedarfs sowie gesteigertem Einsatz mineralischer Düngemittel. Der Erhalt landwirtschaftlicher Fläche erhöht die gesamte landwirtschaftliche Produktion und wirkt dem Beschäftigungsrückgang in der Landwirtschaft entgegen, erhöht aber den Druck auf die Reduktion von

THG-Emissionen in der Landwirtschaft. Eine Umstellung auf biologische Landwirtschaft kann diese negativen Umweltauswirkungen abschwächen. Als Trade-off zeigt sich bei der Umstellung auf biologische Landwirtschaft die Reduktion des Ertrags pro Hektar. Neben den Dynamiken, die sich in den Modellergebnissen zeigen, wurden im Zuge eines Expert:innen Workshops soziale Aspekte wie die Auswirkung auf Lebensmittelpreise und langfristige Ertrags- und Einkommenssicherheit hervorgehoben. Die Ergebnisse zeigen, dass sich auf solch aggregierter Modellierungsebene wesentliche Dynamiken und Wechselwirkungen gut abbilden lassen. Eine zukünftige Kopplung mit detaillierten Bottom-up-Sektormodellen bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die Vorteile beider Ansätze zu vereinen.

Moorrenaturierung mit Kohlenstoffzertifikaten: Welchen Beitrag können freiwillige regionale Kohlenstoffmärkte leisten?

Mit knapp 1 Million Tonnen CO₂-Äquivalenten stellen entwässerte Moorböden in Österreich eine signifikante Emissionsquelle von Treibhausgasen dar. Durch Wiedervernässung haben entwässerte organische Böden das Potenzial, von einer Emissionsquelle wieder zu einem Speicher von Treibhausgasen zu werden. Freiwillige Kohlenstoffmärkte können dies unterstützen. Auch in Österreich werden freiwillige CO₂-Zertifikate im Kontext von Moorrenaturierungen immer wieder diskutiert, ohne dass sie bislang umgesetzt wurden.

Die Vorreiterprojekte MoorFutures in Deutschland und max.moor in der Schweiz zeigen das Potenzial von Kompensationsstandards für die Moorrenaturierung, aber auch die Grenzen dieses Instruments. In den beiden Ländern ist es in den letzten zehn Jahren durch den Verkauf von Kompensationszertifikaten immerhin gelungen, neun bzw. zehn Projekte zur Renaturierung von Moorböden mithilfe von privatem Kapital zu finanzieren. Ein Vergleich der beiden Standards zeigt, dass es neben vielen Ähnlichkeiten auch eine Reihe von Unterschieden gibt. Im Kern verwenden die Länder unterschiedliche Governance-Modelle: (1) Berechnung der THG-Einsparungen auf Basis des GEST-Ansatzes in Deutschland vs. pragmatischer Berechnungsansatz in der Schweiz, (2) Projektträger und Zertifikateanbieter sind bei MoorFutures dieselbe Organisation, während max.moor einen externen Zertifikateanbieter als Zwischenhändler verwendet, (3) MoorFutures verkauft Zertifikate an Privatpersonen und Unternehmen, während max.moor ausschließlich an Unternehmen verkauft, (4) das Prinzip der Regionalität spielt beim Verkauf der MoorFutures eine wesentlich größere Rolle.

In Österreich werden aktuell beide Ansätze diskutiert. Im Rahmen des EU-LIFE-AMooRe-Projekts wird das Schweizer Modell mit einem externen Zertifikateanbieter bereits in einem ausgewählten Pilotprojekt umgesetzt. In einigen Bundesländern wurden erste grundsätzliche Überlegungen angestellt, die dem MoorFutures-Modell ähneln, ohne dass es bislang zu Entscheidungen gekommen ist. Das Interesse der Grundeigentümer an CO₂-Zertifikaten als zusätzliche Einkommensquelle ist hoch, hängt in der Praxis jedoch von vielen Details ab. Die unternehmerische Nachfrage nach freiwilligen Zertifikaten ist schwer abzuschätzen, sie wird sich aber eher auf KMUs als auf Großunternehmen konzentrieren.

av.geo.clim: Vulnerable alpine Infrastruktur im Klimawandel - Sensibilisierung im Naturraum

Der Klimawandel ist in den Alpen längst spürbare Realität. Gletscher verschwinden, Extremwetter nehmen zu und der Permafrost taut auf. Dadurch kommt es immer häufiger zu alpinen Naturgefahrenereignissen. Muren, Steinschläge und Rutschungen beschädigen dabei nicht nur verstärkt das alpine Wander- und Bergwegenetz, sondern gefährden auch die Sicherheit der Wandernden. Gleichzeitig verlängern trockenere Sommer und schneearme Winter die Bergsaison – der Nutzungsdruck auf das Wegenetz nimmt weiter zu. Für die verantwortlichen Wegewart:innen bedeutet das einen steigenden Aufwand an umfassendem Monitoring und anspruchsvollen Instandhaltungsmaßnahmen.

Genau hier setzen die Werkzeuge und Methoden von av.geo.clim an: Über ein digitales Erfassungsfeld können Wegewart:innen und geschulte Beobachter:innen von Naturgefahren ausgehende Gefahrenpotentiale und Ereignisse im Gelände systematisch erfassen. Mittels Bewertungspfaden werden diese klassifiziert und in eine Karte überführt, die nunmehr aktuelle Naturgefahren mit erhöhtem Potential übersichtlich darstellt. So entsteht eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Wegehalter:innen – und ein einfach verständliches Werkzeug für Wandernde, das hilft, Risiken frühzeitig zu erkennen und verantwortungsbewusst zu handeln. Ergänzend wurden StoryMaps entwickelt, die besonders Wanderneulingen und weniger erfahrenen Bergsportler:innen grundlegendes Wissen rund ums Wandern, alpine Naturgefahren und den Klimawandel niederschwellig vermitteln.

Durch die Verbindung von Information, Prävention und Schutz leistet av.geo.clim einen nachhaltigen Beitrag zur Sicherheit im alpinen Raum – damit die Bergwelt auch in Zeiten des Klimawandels erlebbar bleibt.

Vergleich zweier Bewirtschaftungsintensitäten auf montanen Dauerwiesen hinsichtlich Bodenwasser, Ertrag und Ökonomie

Das Dauergrünland spielt besonders in den benachteiligten Berggebieten Österreichs eine zentrale Rolle für die nachhaltige Lebensmittelproduktion als auch für die Kulturlandschaftserhaltung. In Tallagen erfahren Dauergrünlandflächen aufgrund der günstigeren Klima- und Wetterbedingungen oftmals eine intensivere Bewirtschaftung (mehr als drei Nutzungen pro Jahr) als jene Flächen in topografisch bzw. klimatisch benachteiligten Gebieten. In montanen Höhenstufen nördlich des Alpenhauptkammes wird meistens eine dort standortübliche Bewirtschaftung mit geringerer Düngungs- und Nutzungsintensität betrieben, welche oftmals nur zwei Nutzungen inklusive einer eventuellen herbstlichen Nachweide erlaubt. Aufgrund des Klimawandels lässt sich jedoch speziell in Berggebieten eine Temperaturzunahme in den letzten Jahrzehnten erkennen und damit eine oftmals früher beginnende und längere Vegetationsperiode. Die Niederschläge zeigen in den nordwestlichen Gebieten Österreichs eine tendenzielle Zunahme, in den südöstlichen Gebieten hingegen eine Abnahme. Inwiefern die durch den Klimawandel bedingte Verlängerung der Vegetationsperiode die Erträge beeinflusst (in Form einer möglichen Ertragssteigerung durch eine zusätzliche Nutzung), wird in diesem Projekt anhand eines aktiv bewirtschafteten Grünlandbetriebes in der westlichen Obersteiermark untersucht. Weiters wird die Bewirtschaftungsvariante mit erhöhtem Arbeitsaufwand durch die zusätzliche Nutzung ökonomisch bewertet und mit der ortsüblichen Variante verglichen.

Die Ergebnisse der Wasserbilanz an diesem humiden Grünlandstandort zeigten keine maßgeblich verminderte Verfügbarkeit von Bodenwasser bei einer Intensivierung. Das Ertragspotential war bei der intensiveren verglichen zur halb-intensiven Nutzung in zwei von vier Beobachtungsperioden höher. Dabei handelte es sich um jene zwei Perioden, wo höhere Niederschlags- und Sickerwassermengen verglichen mit den anderen zwei Perioden gemessen wurden. Jedoch war die halb-intensive Nutzung in jenen zwei Perioden ertragreicher, wo geringere Niederschläge verglichen zu den anderen zwei Perioden gemessen wurden. Im Allgemeinen ist der Ertrag an diesem Standort nicht wasser-, sondern temperaturlimitiert. Demnach lassen die ersten Ergebnisse vermuten, dass es sich bei solch einem humiden Standort möglicherweise um eine Grenzlage zweier Bewirtschaftungsintensitäten (2-Schnitt- bzw. 3-Schnitt Nutzung) handelt, sodass der Ertragsgewinn stark von den Witterungsbedingungen und den jeweiligen Schnittzeitpunkten abhängig ist. Aus den höheren Erträgen der intensiveren Nutzung an dieser Versuchsfläche für eine Periode resultierte jedoch kein ökonomischer Benefit. Inwieweit eine Dreischnittnutzung in einer humiden Mittelgebirgslage eine nachhaltige Bewirtschaftungsintensität aus ökonomischer und ökologischer Sicht darstellt, bedarf weiterer Forschung, da bisher nur Daten für wenige Jahre vorliegen. Für genauere Aussagen der Ertragssituation in Hinblick auf die Bodenwasserbilanz und Ökologie bzw. Ökonomie ist es daher wichtig, weitere Vegetationsperioden zu analysieren.

Das Forschungsprogramm StartClim

Das Forschungsprogramm StartClim ist ein flexibles Instrument, welches durch seine kurze Laufzeit und die jährliche Vergabe von Projekten rasch aktuelle Themen im Bereich Klimawandel aufgreifen kann. Seit 2008 widmet sich StartClim Themen zur Anpassung an den Klimawandel. Seit StartClim2012 hatte das Programm zum Ziel, die Umsetzung der nationalen Anpassungsstrategie für Österreich mit wertvollen wissenschaftlichen Beiträgen zu unterstützen.

StartClim2024 wird von einem Geldgeberkonsortium finanziert:

- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
- Klima- und Energiefonds
- Land Oberösterreich

Die hier vorgestellten Teilprojekte aus StartClim2024 behandeln verschiedene Aspekte, die für die Anpassung an den Klimawandel in Österreich von Bedeutung sind.

Im vorliegenden, zusammenfassenden Kurzbericht werden die Ergebnisse der Teilprojekte kurz und allgemein verständlich beschrieben. Dieser Bericht erscheint auch in englischer Sprache. Die ausführlichen Berichte der einzelnen Teilprojekte sind in einem eigenen Sammelband zusammengefasst, der ebenso wie die Teilprojekte auf der StartClim-Webpage (<https://startclim.at/startseite>) elektronisch erhältlich ist. Zusätzlich wird ein Folder mit einer Kurzzusammenfassung der Ergebnisse in beschränkter Auflage erstellt.

StartClim2024.A: Analyse der Auswirkungen von Hitzeperioden auf die Oberflächen- und Wassertemperatur in der Region Neusiedler See – Seewinkel mit thermischen Satellitendaten (HOT)

Der Klimawandel führt zu einer zunehmenden Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen, was erhebliche Auswirkungen auf die einzigartige und ökologisch wertvolle Landschaft der Region Neusiedler See – Seewinkel in Österreich hat. Das HOT-Projekt zeigt, wie thermische Satellitendaten dabei helfen können, diese Auswirkungen im Zeitverlauf zu erfassen. Durch die Analyse der Landoberflächentemperatur, der Vitalität der Vegetation und meteorologischer Trends zielt das Projekt darauf ab, die räumlichen und zeitlichen Merkmale von Hitzewellen sowie deren Auswirkungen auf geschützte und nicht geschützte Landschaften besser zu verstehen.

Methodik

Die Studie kombiniert langfristige meteorologische Daten von GeoSphere Austria mit frei verfügbaren thermischen (Landsat 8) und optischen (Sentinel-2) Satellitenbildern. Hitzewellen wurden als Zeiträume definiert, in denen die Lufttemperatur an drei oder mehr aufeinanderfolgenden Tagen mindestens 30°C erreichte. Der Fokus des Projekts lag auf den bedeutendsten Hitzewellen zwischen 2015 und 2024 sowie auf verschiedenen Landbedeckungstypen an zehn ausgewählten Standorten – fünf in Schutzgebieten und fünf in nicht geschützten Bereichen. Die ausgewählten Schutzgebiete und nicht geschützten Bereiche hatten die gleichen Landbedeckungstypen, wobei ungeschützte Gebiete einen höheren landwirtschaftlichen Nutzen aufwiesen und Schutzgebiete mehr Wälder und Feuchtgebiete.

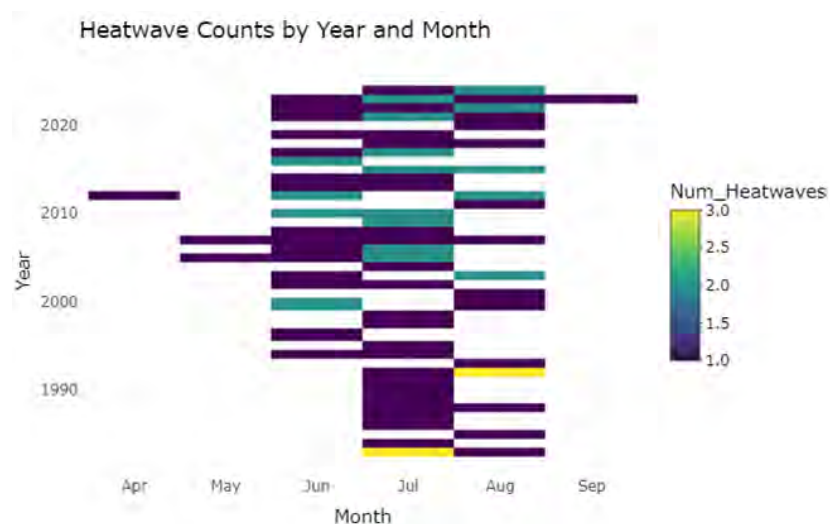


Abb. 1: Anzahl der Hitzewellen pro Jahr und Monat in der Zeit von 1982 bis 2024 im Gebiet Neusiedler See-Seewinkel.

Mithilfe der cloudbasierten Plattform Google Earth Engine (GEE) wurde die Landoberflächentemperatur durch die Analyse von thermischen Satellitendaten berechnet und unter Berücksichtigung der Vegetationsbedeckung korrigiert. Die Daten zur Landoberflächentemperatur liegen in einer Auflösung von 100m in GEE vor und können Lücken oder Fehler enthalten, insbesondere über Wasserflächen, einschließlich der Salzlacken, oder bewölkten Gebieten. Dies ist auf die Qualitätsfilterung und Verarbeitung der Oberflächenreflexion in GEE zurückzuführen, bei der minderwertige oder nicht auswertbare Pixel häufig ausgeschlossen werden. Daher wurden Wolkenmasken angewendet und unrealistische Werte herausgefiltert. Dadurch konnten zuverlässige Zeitreihen für verschiedene Landbedeckungsklassen in geschützten und nicht geschützten Gebieten, sowie um Wetterstationen erstellt werden, die zeigen, wie sich diese Flächen im Laufe der Zeit erwärmen oder abkühlen. Die

Ergebnisse wurden mit anderen Datenquellen, Beobachtungen aus Feldstudien und Rückmeldungen lokaler Akteur:innen abgeglichen, um die Qualität und Verlässlichkeit zu gewährleisten.

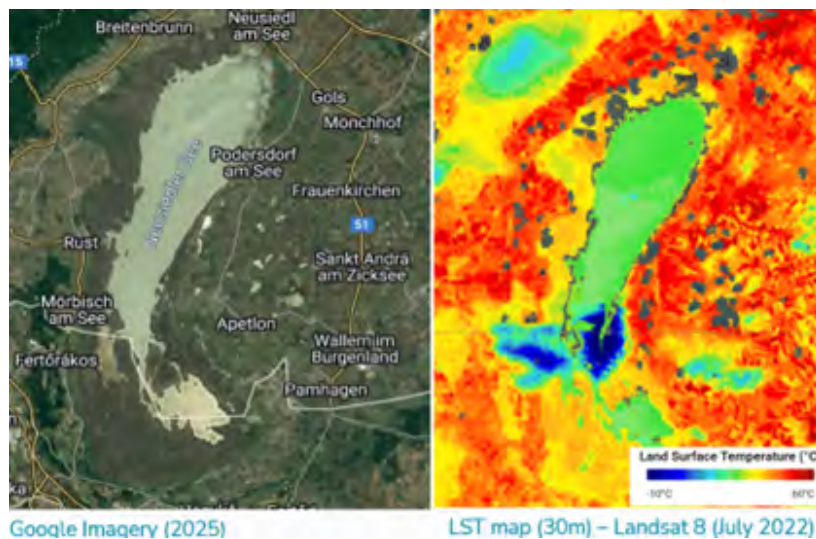


Abb. 2: Optisches Satellitenbild und thermische Karte der Oberflächentemperatur für Juli 2022 über dem Neusiedler See. Die Wärmekarte hebt Temperaturen von -10°C bis 60°C hervor, wobei Hotspots orange bis rot dargestellt sind. Wolkenkontaminierte Bereiche erscheinen blau, und Datenlücken sind grau.

Ergebnisse

- Die langfristige meteorologische Analyse für die Region Neusiedler See bestätigt einen kontinuierlichen Anstieg der Häufigkeit und zeitlichen Verteilung von Hitzewellen im Zeitraum von 1982 bis 2024. Hitzewellen können inzwischen früher im Jahr beginnen – teilweise schon im April – und bis in den September andauern. Eine räumlich-zeitliche Überwachung solcher extremen Hitzeereignisse ist deshalb sehr wichtig.
- Satellitengestützte Vegetationsindikatoren zeigten, dass Pflanzen in Schutzgebieten häufig stärkere Anzeichen von Hitzestress aufweisen als jene in nicht geschützten Gebieten. Besonders Wälder und Sumpfgebiete weisen hier in der Tendenz eine größere Empfindlichkeit gegenüber Hitzewellen auf. Ein möglicher Grund dafür ist, dass nicht geschützte Flächen wie landwirtschaftlich genutzte Gebiete von Bewässerung und anderen Landnutzungsmaßnahmen profitieren, die die Auswirkungen extremer Hitze abschwächen.
- Die Analyse der Oberflächentemperaturen, ergab ebenfalls deutliche Unterschiede: Nicht geschützte Gebiete sind während Hitzewellen tendenziell heißer und erreichen oft Werte zwischen 30°C und 45°C . Schutzgebiete hingegen bleiben aufgrund der dichteren Vegetation und der geringeren Landnutzungsintensität mit Bodentemperaturen zwischen 20°C und 45°C tendenziell kühler. In den Schutzgebieten des Neusiedler Sees gehören natürliche Grasflächen, Feuchtgebiete und Gewässer sowie einige landwirtschaftliche Flächen zu den vorherrschenden Landbedeckungstypen. Während Hitzewellen wiesen diese Gebiete einen geringeren Anstieg der Oberflächentemperatur auf als nicht geschützte Gebiete. Insbesondere natürliche Vegetation und Feuchtgebiete reagieren moderater auf Hitzewellen. Dies ist wahrscheinlich auf die höhere Bodenfeuchte und die weniger intensive Landnutzung zurückzuführen. Im Gegensatz dazu sind die nicht geschützten Gebiete durch Weinberge, nicht bewässertes Ackerland, Weiden und eine stärker fragmentierte Landwirtschaft gekennzeichnet. Sie weisen eine höhere Oberflächentemperatur auf, da ihnen vermutlich die kühlende Wirkung dichter Vegetation oder nahegelegener Gewässer fehlt. Dieses Muster war in der gesamten thermischen Zeitreihe zu beobachten und bestätigt, dass sowohl die Landnutzungsintensität als auch die Art der Landbedeckung Einfluss darauf haben, wie stark sich Gebiete bei Extremereignissen erwärmen.

Fazit

Das HOT-Projekt untersuchte den Einsatz thermischer Erdbeobachtungsdaten, um die Auswirkungen von Hitzewellen zu bewerten, und zeigte deren Nutzen für die Analyse großräumiger Trends – trotz begrenzter Auflösung. Es konnten erste Muster in der Reaktion der Vegetation auf Hitzewellen identifiziert werden, was das Potenzial dieses Ansatzes für zukünftige Forschungsarbeiten mit höher aufgelösten Daten und längeren Beobachtungszeiträumen unterstreicht. Zudem wurden Herausforderungen bei der Bewertung der Anpassungsfähigkeit von Schutzgebieten an Hitzewellen aufgezeigt. Rückmeldungen von Stakeholdern wiesen darauf hin, dass selbst Ökosysteme in wärmeren Klimazonen durch wiederkehrende Hitzewellen gefährdet sind.

StartClim2024.B: Pluviale und fluviale Hochwässer - wie EXTREM wird das neue "Normal" bei unzureichender Anpassung an klimawandelbedingte Änderungen

Fragestellung / Ziel

Das gegenständliche Forschungsprojekt befasst sich mit der Frage wie gut Katastrophenschutzbehörden in österreichischen Gemeinden und Städten auf die Auswirkungen möglicher zukünftiger extremer Hochwasserereignisse vorbereitet sind. Die zentrale Frage dabei ist, wie sensibilisiert die lokalen Akteure: innen diesbezüglich sind und ob bestehende Katastrophenschutzvorkehrungen ausreichen. Die Betrachtungen umfassen die Naturgefahren Flusshochwasser, Oberflächenwasser sowie die mögliche Gefährdung durch Massenbewegungen. Im Zuge der Bearbeitung werden auch mögliche Restrisikofälle (z.B. Versagen technischer Hochwasserschutzanlagen) erörtert.

Vorgehensweise

Die Fragestellungen wurden mit **vier Gemeinden** im Zuge von **Vor-Ort-Workshops** bearbeitet. Bei der **Auswahl** der **Gemeinden** wurde darauf Bedacht genommen, ein möglichst **breites Spektrum** hinsichtlich **potentieller Naturgefahren** abzubilden, die auf die österreichischen Gemeinden einwirken. Es wurde versucht urbanere und ländlich geprägte Gemeinden für eine Mitarbeit zu gewinnen. Wichtig war vor allem, dass eine gewisse Gefährdungssituation hinsichtlich der betrachteten Naturgefahren gegeben ist (siehe Tabelle). Alle Teilnehmergemeinden waren mehr oder weniger stark vom intensiven Regenereignis und den daraus folgenden Hochwässern vom September 2024 betroffen.

Gemeinde	Prägung		Naturgefahr			
Stockerau (NÖ)	x		x	x	x	
Grein an der Donau (OÖ)	x	x	x	x	x	x
Saxen (OÖ)		x	x	x	x	x
Rohrbach an der Lafnitz (Stmk)		x	x	x	x	x

Abb. 3: Liste der Teilnehmergemeinden inklusive Angabe zu Prägung und potentieller Betroffenheit verschiedener Naturgefahren.

Im Zuge der Telefonate zur Terminfindung für die Workshops wurden bereits erste fachliche Fragen mit den zuständigen Vertreter: innen der jeweiligen Gemeinde (Bürgermeister: in, Baumannsleiter: in, ...) erörtert und Informationen zu vorhandenen Grundlagen eingeholt. Dadurch war eine zielgenaue Vorbereitung auf die Vor-Ort-Termine möglich, in denen dann gemeindespezifische Besonderheiten herausgearbeitet wurden.

Die Workshops waren gegliedert in die zwei Bereiche „Status Quo“ und „Blick in die Zukunft“. Im zweiten Block wurden klimawandelbedingte Änderungen berücksichtigt, die zu einem möglicherweise

geänderten Auftreten von Naturgefahrenereignissen führen bzw. eine geänderte bzw. intensivierte Bewältigung dieser erforderlich machen.

Ergebnisse / Erkenntnisse

In den teilnehmenden Gemeinden ist durchwegs noch Detailwissen zu vergangenen Hochwasserereignissen, Starkregen, Vermurungen und Rutschungen vorhanden. Die über Landes-GIS-Systeme verfügbar gemachten Überflutungsflächen fluvialer Hochwässer sind in den Köpfen der Entscheidungsträger: innen präsent. Daraus und aus den bekannten Überflutungen der Vergangenheit bauen sich diese ihr **Lagebild der Gefahren** für den **Status-Quo** auf. Die zusätzlich öffentlich einsehbaren Überflutungsflächen für pluviale und fluviale Hochwasserereignisse aus HORA 3.0 waren drei der vier Gemeinden zwar grundsätzlich bekannt, wurden und werden jedoch nicht zur Analyse des Lagebildes genutzt. In der vierten Gemeinde war das seit 2024 verfügbare HORA 3.0 unbekannt. Bekannt waren hier nur die Ergebnisse aus der ersten Version von HORA, die aufgrund von Unschärfe in den verfügbaren Eingangsdaten lokal signifikante Abweichungen von beobachteten Überflutungen aufwiesen und daher bei den Entscheidungsträgern „ausgeblendet“ wurden.

Beim Themenblock der **verfügbaren Ressourcen** für die Bewältigung von Naturgefahrenereinsätzen zeigte sich ein durchwegs einheitliches Bild. Die „Materialressourcen“ wie Einsatzfahrzeuge, Kommunikationsmittel, Absperrgitter oder Sandsäcke werden als knapp aber ausreichend angesehen. Die „Personalressourcen“ sowohl am Gemeindeamt / im Rathaus als auch bei den freiwilligen Feuerwehren waren schon in der Vergangenheit oftmals fast nicht ausreichend. Die Einsatzführung hängt oftmals an wenigen Personen in der Gemeinde, auch das Fachwissen und die Erfahrungen aus vergangenen Ereignissen sind durchwegs nur bei wenigen Personen konzentriert.

Ausgehend von klimawandelbedingten Änderungen hinsichtlich der Verteilung und der Intensität der Niederschläge wurden gemeinsam als **„Blick in die Zukunft“ veränderte Gefahrenszenarien** für die Gemeinden ausgearbeitet. In allen vier Gemeinden haben die Entscheidungsträger: innen bzw. die Workshop-Teilnehmer: innen in den letzten Jahren bereits eine Häufung von Starkniederschlägen im Gemeindegebiet wahrgenommen. Für die Zukunft befürchten alle Teilnehmerge Gemeinden eine Häufung von Kombinationen aus pluvialen und fluvialen Ereignissen sowie eine Intensivierung und Häufung von pluvial dominierten Ereignissen infolge häufigerer Starkregen. Beispielhaft kann hier ein Szenario aus Stockerau angeführt werden, das im September 2024 knapp vermieden werden konnte. Gefährlich wäre die Kombination eines großen Donauhochwassers (im Bereich HQ100) in Stockerau mit dadurch gefüllten Rückstaubereichen in die Seitenzubringer Göllersbach und Senningbach, auf die dann Hochwasserwellen dieser Gewässer infolge von Starkregen in den Einzugsgebieten auflaufen. Das würde eine vollständige Überlastung des Schutzsystems mit weitreichenden, katastrophalen, nicht bewältigbaren Überflutungen zur Folge haben.

Ausgehend von den veränderten Gefahrenszenarien wurde versucht zu bewerten, wie gut die teilnehmenden Gemeinden mit **„Blick in die Zukunft“** hinsichtlich der für die Gefahrenabwehr und Ereignisbewältigung **notwendigen Ressourcen** ausgestattet sind. Dabei zeigte sich in allen Gemeinden ein einheitliches Bild. Ein häufigeres Auftreten von Schadensereignissen infolge pluvialer, fluvialer Hochwässer oder Vermurungen würde die Gemeindekassen stark überfordern. Die Kosten für notwendige Aufräum- und Instandsetzungsarbeiten wären nicht zu stemmen. Auch hinsichtlich der Personalressourcen gäbe es Einschränkungen. Das „Tagesgeschäft“ der Gemeinden wäre aufgrund notwendiger Ruhephasen nach fordernden Einsätzen nur bedingt aufrecht zu erhalten. Es bräuchte jedenfalls ein breiter aufgestelltes Team aus gut ausgebildeten Personen. Das ist praktisch jedoch kaum erreichbar, da Personalfluktuations, eingeschränkt verfügbares Kursangebot inklusive hoher Kosten dafür einer Umsetzung im Wege stehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Teilnehmerge Gemeinden bei einer potentiellen klimawandelbedingten Zunahme komplexer, häufigerer und intensiverer Naturgefahrenereignisse vor großen Herausforderungen stehen, wenn sie diese gemäß ihrer Aufgabe als lokale Katastrophenschutzbehörde bewältigen sollen. Limitierend wirken hier die nicht ausreichende

Finanzierung der Gemeinden sowie der knappe Personalstand. Sowohl präventiv als auch im Ereignisfall bedarf es personeller, fachlicher und finanzieller Unterstützung durch übergeordnete Ebenen (Bezirke, Länder, Bund) und externe Partner (Feuerwehr, Polizei). Das beginnt bei der Förderung der Erstellung von Katastrophenschutzplänen und reicht bis zur Kontrolle von Straßensperren und Begleitung im Falle notwendiger Evakuierungen.

Die wesentliche Forschungsfrage nach der **Umlegbarkeit** der **Ergebnisse** auf **andere Gemeinden** in Österreich ist **differenziert** zu **betrachten**. Grundlagendaten zur Analyse bestehender Hochwassergefahren stehen grundsätzlich österreichweit zur Verfügung, deren Bekanntheit in den Gemeinden variiert jedoch. Eine grundlegende Sensibilisierung hinsichtlich möglicher Veränderungen der Gefahrenlage durch klimawandelbedingte Änderungen des Niederschlagsgeschehens scheint in weiten Teilen Österreichs gegeben, es stehen auch bundesweit Grundlagendaten zu deren Konkretisierung bereit. Inwieweit eine solche konkrete Analyse mit den vorhandenen Daten anderen Gemeinden in Österreich gelingt, ist schwer bewertbar. Der von den Teilnehmergemeinden durchwegs festgestellte Mangel an ausreichenden Personal- und Materialressourcen scheint auf einen großen Teil der österreichischen Gemeinden umlegbar. Es fehlt an Budgetmitteln einerseits für Personal und dessen Schulungen sowie andererseits für Einsatzmittel wie Funkgeräte oder Feuerwehrfahrzeuge mit ausreichend Wassertiefe. Hier bedarf es zukünftig mehr Hilfe von übergeordneten Stellen / Ebenen.

StartClim2024.C: Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasserernte Praktiken in Ostösterreich (WiBo)

Die zunehmenden Trockenperioden in Ostösterreich stellen Landwirtschaft, Gemeinden und regionale Entscheidungsträger vor große Herausforderungen im Umgang mit Wasserknappheit. Gleichzeitig existieren in Wissenschaft und Praxis zahlreiche Erkenntnisse darüber, wie Wasser auf landwirtschaftlichen Flächen effektiv zurückgehalten und genutzt werden kann. Das Projekt „WiBo – Wissensboost und interdisziplinäre Kooperationen für Wasser-Ernte-Praktiken in Ostösterreich“ wurde mit dem Ziel initiiert, die Umsetzung solcher Maßnahmen zu fördern. Dabei sollte insbesondere die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Verwaltung und landwirtschaftlicher Praxis gestärkt werden. Das Weinviertel diene als Modellregion, um bestehende Initiativen zu vernetzen und neue Lösungsansätze zu entwickeln. Durch einen interdisziplinären Ansatz sollten Hemmnisse identifiziert, Wissen gebündelt und konkrete Handlungsperspektiven aufgezeigt werden.

Methodik

Zur Erreichung dieser Ziele wurde zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt, in der internationale und nationale Studien zur Wasser-Ernte in der Landwirtschaft analysiert wurden. Diese Untersuchung diene als fachliche Grundlage für die weiteren Projektschritte. Im Anschluss wurden elf semi-strukturierte Interviews mit Schlüsselakteur:innen aus verschiedenen Sektoren durchgeführt, um Einblicke in bestehende Erfahrungen, Bedürfnisse und Hindernisse bei der Umsetzung von Wasser-Ernte-Maßnahmen zu erlangen. Die Ergebnisse der Interviews wurden thematisch geclustert und in fünf zentrale Fragestellungen übersetzt. Diese Fragen bildeten die Basis für einen interaktiven Workshop mit Vertreter:innen aus Wissenschaft, Praxis und Verwaltung. Der Workshop wurde so gestaltet, dass eine aktive Beteiligung und Priorisierung der Themen durch die Teilnehmenden möglich war. In Kleingruppen wurden Herausforderungen diskutiert und Lösungsansätze erarbeitet. Darüber hinaus wurden eigene Projektideen eingebracht und weiterentwickelt. Die Ergebnisse der Interviews und des Workshops wurden mit den bestehenden Förderprogrammen verglichen, um Empfehlungen für eine stärkere Berücksichtigung des Themas Wasser-Ernte zu erarbeiten.

Ergebnisse

Die Literaturrecherche zeigte auf, dass konservierende Bewirtschaftungsmethoden das Wasserhaltevermögen landwirtschaftlicher Böden deutlich verbessern können. Maßnahmen wie Mulchen, pfluglose Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau reduzieren Verdunstung und Oberflächenabfluss, während sich der Humusaufbau die Wasseraufnahme des Bodens erhöht. Auch Agroforstsysteme und Hecken leisten einen Beitrag, indem sie die Windgeschwindigkeit senken und das Mikroklima verbessern können. Die Einführung von trockentoleranten Pflanzenarten wie Sorghum sowie die Umstellung auf Wintergetreide bieten weitere Anpassungsmöglichkeiten. Strukturelle Lösungen, wie z.B. Retentionsteiche, begrünte Abflussbahnen und Pufferstreifen sowie Strukturmaßnahmen wie Pflugbearbeitung entlang der Konturlinien bzw. „Keyline Design“ tragen dazu bei, Wasser in der Fläche zurückzuhalten und Erosion zu verhindern.

In den Interviews sahen mehrere Akteur:innen die Finanzierbarkeit als zentrale Hürde für mehr Wasser-Ernte-Maßnahmen. Betont wurde u.a. der mangelnde Überblick über Fördermöglichkeiten oder zu hohe Förderuntergrenzen für kleine Maßnahmen. Bei einer Umstellung auf wassersparende Bewirtschaftung sind die Landwirt:innen finanziellen Risiken ausgesetzt, die unzureichend durch Förderungen abgedeckt werden. Daher besteht ein Bedarf an besseren Anreizsystemen, um die Implementierung von Maßnahmen voranzubringen. Seitens der Behörden wurde mehr Informationsbedarf über die Maßnahmen-Wirksamkeit geäußert, um eine fachlich fundierte Beratung der Landwirt:innen gewährleisten zu können. Dies erfordert einen verstärkten Austausch zwischen Akteur:innen aus Wissenschaft, Verwaltung, Verbänden und Praxis sowie eine verbesserte bedarfsorientierte Wissensvermittlung und Überzeugungsarbeit bei den Landwirt:innen.

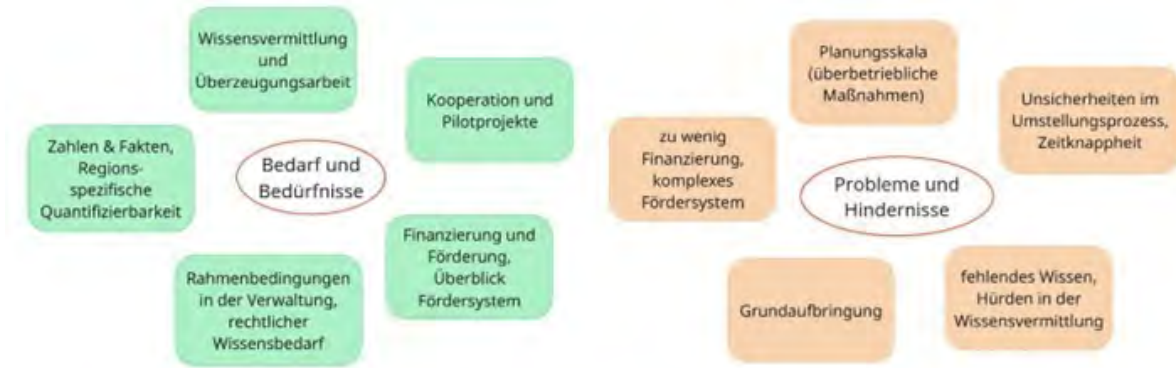


Abb. 4: Ergebnis der Analyse von Bedarf bzw. Bedürfnissen einerseits und Problemen und Hindernissen andererseits, um mehr Wasser-Ernte-Maßnahmen in der Praxis umzusetzen.

Im Workshop wurden die in den Interviews genannten Problemfelder vertieft behandelt. Besonders häufig priorisierten die Workshop-Teilnehmer:innen den Themenbereich Wissensvermittlung, Überzeugungsarbeit und die Stärkung des Austausches zwischen Wissenschaft und Praxis. Social-Media-Initiativen wie Farmfluencer, um junge Landwirt:innen zu erreichen, Exkursionen oder Wettbewerbe sollen Best-Practice-Beispiele sichtbar machen und zum Nachahmen anregen. Der Austausch zwischen Forschung und Praxis soll durch langfristige Netzwerke und digitale Plattformen gestärkt werden. Zudem wurde die Notwendigkeit betont, ein zentrales Kompetenzzentrum für Wasser-Ernte-Forschung aufzubauen bzw. bestehende Strukturen auch für diesen Themenbereich zu nutzen. Die monetäre Abgeltung von Ökosystemleistungen, z.B. durch Biodiversitätszertifikate, wurde intensiv diskutiert, da sich viele Workshop-Teilnehmer:innen einig waren, dass es neben den bestehenden Förderprogrammen zusätzlicher finanzieller Möglichkeiten bedarf, um den zukünftigen Herausforderungen begegnen zu können. Konzepte wie Biodiversitätszertifikate setzen jedoch zwingend eine enge Kooperation zwischen Landwirt:innen, nationalen und EU-Institutionen und vor allem relevanten Akteur:innen aus der Wirtschaft voraus. Kleine Retentionsteiche sollten intensiver beforscht und ihre Wirkung durch Monitoring evaluiert werden. Generell wurden überbetriebliche Lösungen zum Wasserrückhalt als besonders effektiv eingeschätzt, bedürfen aber entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen. Konkrete Projektideen wie Drainageversickerung auf geeigneten Böden, Exkursionsprogramme mit landwirtschaftlichen Schulen und Dialogformate mit Landnutzer:innen wurden von den Workshop-Teilnehmer:innen eingebracht und gemeinsam ausgearbeitet.

In den Förderprogrammen ÖPUL und GLÖZ sind zwar Maßnahmen enthalten, die positive Auswirkungen auf den Wasserhaushalt haben, der Fokus liegt jedoch nicht explizit auf Wasserrückhalt und zielt mehr auf die Bodenerosion oder die Biodiversität ab. Eine stärkere Ausrichtung dieser Programme auf Wasserrückhalt und -nutzbarmachung als Klimawandelanpassung wird daher empfohlen. Auch Regelungen für mehr Flexibilität nach Errichtung neuer Landschaftselemente könnten die Attraktivität erhöhen. Im GAP-Förderprogramm der sektor- und projektbezogenen Maßnahmen sind Wasser-Ernte-Maßnahmen enthalten, es gibt jedoch begrenzte Fördertöpfe, sodass nicht jedes Projekt gefördert werden kann. Es wird hier die Evaluierung des Fördersystems auf mögliche Hürden empfohlen sowie eine verstärkt koordinative Behördenstelle je Bundesland, die Überblick über die verschiedenen Fördermöglichkeiten in Wasser- und Landwirtschaft hat.

Insgesamt zeigt das Projekt, dass ein integrierter, kooperativer Ansatz notwendig ist, um Wasser-Ernte-Maßnahmen flächendeckend umzusetzen. Erfolgreiche Umsetzung erfordert nicht nur technische Lösungen, sondern auch geeignete Rahmenbedingungen, gemeinsame Schritte der verschiedenen Stakeholder, gezielte Förderung, breite Wissensvernetzung sowie Sichtbarmachen von Vorzeigeprojekten, die Mut machen und von den Lösungen überzeugen.

StartClim2024.D: Szenarien für eine sozial gerechte Energie- und Wärmewende im Wohngebäudebereich in Österreich

Österreich strebt Klimaneutralität bis 2040 an – eine ambitionierte Zielsetzung, die eine tiefgreifende Transformation des Wohngebäudesektors erfordert. Gebäude verursachen rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs und 10 % der gesamten Treibhausgasemissionen. Gleichzeitig ist Wohnen ein soziales Grundbedürfnis: Unzureichend gestaltete Klimapolitiken können Energiearmut und soziale Ungleichheiten verschärfen.

Dieses Projekt entwickelt ein systemdynamisches Modell (SD-Modell), das untersucht, wie der Wohngebäudesektor klimaneutral gestaltet werden kann, ohne die soziale Gerechtigkeit aus den Augen zu verlieren.

Das SD-Modell simuliert dynamisch:

- Entwicklung des Gebäudebestands: Neubau, Abriss und Sanierungen
- Heizungssysteme: Übergang von fossilen auf erneuerbare Heiztechnologien
- Verbesserung der Energieeffizienz: durch tiefgreifende Gebäudesanierungen
- Energiekosten und Energiearmut: Auswirkungen auf unterschiedliche Haushaltstypen
- Politische Rückkopplungen: wie Klimadruck und soziale Akzeptanz politische Maßnahmen beeinflussen

Haushalte werden in zwölf Gruppen unterteilt (Gebäudetyp, Eigentum/Miete, Einkommensniveau), wodurch das Modell detailliert analysiert, wer zahlt, wer profitiert und wer möglicherweise zurückbleibt.

Untersuchte Politiksznarien

Insgesamt wurden acht Politiksznarien gegenüber einem Basisszenario getestet:

- Ökonomische Anreize (ECO1–ECO4): Zuschüsse, CO₂-Preise, verbesserte Kostenweitergabe bei Mietobjekten und Bewusstseinskampagnen.
- Dekarbonisierung von Heizungssystemen (GHG1–GHG3): Verbote fossiler Heizungen, Einschränkungen bei Ersatzinstallationen und Ausbau erneuerbarer Wärmequellen.
- Umfassendes Politikpaket: Kombination aller Maßnahmen für maximale Wirkung.

Zentrale Ergebnisse

- Sanierungsraten:
 - Zuschüsse und CO₂-Bepreisung erhöhen die Sanierungsrate um +9–10 %.
 - Bessere Kostenweitergabe für Vermieter steigert Sanierungen um +35 %.
 - Heizungsverbote allein haben nahezu keinen Effekt auf die Sanierungsdynamik.
- Energieverbrauch:
 - Der gesamte Energieverbrauch im Gebäudesektor sinkt im Szenario „Alle Politiken“ bis 2050 um –3,4 %.
 - Effizienzgewinne resultieren aus Sanierungen und dem Einsatz energieeffizienterer Wärmepumpen.
- Treibhausgasemissionen:
 - Das umfassende Politikpaket reduziert Emissionen um 59 % gegenüber dem Basisszenario.
 - Einzelmaßnahmen zeigen nur geringe Wirkung (<5 % Reduktion).

- Klimaneutralität wird selbst mit umfassenden Maßnahmen bis 2050 nicht erreicht, da der Gebäudebestand und Heizsysteme nur langsam erneuert werden.
- Energiearmut:
 - CO₂-Preise und Heizungsverbote erhöhen die Energiearmut leicht (+0,1–0,3 %).
 - Zuschüsse wirken dämpfend, gleichen die Belastung aber nicht vollständig aus.

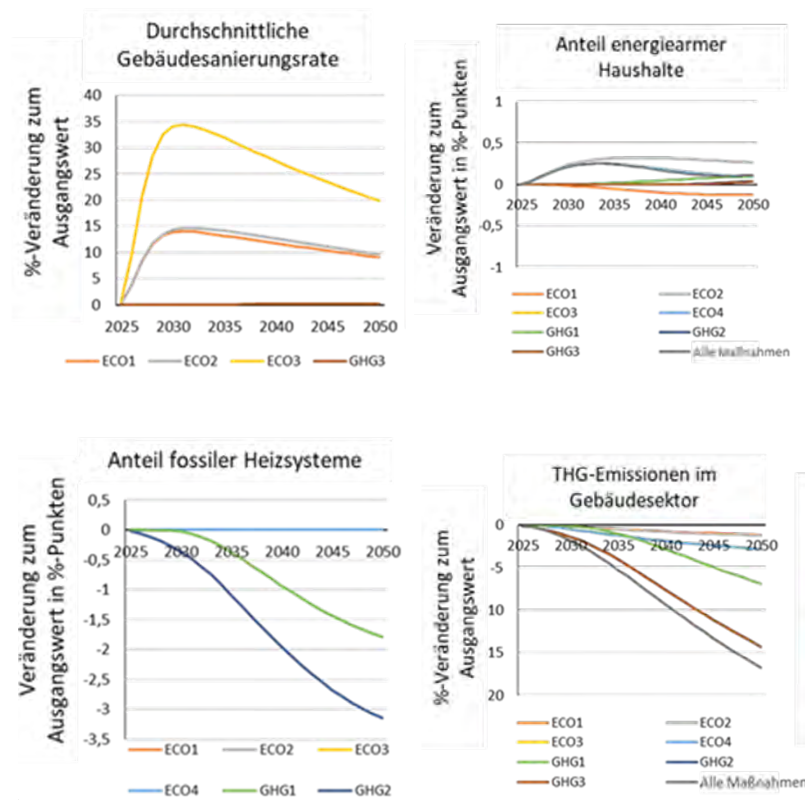


Abb. 5: Effekte der unterschiedlichen politischen Maßnahmen auf die Sanierungsrate, die Treibhausgasemissionen, den Anteil fossiler Heizsysteme und den Anteil energiearmer Haushalte.

Politische Implikationen

- Umfassende Politikpakete sind unverzichtbar: Nur die Kombination aus Zuschüssen, Regulierung, Heizungsverbotten und Ausbau erneuerbarer Wärme bringt signifikante Emissionsreduktionen.
- Frühes und entschlossenes Handeln ist nötig: Der schnelle Ausstieg aus fossilen Heizungen und massiv ausgeweitete, tiefe Gebäudesanierungen sind entscheidend für die Klimaziele 2040.
- Soziale Abfederung ist zentral: treffsichere Kompensationsmaßnahmen sind notwendig, um Energiearmut zu vermeiden und die gesellschaftliche Akzeptanz zu sichern.
- Ganzheitlicher Ansatz: Klimapolitik muss technische Maßnahmen, Verhaltensreaktionen und soziale Auswirkungen gemeinsam betrachten.

Fazit

Das Projekt liefert das erste SD-Modell für den österreichischen Wohngebäudesektor, das Klimaschutz und soziale Gerechtigkeit zusammenführt. Die Ergebnisse zeigen, dass transformative Veränderungen notwendig sind: 1) rascher Ausstieg aus fossilen Heizungen, 2) massiver Ausbau umfassender Sanierungen und 3) sozial ausgewogene Maßnahmen, die einkommensschwache Haushalte schützen.

StartClim2024.E: Systemdynamische Betrachtung von Szenarien zur Klimawandelanpassung im Kontext der Erreichung der SDGs in Österreich – Identifizierung von Dynamiken, Wechselwirkungen und Synergiepotentialen

Der Hintergrund

Der Klimawandel und seine spürbaren Auswirkungen erfordern rasches Handeln und nachhaltige Ansätze. Die Agenda 2030 mit den Sustainable Development Goals (SDGs) fördert eine ganzheitliche Sicht auf nachhaltige Entwicklung, weshalb Anpassungsmaßnahmen im Kontext der SDGs bewertet werden sollten. Da die Landwirtschaft besonders von Niederschlags- und Temperaturveränderungen betroffen ist, untersucht dieses Projekt die Auswirkungen des Klimawandels und ausgewählter Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft auf ausgewählte SDG-Indikatoren.

Projektziele & -ablauf

Ziel des Projekts war es, zu analysieren, wie Klimawandelauswirkungen und Anpassungsstrategien im Landwirtschaftssektor in Österreich die Erreichung der SDGs beeinflussen. Der Fokus lag auf langfristigen Trends, Dynamiken sowie möglichen Zielkonflikten und Synergien. Dafür wurde das systemdynamische iSD-AT Modell angewandt und ein Expert:innen-Workshop durchgeführt. Das Modell zeigte aggregierte Entwicklungen von Indikatoren in verschiedenen Klimawandel- und Anpassungsszenarien, während der Workshop die Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf die SDGs detailliert beleuchtete. So konnten modellunabhängige Perspektiven erarbeitet und Effekte identifiziert werden, die im iSD-AT Modell nicht abgebildet sind, was zur Validierung der Modellergebnisse beitrug.

Ergebnisse des Expert:innen Workshops

Im Workshop wurden die Maßnahmen (1) „Anpassung des landwirtschaftlichen Betriebsmanagements (biologische Landwirtschaft)“, (2) „Erhalt und Wiederherstellung der Ressource Boden“ und (3) „Züchtung klimafitter Kulturpflanzen & Überprüfung der Standorteignung“ aus der österreichischen Anpassungsstrategie im Hinblick auf ihre SDG-Wirkung diskutiert. Mit Ausnahme von SDG14, SDG16 und SDG17 wurden alle SDGs als potenziell betroffen identifiziert. Die Strategien wurden mit ressourcenschonenderem Einsatz von Bewässerung, Düngemitteln und Pestiziden verknüpft. Zudem wurden soziale Aspekte wie steigende Lebensmittelpreise und wachsende Ungleichheiten hervorgehoben. Gegenläufige Dynamiken wurden ebenfalls sichtbar, etwa bei klimafitten Kulturpflanzen: Sie reduzieren den Ressourceneinsatz, könnten aber bei Anbau auf ungeeigneten Flächen zu einer Intensivierung führen.

Szenarien und ausgewählte Indikatoren für die Modellierung

Im Modell wurden zwei Klimaszenarien implementiert, um die Auswirkungen veränderter Temperatur- und Niederschlagsbedingungen auf Nachhaltigkeitsziele zu analysieren. Beide Szenarien basieren auf einer durchschnittlichen Erwärmung von 0,6°C pro Dekade, ergänzt durch ein trockenes und ein feuchtes Niederschlagsszenario. Ein Counterfactual-Szenario ohne Änderungen bei Temperatur und Niederschlag nach 2023 wurde zur Isolierung sozio-ökonomischer Trends hinzugefügt. Zudem wurden zwei Anpassungspolitiksszenarien simuliert: eine schrittweise Ausweitung der biologischen Landwirtschaft bis 2050 auf 100% (PoL_Orga) und die Begrenzung des Flächenverbrauchs auf das Niveau von 2023 (PoL_Land).

Die Auswahl der Indikatoren konzentrierte sich auf relevante SDGs im Landwirtschaftssektor, darunter bewässerte Ackerfläche und Wasserverbrauch (SDG6), Einsatz von Stickstoffdünger und landwirtschaftliche Fläche (SDG15), Ertrag und Gesamtertrag (SDG2), reales BIP und Beschäftigung im Landwirtschaftssektor (SDG8) sowie Treibhausgasemissionen (SDG13).

Ergebnisse aus der Anwendung des iSD-AT Modells

Studien für Österreich zeigen, dass Niederschlags- und Temperaturveränderungen je nach Region zu einer Intensivierung oder Extensivierung der Landwirtschaft führen können, etwa durch höheren oder geringeren Einsatz von Stickstoffdünger und intensivere Bewässerung. Im iSD-AT zeigt sich auf aggregierter Ebene ein Intensivierungseffekt. Der Wasserverbrauch für Bewässerung (SDG6) steigt im trockenen Szenario bis 2050 um über 15 % im Vergleich zu 2023, getrieben durch Niederschlagsannahmen. Da das Modell keine Wasserknappheit berücksichtigt, muss dieser Anstieg regional und lokal betrachtet werden. Die Steigerung des Ertragspotentials und dadurch indizierte Intensivierung hat wiederum Auswirkungen auf ökologische Ziele wie die Verringerung der THG-Emissionen (SDG13) und den Erhalt der Biodiversität (SDG15).

Die Anpassungsstrategien können negativen Entwicklungen entgegenwirken und positive verstärken, führen aber auch zu Zielkonflikten: Der Erhalt landwirtschaftlicher Fläche erhöht den Gesamtertrag (SDG2) des Landwirtschaftssektors und somit die Ernährungssicherheit. Allerdings erhöhen sich dadurch auch der Wasserverbrauch für Bewässerung und der gesamte Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger, wodurch die THG-Emissionen steigen. Die Maßnahme der Ausweitung der biologischen Landwirtschaft kann dem entgegenwirken. Diese Maßnahme wirkt sich zwar positiv auf Klimaschutz und die Biodiversität aus, dennoch zeigt sich im sinkenden Ertrag pro Hektar (SDG2) auch ein Trade-off. Verstärkend wirken beide Maßnahmen im Hinblick auf die Entwicklung der Beschäftigung (SDG8). Damit wirken sie dem allgemeinen Trend der sinkenden Beschäftigung im Landwirtschaftssektor entgegen. Eine Kombination beider Maßnahmen (Pol_Comb) kann die negativen und positiven Auswirkungen beider Anpassungsmaßnahmen ausgleichen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Studie zeigt, dass makroökonomische Modelle wie das iSD-AT wertvolle Einblicke in die systemischen Effekte von Klimaanpassungsmaßnahmen und deren Wechselwirkungen mit den SDGs liefern. Synergien, etwa zwischen ökologischer Landwirtschaft und SDG13 (Klimaschutz), sowie Zielkonflikte, wie geringere Erträge und mögliche Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit, werden sichtbar. Expert:innen betonten die Bedeutung von Ressourcenschonung und sozialer Gerechtigkeit. Zukünftige Studien sollten Wechselwirkungen mehrerer Anpassungsmaßnahmen einbeziehen und durch die Kopplung mit sektorspezifischen Modellen regional differenziertere Ergebnisse ermöglichen.

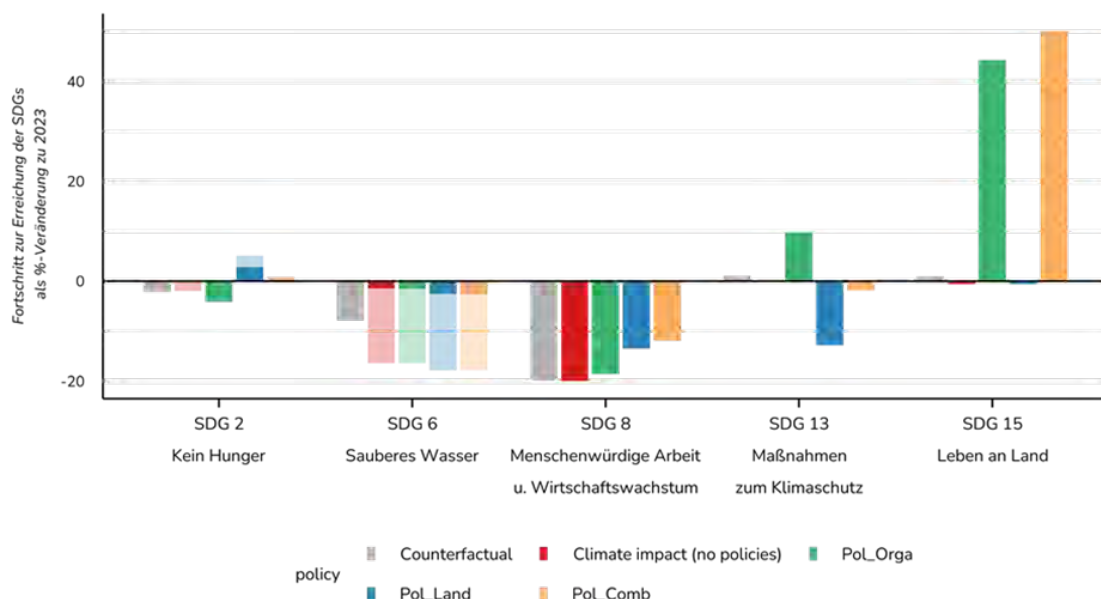


Abb. 6: Auswirkungen der unterschiedlichen Szenarien auf den Fortschritt ausgewählter SDGs. Ausgewählte Indikatoren wurden den SDGs zugeordnet und ihre Entwicklung gleich gewichtet.

StartClim2024.F: Moorrenaturierung mit Kohlenstoffzertifikaten: welchen Beitrag können freiwillige regionale Kohlenstoffmärkte leisten?

Entwässerte Moorböden stellen in Österreich eine potenziell signifikante Emissionsquelle von Treibhausgasen dar. Die jährlichen Gesamtemissionen drainierter organischer Böden in Österreich belaufen sich auf knapp 1 Million Tonnen CO₂-Äquivalente, was 1,4 % der gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen des Jahres 2022 entspricht. Drainierte organische Böden haben das Potenzial, durch Wiedervernässung von einer signifikanten Emissionsquelle wieder zu einem Speicher von Treibhausgasen zu werden. Die Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre ist ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung der klimapolitischen Ziele. Freiwillige Kohlenstoffmärkte stellen ein wichtiges Instrument dar, um dies zu unterstützen. Mit dem Kauf von Kompensationszertifikaten können Unternehmen und Privatpersonen Projekte finanzieren, die den Ausstoß von Treibhausgasen an anderer Stelle vermeiden oder der Atmosphäre aktiv CO₂ entziehen und es langfristig binden. Trotz des wachsenden Interesses des privaten Sektors an Kompensationszertifikaten sind bislang nur in wenigen Ländern freiwillige Kohlenstoffmärkte für Moorrenaturierungen entstanden. Auch in Österreich werden freiwillige CO₂-Zertifikate im Kontext von Moorrenaturierungen immer wieder diskutiert, ohne dass sie bislang umgesetzt worden sind.

Freiwillige Kompensationszertifikate zur Moorrenaturierung im Vergleich

Der Markt für freiwillige CO₂-Zertifikate hat in den letzten Jahren rasante Entwicklungen durchlaufen. Die globale Nachfrage nach Kompensationszertifikaten ist seit 2016 sprunghaft angestiegen und hat 2021 erstmals die Marke von 2 Milliarden Dollar überschritten. Im Jahr 2023 ist die globale Nachfrage nach Kompensationszertifikaten jedoch stark zurückgegangen. Der Hauptgrund dafür waren negative Berichte in den Medien über die Wirksamkeit von Waldschutzprojekten, die erhebliche Unsicherheit in Bezug auf die Qualität und Integrität der Projekte und damit der freiwilligen CO₂-Zertifikate ausgelöst haben. Um diesen Unsicherheiten zu begegnen hat die EU im Dezember 2024 eine Verordnung zur Schaffung eines unionsweiten Rahmens für die Zertifizierung von dauerhaften CO₂-Entnahmen, kohlenstoffspeichernder Landbewirtschaftung und der CO₂-Speicherung in Produkten beschlossen (CRCF-Verordnung). Dieser Unionsrahmen legt freiwillige Standards für die Zertifizierung von CO₂-Entnahmen fest. Im Bereich der Wiedervernässung von Mooren können Aktivitäten zertifiziert werden, die (i) auf die teilweise oder vollständige Vernässung der organischen Böden abzielen oder mit denen (ii) der Wasserstand auf den Flächen erhöht wird oder die (iii) der Förderung von Paludikultur dienen. Diese Aktivitäten müssen für mindestens 10 Jahre bestehen.

Die vergleichende Analyse der Kompensationsstandards MoorFutures in Deutschland und max.moor in der Schweiz hat in der Untersuchung gezeigt, dass neben vielen Ähnlichkeiten auch eine Reihe von Unterschieden zwischen den beiden Standards bestehen. Im Kern verwenden die Länder unterschiedliche Governance-Modelle: (1) Berechnung der THG-Einsparungen auf Basis des GEST-Ansatzes in Deutschland vs. pragmatischer Berechnungsansatz in der Schweiz, (2) Projektträger und Zertifikateanbieter sind bei MoorFutures dieselbe Organisation, während max.moor einen externen Zertifikateanbieter als Zwischenhändler verwendet, (3) MoorFutures verkauft Zertifikate an Privatpersonen und Unternehmen, während max.moor ausschließlich an Unternehmen verkauft, (4) das Prinzip der Regionalität spielt beim Verkauf der MoorFutures eine wesentlich größere Rolle.

Umsetzung in Österreich

In Österreich gibt es im Rahmen des strategischen LIFE-Projektes AMooRe erste grundsätzliche Überlegungen, durch die Renaturierung von Mooren attraktive Rahmenbedingungen für die CO₂-Speicherung zu schaffen. Die aktuelle Diskussion in Österreich reflektiert in hohem Maße die Erfahrungen in Deutschland und der Schweiz. Alle Experten sind sich einig, dass der deutsche GEST-Ansatz für die kleinteiligen Moorflächen in Österreich nicht geeignet ist und orientieren sich daher am

pragmatischen Schweizer Modell. Im Kern werden aktuell zwei Finanzierungsmodelle angedacht: (1) ein rein privatwirtschaftliches Modell und (2) Anschubfinanzierung durch öffentliche Gelder.

Das in Umsetzung befindliche Pilotprojekt basiert auf einer Weiterentwicklung des max.moor-Standards, der die Kompatibilität mit den Anforderungen der CRCF-Verordnung bereits im Blick hat. Das vollständig privat finanzierte Pilotprojekt in Österreich ist ein Novum, das keine Entsprechung in den Modellen der anderen europäischen Länder findet. Der Ansatz ist zudem sehr voraussetzungsvoll, so dass es eher unwahrscheinlich ist, dass sich dieses Modell auf eine hohe Zahl von Renaturierungsprojekten in Österreich übertragen lässt. Das alternative Modell, wo die öffentliche Hand mit öffentlichen Geldern eine Unterstützung bei den hohen Anfangsinvestitionen gewährt, befindet sich noch im Diskussionsstadium. Um dieses Modell in Österreich langfristig zu etablieren, müssten die Bundesländer eine aktivere Rolle einnehmen, was derzeit noch nicht der Fall ist. Dies kann durch neu gegründete Naturschutzfonds auf Länderebene geschehen oder durch andere öffentliche Institutionen, die das Projektmanagement übernehmen. Der Wunsch nach einer starken Regionalität der Projekte ist auch in Österreich bei fast allen Experten gegeben. Ob sich dies in den derzeit diskutierten Modellen umsetzen lassen, analog zum deutschen Modell, wo die Zertifikate an Hunderte von Privatpersonen verkauft werden, scheint momentan eher fraglich. Auch hier wird sich das österreichische Vorgehen wahrscheinlich eher am Schweizer Modell orientieren und sich primär auf Unternehmen als Käufer konzentrieren. Das unternehmerische Interesse an solchen Projekten in Österreich lässt sich aktuell nur schwer abschätzen. Die großen Unternehmen fokussieren primär auf die Minderung ihrer eigenen Emissionen und das Thema Kompensation der verbleibenden Restemissionen ist gegenwärtig eher randständig. Die Erfahrungen aus anderen Kompensationssystemen zeigen in jedem Fall, dass kleine und mittlere Unternehmen für solche Projekte gewonnen werden können. Ähnliche Herausforderungen zeigen sich aber auch auf der Angebotsseite. Das Interesse von Grundeigentümern an CO₂-Zertifikaten als zusätzliche Einkommensquelle ist nach wie vor groß. Diesen Gedanken in die Praxis umzusetzen, gestaltet sich aber durchaus schwierig und hängt am Ende von vielen Details ab.

Fazit

CO₂-Zertifikate sind ein sinnvolles Instrument zur Finanzierung der Renaturierung von Moorböden. Die Anzahl der Moorflächen, die gegenwärtig im LIFE-Projekt AMooRe involviert sind, lässt hoffen, dass sich in den nächsten Jahren mindestens die gleiche Zahl von Kompensationsprojekten in Österreich verwirklichen lassen, wie es in Deutschland und der Schweiz unter den Standards MoorFutures und max.moor gelungen ist.



Abb. 7: Freiwillige CO₂-Zertifikate zur Moorrenaturierung in Deutschland, Schweiz und Österreich.

StartClim2024.G: av.geo.clim - Vulnerable alpine Infrastruktur im Klimawandel - Sensibilisierung im Naturraum

Der Klimawandel hinterlässt im Alpenraum deutliche Spuren – mit weitreichenden Folgen für Natur, Infrastruktur und die Naturraumnutzer:innen im Gebirge. Steigende Temperaturen, häufigere Starkniederschläge und das Auftauen von Permafrost führen zu einer Zunahme und Veränderungen von Naturgefahren wie Steinschlägen, Muren und Hangrutschungen. Parallel dazu wächst der Nutzungsdruck durch eine steigende Zahl Erholungssuchender, vor allem in höher gelegenen Gunsträumen. Wandernde sind diesen Gefahren stärker ausgesetzt. Gleichzeitig sinkt die Zahl ehrenamtlicher Wegewart:innen, die für Kontrolle und Instandhaltung der Wege verantwortlich sind. Der Wartungsaufwand steigt infolge klimabedingter Schäden und intensiver Nutzung, während personelle Ressourcen schwinden. Die Kombination aus klimatischen Veränderungen, zunehmenden Extremereignissen und strukturellem Wandel im Ehrenamt stellt das Wegemanagement vor neue Herausforderungen. Daraus ergibt sich ein dringender Handlungsbedarf für nachhaltige Strategien zu Risikobewusstsein, Unterhalt und Organisationsstrukturen im alpinen Raum.

Hier setzt das Projekt av.geo.clim an. Ziel war die Entwicklung praxisorientierter Methoden, um Naturgefahren entlang alpiner Wanderwege fachlich fundiert einzuschätzen. Ergänzend soll niederschwellige Wissenschaftskommunikation ein besseres Verständnis für Ursachen, Dynamik und Klimawandelbezug fördern. Um zielgerichtete Maßnahmen zu entwickeln, wurden zentrale Akteursgruppen identifiziert: Freizeit- und Bergsportler:innen, Wegewart:innen und Expert:innen.

Ein wesentliches Element – Bewertungspfade

Ein zentraler Baustein war die Integration sogenannter Bewertungspfade zur Klassifikation von Naturgefahren: strukturierte, einfach anwendbare und zugleich wissenschaftlich fundierte Abläufe. Sie unterstützen Expert:innen, Gefahrenlagen systematisch zu erfassen, zu bewerten und Entscheidungen über Wartung, Sicherung und Kommunikation zu treffen. Den vielen Ehrenamtlichen wird damit ein Instrument an die Hand gegeben, um Situationen besser einzuschätzen und zu dokumentieren. Zugleich eröffnet es Nutzer:innen eine neue Möglichkeit, sich über Naturgefahren und deren Auswirkungen zu informieren.

Ein digitales Formular für die Erfassung im Gelände

Zur praktischen Umsetzung wurde ein digitales Erfassungsformular entwickelt. Es ist über einen einfachen Weblink erreichbar und kann direkt im Browser ausgefüllt werden – ohne Zusatzprogramme oder Vorkenntnisse. Wegewart:innen erfassen damit gezielt Informationen wie Gefahrenprozesse, Bodenbeschaffenheit oder frühere Ereignisse. Das Formular ist bewusst einfach gestaltet, mit Hilfetexten und Bildern, sodass auch weniger Erfahrene fundierte Einschätzungen vornehmen können. Gleichzeitig tragen diese Hinweise zur Sensibilisierung bei: Wer das Formular nutzt, lernt auch etwas über Ursachen und Merkmale von Steinschlägen, Rutschungen oder Muren.

Anwendung der Daten – Gefahrenpotentialkarte

Die erhobenen Daten bilden die Grundlage für eine Gefahrenpotentialkarte, die gefährdete Wegabschnitte sichtbar macht. Sie zeigt, wo besondere Aufmerksamkeit nötig ist, ob Handlungsbedarf besteht und wie sich Gefahren verteilen. Entscheidungsträger:innen können so Maßnahmen gezielter planen. Auch Wandernde profitieren, da sie Zugang zu nützlichen Informationen für risikominimierende Entscheidungen erhalten. Solche Karten tragen zudem zur Sensibilisierung bei – sowohl für konkrete Gefahrenlagen als auch für die Auswirkungen des Klimawandels. Eine erweiterte Version berücksichtigt mögliche Entwicklungen bis 2045. Im Vergleich heutiger und künftiger Zustände wird deutlich: Gletscher und Permafrostbereiche ziehen sich zurück, während sich Gefahrenzonen räumlich und in Intensität verändern. Interessierte können über die im Projekt entwickelten StoryMaps vertiefend einsteigen.

Wissen vermitteln – mit digitalen StoryMaps

Ein zweiter Schwerpunkt ist der Wissenstransfer. Wie erreicht man Menschen, die nicht direkt in die Instandhaltung eingebunden sind – etwa Wandernde, Hüttenbesucher:innen oder Tagestouristen? Hierfür wurden digitale StoryMaps erstellt. Sie vermitteln neben Grundlagen des Wanderns auch Wissen über Naturgefahren, deren Entstehung, Wirkung und klimatische Zusammenhänge. Die Inhalte sind leicht verständlich und visuell ansprechend aufbereitet – mit Animationen, Texten und Beispielen aus dem Untersuchungsgebiet. Besonderer Fokus liegt auf dem Zusammenhang zwischen Klimawandel und Naturgefahren: Was bedeutet schmelzender Permafrost? Warum nimmt Starkregen zu? Und wie beeinflusst dies den Zustand der Wege?

Rückmeldungen, Ideen und Austausch – ein Treffen mit Expert:innen

Um das Projekt in der Praxis zu verorten und wertvolles Feedback einzuholen, wurde ein Workshop mit Expert:innen organisiert. Dabei bestätigte sich, dass das Projekt wichtige Aufgaben übernimmt und für viele Akteur:innen von Nutzen ist. In den Diskussionen wurde deutlich, wie entscheidend es ist, Gefahren im Gebirge einzuschätzen und Eigenverantwortung zu übernehmen. Die Methoden wurden als geeignet bewertet, zugleich ergaben sich Anregungen: Weitere Naturgefahren sollten erfasst und Zielgruppen klarer differenziert werden. Nicht alle Vorschläge konnten umgesetzt werden, einige flossen jedoch direkt ins Projekt ein.

Was uns das Projekt bringt und noch bringen wird

Das Projekt greift mit neuen Methoden aktuelle und künftig relevante Herausforderungen auf. Sein Potential ist bereits sichtbar, da es verschiedene Aspekte eines komplexen Wirkungsgefüges effizient verbindet. Es schlägt Brücken zwischen Wissenschaft und Praxis, zwischen Naturgefahren und Wanderwegewesen, zwischen klimabedingten Veränderungen und dem Erhalt gewachsener Strukturen. Sowohl die Sicherheitsanforderungen als auch das Bedürfnis vieler Menschen, sich frei in den Bergen bewegen zu können, werden adressiert.

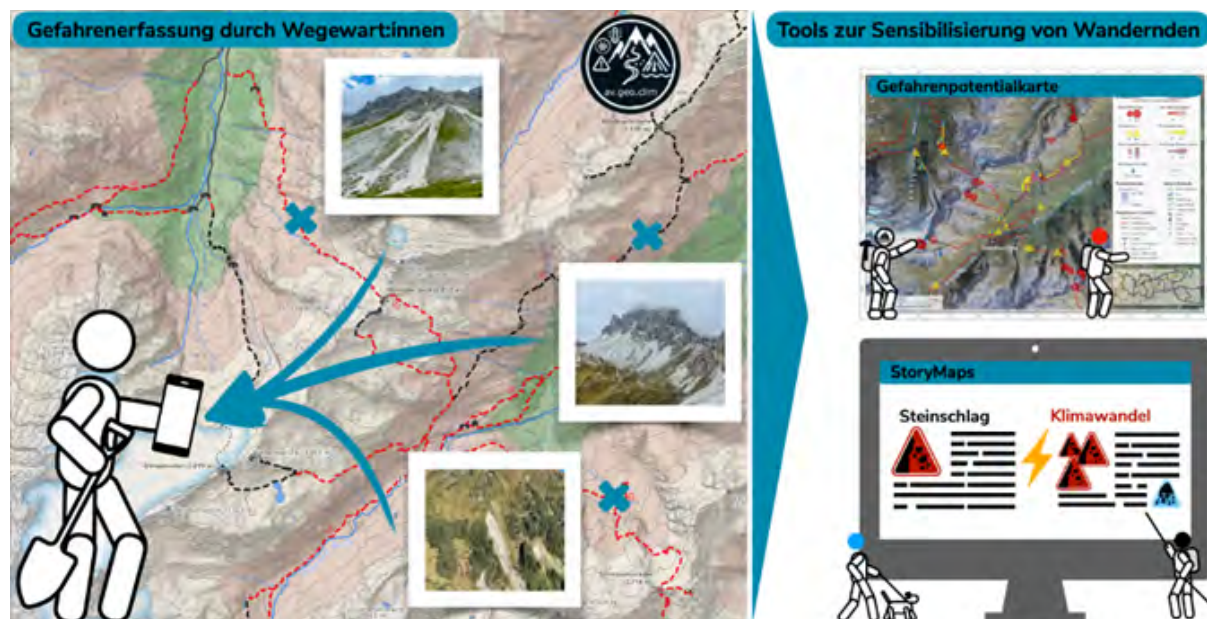


Abb. 8: Kernkonzepts des Projekts av.geo.clim: Wegewart:innen erfassen Gefahrenstellen entlang alpiner Wege mit einem entwickelten digitalen Formular. Die erhobenen Daten werden von Expert:innen aufbereitet und über Gefahrenpotentialkarten sowie interaktive StoryMaps zielgruppenspezifisch kommuniziert, um Wandernde für Naturgefahren und die Folgen des Klimawandels zu sensibilisieren.

StartClim2024.H: Vergleich zweier Bewirtschaftungsintensitäten auf montanen Dauerwiesen hinsichtlich Wassernutzungs- und Ökoeffizienz, Ertrag, Futterqualität und ökonomischer Aspekte

Die Grünlandbewirtschaftung spielt im benachteiligten Berggebiet Österreichs eine wichtige Rolle für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion als auch für die Erhaltung der Kulturlandschaft. Die österreichische Landwirtschaft ist kleinstrukturiert, im Durchschnitt bewirtschaftet laut dem Grünen Bericht 2024 ein österreichischer Betrieb 44,9 ha (im Jahr 2020). Der Strukturwandel, die Abnahme der landwirtschaftlichen Betriebe, ist deutlich erkennbar: Laut dem Grünen Bericht 2024 lag die Betriebszahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe um 11 % unter jener der letzten Vollerhebung im Jahr 2010. Jedoch steht die Abnahme land- und forstwirtschaftlicher Betriebe in Österreich einer Zunahme von durchschnittlich landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie der Herdengröße je Betrieb entgegen.

Im Dauergrünland wird zwischen intensivem und extensivem Grünland unterschieden. Extensive bzw. halb-intensive Dauergrünlandflächen findet man dabei mehr in den Bergregionen über etwa 1000 m. Seehöhe, wo die Klima- und Wetterbedingungen häufig nicht mehr Nutzungen zulassen. In den Alpen ist der Klimawandel speziell in den letzten Jahrzehnten klar ersichtlich. Unter einem humiden Klima in den Nordstaulagen Österreichs ist daher tendenziell mit einer Verlängerung der Vegetationsperiode, und bei ausreichender Wasserversorgung auch mit höheren Grünlanderträgen zu rechnen. Eventuell könnten in diesen Gebieten eine bisher extensivere bzw. halb-intensive Bewirtschaftung der Flächen zu einer intensiveren Nutzung (zusätzlicher Schnitt) führen.

Ziel des Projektes

Aufgrund dieser Erwartungen ist das Ziel dieses Projekts eine montane Dauergrünlandfläche in einem humiden Gebiet hinsichtlich zweier Bewirtschaftungsintensitäten zu testen. Dabei soll herausgefunden werden, ob eine intensivere Bewirtschaftung im Vergleich zu einer bisher halb-intensiven Bewirtschaftung zu einer Ertragssteigerung führen könnte. Zusätzlich wird ein zusätzlicher Schnitt auch ökologisch (mittels Biodiversitätsbestimmung) und ökonomisch mithilfe des Betriebsmanagement-Tools FarmLife betrachtet.

Die Versuchsfläche dafür befindet sich in der westlichen Obersteiermark auf ca. 1000 m Seehöhe auf einem aktiv land- und forstwirtschaftlich genutzten Grünlandbetrieb. Das Testfeld wurde im Jahr 2020 mit einer Wetterstation, Bodensensoren, sowie mit 6 Sickerwassersammlern errichtet.

Wetter- und Bodenfeuchtebedingungen

Seit dem Jahre 2021 bis zum Jahre 2024 erfolgten Wetter- und Bodenfeuchtebeobachtungen in den Vegetationsperioden (angenommen von April bis Oktober). Dabei wurden in den Vegetationsperioden Niederschlagssummen zwischen 764 mm und 858 mm, mittlere Lufttemperaturen zwischen 5,7 °C und 7,5 °C, sowie potenzielle Verdunstungsmengen zwischen 415 mm und 430 mm gemessen. Die klimatische Wasserbilanz ergab demnach Sickerwassermengen zwischen 223 mm und 377 mm. Eine tendenzielle Abnahme der Frost- und Eistage, hingegen eine Zunahme der Sommer- und Tropentage wurde von 2021 bis 2024 bestimmt.

An der intensiven Fläche wurde eine tendenziell geringere potenzielle Verdunstungsmenge sowie eine geringere Bodenwasserspeicherverfügbarkeit berechnet.

Trockenmasseerträge

Die gemessenen Trockenmasseerträge schwankten an der halb-intensiv genutzten Fläche zwischen 3126 kg/ha und 7683 kg/ha bzw. zwischen 4687 kg/ha und 6143 kg/ha an der intensiv genutzten Fläche. Die unterschiedlichen Erträge der beiden Bewirtschaftungsintensitäten zeigten, dass es sich möglicherweise an diesem Standort um eine Grenzlage zwischen halb-intensiver und intensiver Nutzung handelt, da in niederschlagsreicheren Perioden die intensivere Nutzung bessere Erträge

erzielte, jedoch in etwas niederschlagsärmeren Perioden die halb-intensive Nutzung mehr Ertrag generieren konnte. Damit könnte eventuell ein abgestufter Wiesenbau forciert werden und solche Lagen sowohl standortüblich (halb-intensiv) als auch möglicherweise intensiver genutzt werden. Prinzipiell sind Ergebnisse aus vier Versuchsjahren jedoch noch nicht sehr belastbar, da auch der Witterungsverlauf und das Ende der Schneebedeckung und damit der Beginn der Vegetationsperioden für die Grünlanderträge eine große Rolle spielt.

Ökologische Beobachtungen und ökonomische/ökologische Bewertungen

Die ökologischen Beobachtungen brachte bis dato an beiden Flächen keine wesentlichen Änderungen, dafür bräuchte man noch einige Beobachtungsjahre, um die ökologischen Änderungen quantifizieren zu können.

Die ökonomische Bewertung brachte ausgehend von höheren Erträgen einer intensiveren Nutzung im Einkommensbeitrag keine wesentliche Veränderung verglichen zu einer ertragsärmeren halb-intensiven Nutzung. Die ökologische Bewertung zeigte insbesondere bei der Kennzahl Treibhauspotential pro ha eine Reduktion der halb-intensiven Nutzung verglichen zur intensiveren Nutzung. Die standortübliche, halb-intensive Nutzung wird dabei als effizient mit einer ökologisch orientierten Wirtschaftsweise, die intensive Nutzung als extensiv mit einer ökologisch orientierten Wirtschaftsweise bewertet.

Um jedoch die Erkenntnisse hinsichtlich der Beziehung zu Bodenwasser, Ertrag, Ökologie und Ökonomie noch besser abzusichern, müssten noch einige Vegetationsperioden in Zukunft analysiert werden.

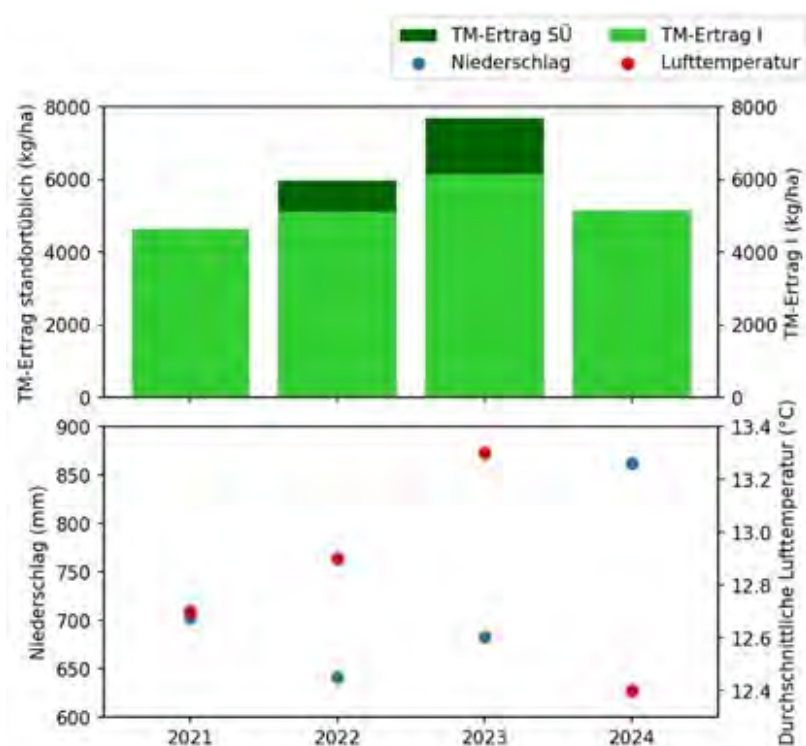


Abb. 9: Die Trockenmasseerträge (TM-Erträge) der beiden Bewirtschaftungsintensitäten am Versuchsstandort deuten auf eine Grenzlage zwischen halb-intensiver (SÜ) und intensiver Nutzung (I) hin. Höhere TM-Erträge an beiden Bewirtschaftungsintensitäten wurden in den Vegetationsperioden mit höheren durchschnittlichen Lufttemperaturen gemessen (2022 und 2023).

Verweise

Die vollständigen Endberichte von StartClim2024 stehen auf der StartClim Website zur Verfügung. Bitte beachten Sie, dass diese derzeit nicht in barrierefreier Form vorliegen.

<https://startclim.at/projektliste>

Bei Fragen zum Forschungsprogramm StartClim besuchen Sie die Website

<http://www.startclim.at>

oder kontaktieren Sie uns

Redaktion

Mimi Amaichigh

Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur

Email: startclim@boku.ac.at

Telefon: +43 1 47654-81437

Herbert Formayer

Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur

Email: herbert.formayer@boku.ac.at

Telefon: +43 1 47654-81415