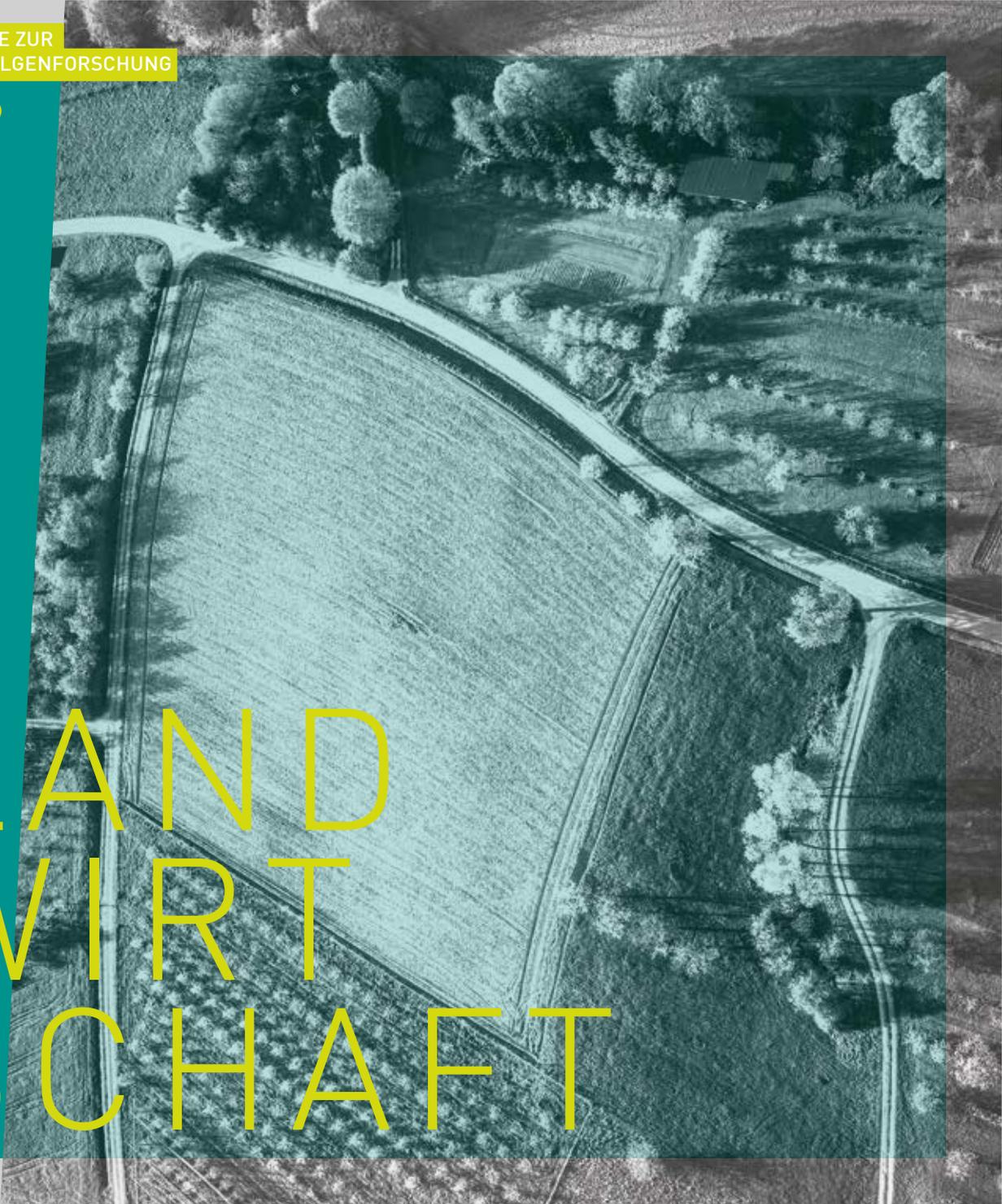


BERICHTE ZUR  
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

2019

An aerial photograph of a rural landscape, showing a large field in the foreground, a road, and a cluster of trees in the background. The image is overlaid with a teal vertical bar on the left side.

# LAND WIRT SCHAFT



# INHALT

## 05 **Vorwort**

## 07 **Einführung**

Auszug aus: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014

## 12 **COMBIRISK**

Im Projekt COMBIRISK werden relevante regionale Risiken identifiziert und als Basis eine Datenbank aus verfügbaren nutzpflanzenspezifischen Daten und Zusammenhängen aufgebaut. Als Hauptergebnis wird ein indikatorgestütztes, hochauflösendes GIS-Modell für die Überwachung und Kartierung kombinierter abiotischer und biotischer wetterbedingter Anbaurisiken erstellt und auf die aktuellen Bedingungen in Österreich und unter Einbeziehung von Klimaszenarien in zwei Anbauregionen in Österreich angewendet.

## 20 **ExtremeGrass**

Das Ziel des Projekts ExtremeGrass ist die Auswirkungen einzelner und kombinierter Veränderungen der Lufttemperatur, der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Sommerdürre zu simulieren und anschließend Zusammenhänge zu mikrobiologischen Prozessen in dem bewirtschafteten Grünland herzustellen. Die Erfassung des Klimawandeleinflusses liefert eine Voraussetzung für die Parametrisierung von Ökosystemmodellen, die die Messdaten funktionell integrieren und Rückkoppelungen zwischen Öko- und Klimasystem ermitteln.

## 26 **PiPoCool**

In Österreich werden sowohl Schweine als auch Geflügel in Stallungen gehalten, die zumeist mit einer mechanischen Lüftungsanlage ausgestattet sind. Mit einem Simulationsmodell, das die Wechselwirkung des Tierbestands, der Gebäudehülle und der Lüftungsanlage beschreibt, werden im Projekt PiPoCool die thermischen Parameter, die Luftqualität und die Emissionen des Stalles berechnet. Mithilfe dieses Modells werden für eine Referenzperiode 1985-2010 sowie für die zukünftige Periode 2036-2065 die thermische Situation der Tiere im Stall und die Wirksamkeit von Reduktionsmaßnahmen evaluiert, um dadurch eine Erhöhung der Resilienz zu erreichen.

## 34 **CLIMAGROCYCLE**

Im Projekt CLIMAGROCYCLE werden die Auswirkungen von klimawandelbedingten Niederschlagsmustern auf die Pflanzenproduktion im Hinblick auf die zukünftige Ernährungssicherheit im pannonischen Raum in Österreich und den Nachbarländern untersucht. Dabei wird eine Versuchsanlage eingesetzt, die diese Niederschlagseffekte auf die drei wichtigsten Bodenarten der Region gleichzeitig untersuchen kann. Der Fokus liegt hierbei auf der Stabilität von Bodenkohlenstoff und Stickstoff, der Bodenfruchtbarkeit einschließlich Wasserbilanz, der Zersetzung (Dekomposition), der Ernte sowie Unkrautwachstum, den nützlichen Bodenorganismen und der Überwachung der Bodenbiodiversität.

## 38 **FARM**

Das FARM-Projekt untersucht die Implikationen in einem integrierten, risikobasierten Modellansatz, die die Umsetzung einer Dürreversicherung in Kombination mit bereits vorhandener Hagel- und Frostversicherung mit sich bringt. Ziel ist es, Kosten, Risiken sowie Chancen einer subventionierten Dürreversicherung in Kombination mit Risikoreduktionsmaßnahmen auf österreichischer Ebene zu berechnen.

## 48 **Alle geförderten Projekte im Überblick**

## 50 **Bisherige Ausgaben von „ACRP in essence“**



---

Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer

” Langfristige Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen durch Temperaturextreme, Starkniederschläge und Trockenphasen sind spürbare Auswirkungen des Klimawandels. Mit unserem Förderprogramm ACRP liefern wir eine wissenschaftliche Basis für notwendige Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft.“



---

Gernot Wörther  
Projektmanager  
und Controller

” Die Landwirtschaft ist in Bezug auf Klima-  
veränderungen besonders vulnerabel. Daher wird im Rahmen der ACRP-Forschungsarbeit ein Schwerpunkt auf unterschiedliche Aspekte der klimainduzierten Veränderungen und auf mögliche Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft gelegt.“

# VORWORT

**In Österreich ist ein Temperaturanstieg in der Periode seit 1880 um nahezu 2 °C zu verzeichnen. Der erhöhte Anstieg ist besonders für die Zeit ab 1980 beobachtbar, in der eine Temperaturzunahme von etwa 1 °C registriert wurde. Auch die Niederschlagsentwicklung in Westösterreich zeigt in den letzten 150 Jahren eine Zunahme der jährlichen Niederschlagsmenge um 10-15 %, im Südosten hingegen ist eine Abnahme in ähnlicher Größenordnung registriert worden.**

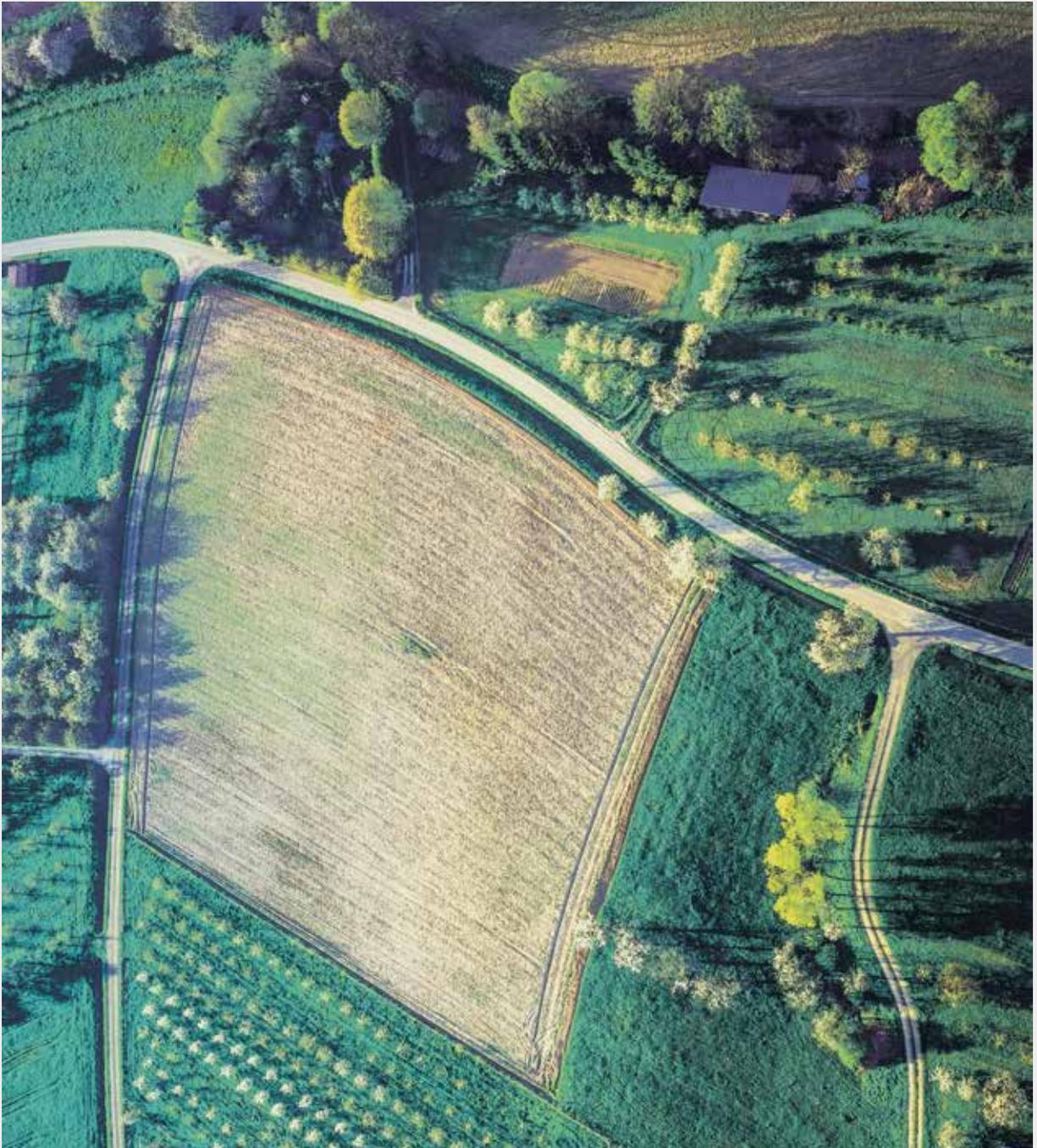
Das zeigt, dass die Auswirkungen des Klimawandels bereits heute, besonders in einem Alpenland wie Österreich, sehr unterschiedlich auftreten. Für den Landwirtschaftssektor bedeutet das wärmere Klima eine Zunahme des Ertragspotenzials von Nutzpflanzen im nördlichen Alpenvorland sowie die Erhöhung des Ausfallrisikos durch zunehmende Trocken- und Hitzephasen in niederschlagsärmeren Gebieten wie beispielsweise nördlich der Donau. Auch eine Verstärkung des Schadpotenzials durch wärmeliebende Schädlinge und Leistungsminderungen von Nutztieren treten auf. Diese Effekte werden sich in den kommenden Jahren noch weiter verstärken.

Insbesondere für die klimaempfindliche Landwirtschaft werden daher, neben dem Klimaschutz, weitsichtige Anpassungsmaßnahmen erforderlich sein.

Die Grundlagen für die notwendigen Strategien und Maßnahmen werden durch das Förderprogramm Austrian Climate Research Programme (ACRP) des Klima- und Energiefonds geschaffen. Bereits im Jahr 2014 erschien die erste Broschüre ACRP in essence zum Thema Landwirtschaft. Auch heute – vier Jahre später – zeigt die nachfolgende Auswahl an Forschungsberichten, wie wichtig notwendige Schritte in Richtung Klimawandelanpassung in der Landwirtschaft sind.

---

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen  
Ihr Klima- und Energiefonds-Team



# EINFÜHRUNG

Auszug aus: Österreichischer Sachstandsbericht  
Klimawandel 2014 – Austrian Panel on Climate  
Change (APCC) – Synthese

Der Klimawandel erweist sich für Management, Nutzung und Schutz von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen sowie für die nachhaltige Bewirtschaftung der Schlüsselressource Wasser als besondere Herausforderung. Diese stellt sich je nach betroffenem System – von weitgehend natürlichen Ökosystemen und Schutzgebieten bis hin zu intensiv genutzten Agrarökosystemen – unterschiedlich dar. Das Landsystem zeichnet sich durch die sehr engen Verflechtungen zwischen sozialen, wirtschaftlichen, geomorphologischen, klimatischen und ökologischen Faktoren aus. Zwischen Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz sowie Erhaltung von Ökosystemen und Biodiversität bestehen zahlreiche klimarelevante Wechselwirkungen. Diese führen dazu, dass Veränderungen in einem Bereich, etwa in Wirtschaft und Gesellschaft, Auswirkungen auf viele andere Bereiche haben.

So kann beispielsweise eine Maßnahme zur Veränderung von THG-Emissionen – z. B. die

Ausweitung von Waldflächen und die Erhöhung der Bestockungsdichte im Wald zur Bindung von Kohlenstoff (C) – zu (positiven oder negativen) Rückwirkungen auf die Produktionsleistung (etwa die land- und forstwirtschaftliche Produktion) sowie auf andere Ökosystemleistungen (etwa die Rückhaltekapazität für Wasser oder den Schutz vor Lawinen oder Murenabgängen), auf die Biodiversität, das Risiko von Schadereignissen (Windwurf, Borkenkäferbefall) im Wald sowie auf den Klimaschutz selbst (z. B. indirekte Landnutzungseffekte) führen. Diese Wechselwirkungen können auch die THG-Reduktionspotenziale, die mit einer Maßnahme erzielt werden können, maßgeblich beeinflussen. Dies betrifft u. a. die Frage bei einem Ersatz von Fossilenergie durch Bioenergie erzielbare THG-Einsparungen, welche durch systemische Effekte im Bereich der Landnutzung (z. B. Landnutzungsänderungen durch Ausweitung von Anbauflächen in anderen Regionen) erheblich beeinflusst werden können. Die Berücksichtigung aller relevanten Wechselwirkungen („feedbacks“)

# EINFÜHRUNG



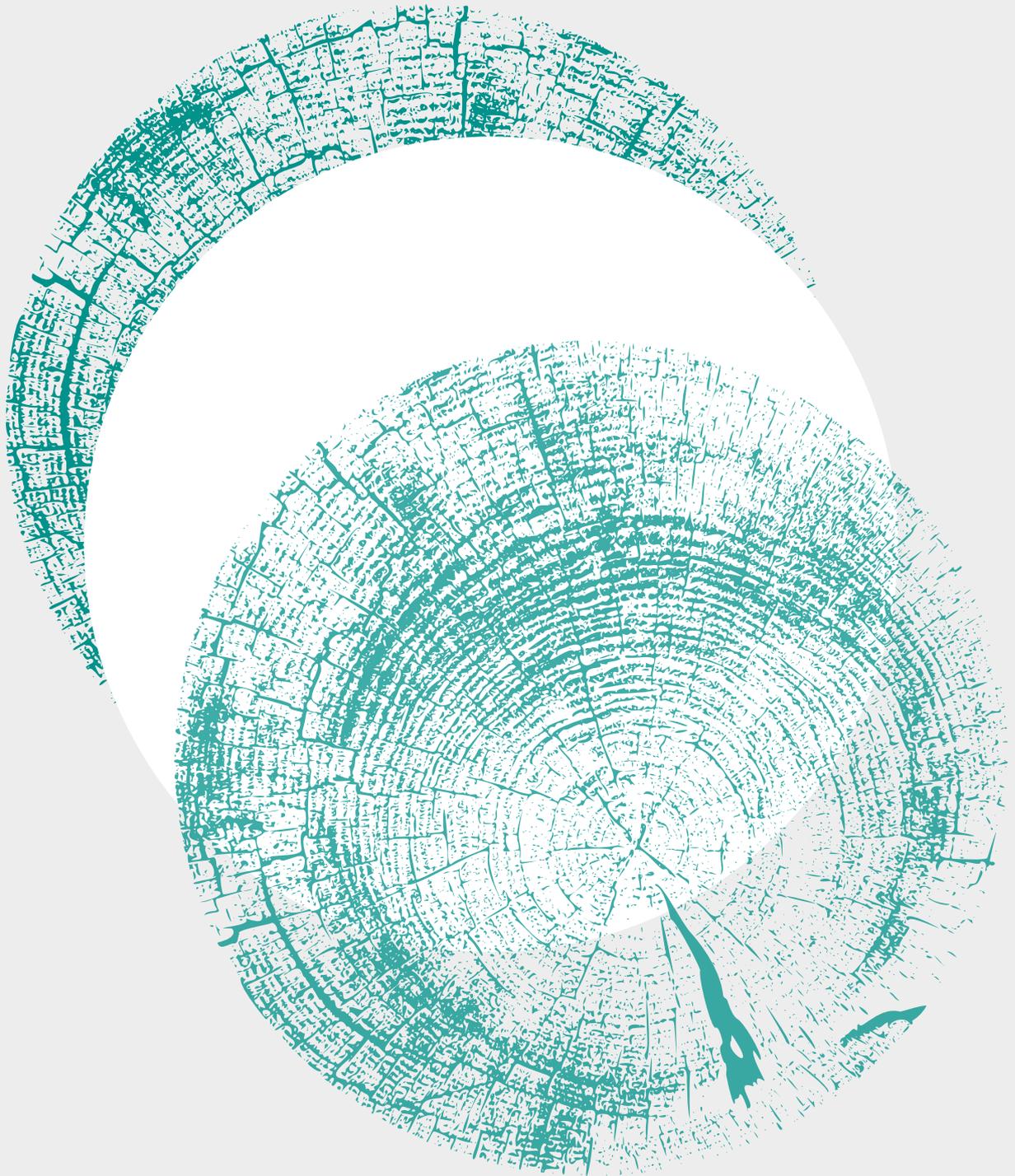


stellt eine große wissenschaftliche Herausforderung dar, ist aber für die Entwicklung robuster Strategien zum Umgang mit dem Klimawandel von großer Bedeutung.

Die Landwirtschaft kann in vielfältiger Weise THG-Emissionen verringern und Kohlenstoffsenken verstärken. Bei gleichbleibender Produktionsmenge liegen die größten Potenziale in den Bereichen Wiederkäuerfütterung, Düngungspraktiken, Reduktion der Stickstoffverluste und Erhöhung der Stickstoffeffizienz (sehr wahrscheinlich). Nachhaltige Strategien zur THG-Reduktion in der Landwirtschaft erfordern ressourcenschonende und -effiziente Bewirtschaftungskonzepte unter Einbeziehung von ökologischem Landbau, Präzisionslandwirtschaft und Pflanzenzucht unter Erhaltung der genetischen Vielfalt.

Die klimarelevanten Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft sanken in Österreich zwischen 1990 und 2010 um 12,9 %. Dies war zunächst vor allem auf eine Abnahme der Tierzahlen (bis 2005) und danach (2008 bis 2010) auf eine Reduktion des Stickstoffdüngereinsatzes zurückzuführen. Gleichzeitig stiegen in diesem Zeitraum die Tierzahlen bei Schweinen und Rindern wieder an, was zu einer Erhöhung der Emissionen aus der Wiederkäuerverdauung und den Wirtschaftsdüngern führte. Die Landwirtschaft war im Jahr 2010 mit 7,5 Mt. CO<sub>2</sub>-Äq. für 8,8 % der bilanzierten österreichischen THG-Emissionen verantwortlich. Der Ausbau landwirtschaftlicher Bioenergieproduktion kann u. a. im Rahmen einer Strategie zur integrierten Optimierung von Lebensmittel- und Energieproduktion sowie in Form kaskadischer Nutzung von Biomasse zur THG-Reduktion beitragen. Dabei können auf landwirtschaftlichen Flächen die Potenziale zur THG-Reduktion vergrößert werden, indem Fruchtfolgen, Tierhaltung und Biomasse-

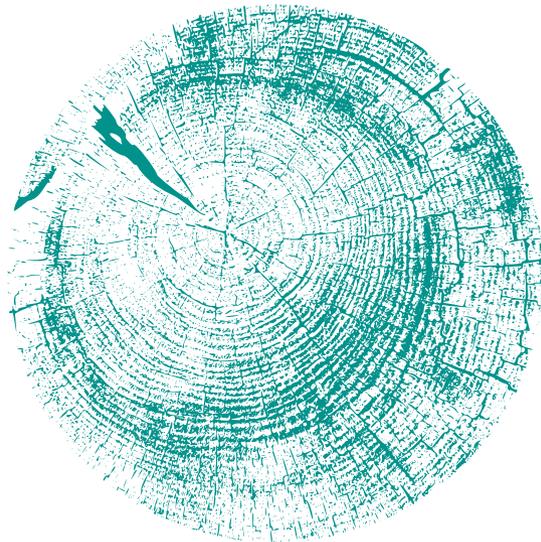
# EINFÜHRUNG



senutzungsflüsse im Hinblick auf Nahrungs-, Gase- und Energieproduktion integriert optimiert werden. Zugleich sind jedoch in systemischer Betrachtungsweise Energie- und Wasserbilanz, Biodiversitätserhalt u. a. m. zu beachten.

Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft können unterschiedlich rasch umgesetzt werden. Innerhalb weniger Jahre durchsetzbar sind unter anderem verbesserter Verdunstungsschutz im Ackerbau (z. B. durch effiziente Mulchdecken, reduzierte Bodenbearbeitung, Windschutz), effizientere Bewässerungsmethoden, trocken- oder hitzeresistentere Arten bzw. Sorten, Hitzeschutz in der Tierhaltung, Veränderung der Anbau- und Bearbeitungszeitpunkte sowie der Fruchtfolge, des Frostschutzes, des Hagelschutzes und der Risikoabsicherung. Mittelfristig umsetzbare Anpassungsmaßnahmen umfassen unter anderem Boden- und Erosionsschutz, Humusaufbau, bodenschonende Bewirtschaftungsformen, Wasserrückhaltestrategien, Verbesserung von Bewässerungsinfrastruktur und -technik, Warn-, Monitoring- und Vorhersagesysteme für wetterbedingte Risiken, Züchtung stressresistenter Sorten, Risikoverteilung durch Diversifizierung, Steigerung der Lagerkapazitäten sowie Tierzucht und Anpassungen im Stallbau und in der Haltungstechnik. Grundsätzlich können im Sektor Landwirtschaft Anpassungsmaßnahmen auf Betriebsebene und auf überbetrieblicher Ebene (privater/öffentlicher Bereich) entschieden oder angeordnet werden, wobei die Umsetzung letztlich immer auch auf Betriebsebene erfolgen muss. Anpassungsmaßnahmen können mehr oder weniger zwangsläufig (autonom) erfolgen, etwa wenn der Klimawandel die Phänologie der Pflanzen beeinflusst, d. h. zeitliche Veränderungen im Jahresablauf bewirkt und auf diese Weise produktivstechnische Maßnahmen bedingt. Sie können aber auch eine bewusste Entscheidung (geplant)

zwischen mehreren Optionen voraussetzen, z. B. Wechsel der Fruchtfolge, der Kulturart oder der Bodenbearbeitung. Aus gesellschaftlicher Sicht erscheint es sinnvoll, „Nutzen“ und „Kosten“ von Anpassungsmaßnahmen nicht nur ökonomisch zu betrachten, sondern auch vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Landbewirtschaftung und hinsichtlich einer THG-Reduktion abzuwägen.



H. Kromp-Kolb, N. Nakicenovic, R. Seidl, K. Steininger, B. Ahrens, I. Auer, A. Baumgarten, B. Bednar-Friedl, J. Eitzinger, U. Foelsche, H., Formayer, C. Geitner, T. Glade, A. Gobiet, G. Grabherr, R. Haas, H. Haberl, L. Haimberger, R. Hitzinger, M. König, A. Köppl, M. Lexer, W. Loibl, R. Molitor, H. Moshammer, H-P. Nachtnebel, F. Prettenhaler, W. Rabitsch, K. Radunsky, L. Schneider, H. Schnitzer, W. Schöner, N. Schulz, P. Seibert, S. Stagl, R. Steiger, H. Stötter, W. Streicher, W. Winiwarter (2014): Synthese. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich.



## Projektleitung

**A.o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Josef Eitzinger** (josef.eitzinger@boku.ac.at)  
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie



## Beteiligte Institutionen

- Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie, Department für Nutzpflanzenwissenschaften – Abteilung Pflanzenbau, Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
- Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZRG)
- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)
- Firma MeteoScience
- Firma MELES
- Global Change Research Centre AS CR, v.v.i., Tschechien
- University of Novi Sad, Faculty of Agronomy, Serbien

**AutorInnen:** Eitzinger, J.<sup>1</sup>, Daneu, V.<sup>1</sup>, Fuchs, W.<sup>1</sup>, Thaler, S.<sup>1</sup>, Kubu, G.<sup>1</sup>, Manschadi, A.M.<sup>1</sup>, Heilig, M.<sup>1</sup>, Schmid, E.<sup>1</sup>, Mitter, H.<sup>1</sup>, Falkner, K.<sup>1</sup>, Trnka, M.<sup>2</sup>, Lalic, B.<sup>3</sup>, Blümel, S.<sup>4</sup>, Oberforster, M.<sup>4</sup>, Egartner, A.<sup>4</sup>, Wechselberger, K.<sup>4</sup>, Schaumberger, A.<sup>5</sup>, Trska, C.<sup>6</sup>, Hann, P.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien; <sup>2</sup>CzechGlobe, Tschechien; <sup>3</sup>Universität Novi Sad, Serbien; <sup>4</sup>Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien; <sup>5</sup>Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (LFZRG) – Steiermark, Gumpenstein; <sup>6</sup>MELES GmbH, St. Pölten

**Statement des Projektleiters:** „Die Entwicklung und der Betrieb eines operationellen Monitoring-Systems für wetterbezogene Risiken in der Landwirtschaft benötigt laufende wissenschaftliche Betreuung und Interaktion mit der landwirtschaftlichen Praxis zur Qualitätssicherung. Daten, Feedbacks und Bedarfserhebungen wurden bzw. werden zum Beispiel von der Landwirtschaftskammer Österreich, der Hagelversicherung, der AGES, AGRANA und anderen zur Verfügung gestellt, die operationelle Plattform wird derzeit von der Landwirtschaftskammer Österreich getragen.“



## Gute Gründe für das Projekt:

- Neue Kenntnisse zu wetterbedingten nutzpflanzenspezifischen Risiken in Österreich
- Erweitertes Monitoring- und Vorhersagesystem für nutzpflanzenspezifische Wetterrisiken für Österreich im operationellen Modus
- Neue Kenntnisse und Algorithmen zu kombinierten direkten und indirekten abiotischen und biotischen Wirkungen von wetterbedingten Risiken/Schadpotenzialen auf Nutzpflanzen unter gegenwärtigen und zukünftigen Klimaverhältnissen

# COMBIRISK

Monitor für kombinierte wetterbezogene Risiken zur Feinabstimmung von Anpassungsoptionen in der Pflanzenproduktion in Österreich

Die Landwirtschaft Österreichs ist zunehmend durch Witterungsrisiken betroffen, die oft auch mit dem Klimawandel zusammenhängen. Nachweislich sind insbesondere in den letzten Jahrzehnten zum Beispiel stärkere und häufigere Trockenheiten und Hitzewellen aufgetreten, welche die Produktivität und damit die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionsformen beeinträchtigen. Von besonderer Wichtigkeit ist es daher, EntscheidungsträgerInnen im Bereich der Landwirtschaft Informationen bereitzustellen, welche helfen, witterungsbezogene Risiken zu minimieren oder Produktionsmethoden entsprechend effektiv und nachhaltig anzupassen. Monitoring- und Vorhersagesysteme für wetterbedingte Risiken bieten eine effektive Möglichkeit, betroffene NutzerInnen rasch und rechtzeitig über wetterbedingte Risiken zu informieren. Daher wurde im ACRP-Projekt „Agro-DroughtAustria“ im Jahr 2013 die Entwicklung

eines operationellen, nutzpflanzenspezifischen Trockenheitsmonitoringsystems (inkl. Vorhersage) angestoßen, das an die österreichischen Verhältnisse und Bedürfnisse der Landwirtschaft angepasst ist (zeitnahe und räumlich hoch aufgelöste, standortbezogene Informationen). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden vereinfachte Ansätze von Modellen adaptiert und kombiniert – ein Wasserbilanzmodell, ein phänologisches Modell und Modelle für nutzpflanzenspezifische Ertragseffekte für fünf wichtige Kulturen für Österreich (Grünland, Winterweizen, Sommergerste, Mais und Zuckerrübe). Diese methodischen Ansätze wurden mithilfe der erstellten Datenbank kalibriert und getestet. Zusätzlich wurde das räumlich basierte INCA-Produkt täglicher Wetterdaten (inkl. Vorhersagedaten) für einen täglichen Eingabeprozess optimiert. Zur Demonstration operationeller Nutzung der Ausgabedaten des Systems für Österreich wurde

Wetterrisiko-Indikatoren	Beschreibung
Anzahl der Tage mit Schneedecke	Basierend auf Schneedeckenmodell. Betrachteter Zeitraum 1 Jahr jeweils ab September.
Frühe Hitzetage	Anzahl der Hitzetage definiert als Tagesmitteltemperatur $\rightarrow 28\text{ °C}$ . Betrachteter Zeitraum Jänner bis 15. Juni.
Anzahl der Hitzewellen	Mindestens drei hintereinander folgende Tage mit Tagesmaximumtemperatur $\rightarrow 30\text{ °C}$ und Tagesminimumtemperatur $\rightarrow 20\text{ °C}$ . Betrachteter Zeitraum: Jänner–Dezember.
Froststresstage für Winterkulturen	Anzahl der Tage mit Tagesminimumtemperatur $\leftarrow -10\text{ °C}$ und ohne Schneedecke ( $\leftarrow 3\text{ cm}$ ). Betrachteter Zeitraum 1 Jahr jeweils ab September.
Winterstrenge	Anzahl der Tage mit Tagesmitteltemperatur $\leftarrow 0\text{ °C}$ . Betrachteter Zeitraum 1 Jahr jeweils ab September.
Anzahl der Tage günstiger Wachstumstemperaturen	Tage, welche folgende drei Kriterien erfüllen: Tagesminimumtemperatur $\rightarrow 0\text{ °C}$ , Tagesmitteltemperatur $\rightarrow 10\text{ °C}$ und Tagesmaximumtemperatur $\leftarrow 35\text{ °C}$ . Betrachteter Zeitraum: Jänner–Dezember.
Länge der Vegetationsperiode	Zeitraum, welcher folgende Kriterien erfüllt: Mindestens drei hintereinander folgende Tage mit Tagesminimumtemperatur $\rightarrow 0\text{ °C}$ und Tagesmitteltemperatur $\rightarrow 15\text{ °C}$ . Betrachteter Zeitraum: Jänner–Dezember.
Potenzielle Wasserbilanz in der Wachstumsperiode [mm]	Tagesbasierte Summe der Differenzen von Niederschlag und potentieller Grasreferenzverdunstung. Betrachteter Zeitraum: April–Juni bzw. April–September.
Nutzpflanzenspezifische Wetterrisiko-Indikatoren	Beschreibung
Trockenstresstage	Anzahl der Tage mit kritischem Verhältnis ( $\leftarrow 0,4$ ) von aktueller zu potenzieller Verdunstung ( $AET/ET_0 \leftarrow 0,4$ ). Betrachteter Zeitraum: April–Juni bzw. April–September.
Wachstumseffektive Globalstrahlungssumme [ $\text{MJ}/\text{m}^2$ ]	Tagesbasierte Globalstrahlungssumme an Tagen mit Tagesmitteltemperatur $\rightarrow 5\text{ °C}$ und ohne Trockenstress ( $AET/ET_0 \rightarrow 0,4$ ). Betrachteter Zeitraum: Jänner–Dezember.
Bodenbefahrbarkeit / Feldarbeitstage	Tage mit reduzierter Boden- und Oberflächenfeuchte und erhöhter Tragfähigkeit, ohne Bodenstrukturen zu verursachen. Kriterien: Maximale Niederschläge der vergangenen drei Tage und reduzierte Bodenfeuchte (max. 70 % der Bodenwasserspeicherkapazität der oberen Bodenschicht 0-20 cm). Betrachteter Zeitraum: April–Juni bzw. April–September.
HUGLIN Index Wein	Temperatursumme für Wein während der Wachstumsperiode. Betrachteter Zeitraum: April–September.
Spätfrostschadensrisiko Apfel (erweiterbar für Marille, Kirsche, Wein u. a.)	Basierend auf phänologischem Modell zur Berechnung der Blühphase unter Berücksichtigung des Kältebedürfnisses und der Temperatursummen. Schadensrisikobestimmung durch Überschneidung von Blühperioden mit Spätfrostereignissen. Betrachteter Zeitraum: Oktober–Mai.

Überwinterungsschadensrisiko für Winterkulturen	Allgemeines Schadensrisiko unterschiedlicher Schadfaktoren für Winterkulturen unter Berücksichtigung der Schneedecke und spezifisch für Wintergerste und Winterraps. Betrachteter Zeitraum: Oktober – April.
Kombinierter Trocken- und Hitzestressfaktor für Grünland	Kalibrierter Indikator für Grünland. Beschreibung der potenziellen Ertragsdepression. Betrachteter Zeitraum: März – Oktober.
Maiswurzelbohrer-Schadensrisiko	Algorithmus zu Beschreibung der Befallsstärke und des Befallsrisikos unter Berücksichtigung der Temperaturen und der Fruchtfolge.
Falscher Mehltau bei Wein (Peronospora)	Kalibrierter Algorithmus zur Bestimmung der Infektionszeitpunkte, basierend auf Temperaturen und Niederschlag.

**Tab. 1:** Im Projekt COMBIRISK bisher getestete und implementierte Indikatoren für Wetterrisiken für Nutzpflanzen in Österreich

ein Internetportal erstellt bzw. entwickelt, das schließlich im Jahr 2017 in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Österreich auch operationell umgesetzt wurde.

Im laufenden Nachfolgeprojekt des ACRP „COMBIRISK“ wird das operationelle Trockenheitsmonitoringsystem im ARIS (Agricultural Risk Information System) für weitere Nutzpflanzen (Kartoffel) und eine Reihe weiterer wetterbedingter Risiken abiotischer und biotischer Natur erweitert (Tab. 1). Das Projekt behandelt dabei die Identifizierung unterschiedlicher wetterbezogener Risiken für die Pflanzenproduktion durch Indikatormodelle, wobei als Basis eine Datenbank aus verfügbaren nutzpflanzenspezifischen Daten und diversen Witterungsauswirkungen aufgebaut wird. Diese beinhaltet z. B. regionalbezogene Daten von dokumentierten extremen Wetterereignissen und relevante ertragswirksa-

me Auswirkungen auf Nutzpflanzen. Frei verfügbare Datensätze werden dabei als offene Datenbank ForscherInnen und anderen Projekten zur Verfügung gestellt, um größere Synergieeffekte in der Forschung zu erzielen. Die aus der Datenbank verfügbaren, beobachteten, witterungs-basierten (direkten und indirekten) Schadereignisse werden zu Messdaten der Witterung in Bezug gesetzt (statistisches Screening) und sodann in Form von kalibrierten Indikatormodellen beschrieben. Die kalibrierten Modelle werden, wo sinnvoll, auch kombinierte Auswirkungen von biotischen und abiotischen Einflüssen berücksichtigen und zusätzlich auch auf Klimadaten der Vergangenheit und unter Klimaszenarien in zwei Fallstudien (und Anbauregionen) angewendet. Im Hinblick auf die Abstimmung regionaler Anpassungsmaßnahmen auf lokale Produktionsbedingungen werden die entwickelten Indikatormodelle in zwei Fallstudienregionen mit einem

## Tage mit günstiger Bodenbefahrbarkeit

Sommergerste

Akkumulationsperiode: 1.7.2015 – 15.7.2015

(Anzahl der Tage)

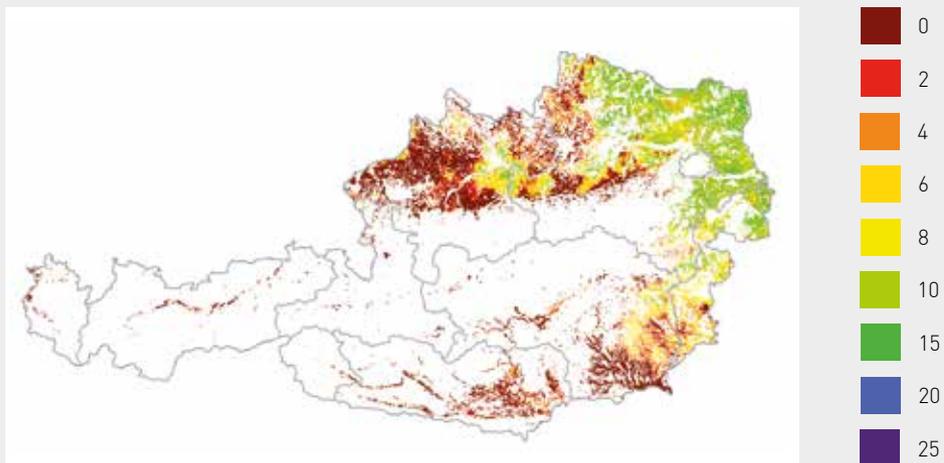


Abb. 1: Feldarbeitstage mit günstiger Bodenbefahrbarkeit während der Ernteperiode für Sommergerste im Jahr 2015

## Apfel Spätfrostschadensrisiko

innerhalb der kritischen Periode  
(5 Tage vor bis 15 Tage nach dem errechneten Blühzeitpunkt)

**28.4.2016**

- keine Frostgefahr ■
- Frostschadensgefahr in ungünstigen Lagen ■
- Deutliche Frostschadensgefahr ■

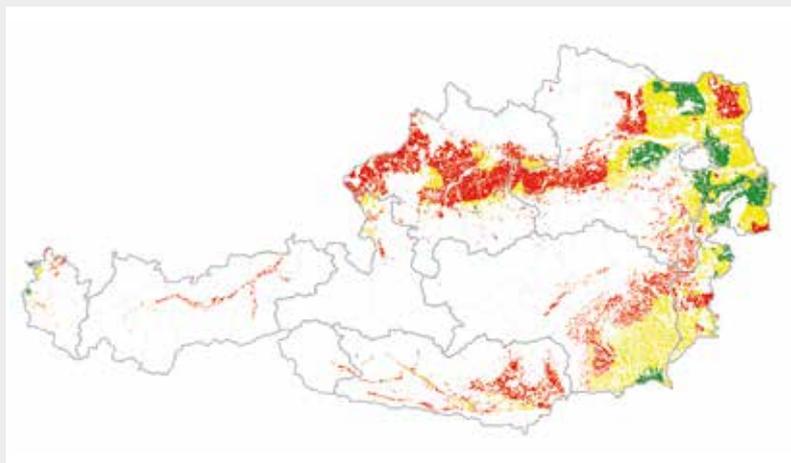


Abb. 2: Spätfrostschadensgefahr während der Apfelblüte im Jahr 2016

bio-ökonomischen Farmmodell für die Abschätzung agrarökonomischer Auswirkungen und möglicher Anpassungsmaßnahmen verknüpft.

Beispielhaft werden im Folgenden Ergebnisse von drei der erfolgreich getesteten und implementierten Risikoindikatoren für Nutzpflanzen (Tab. 1) vorgestellt.

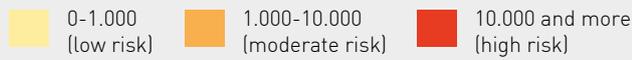
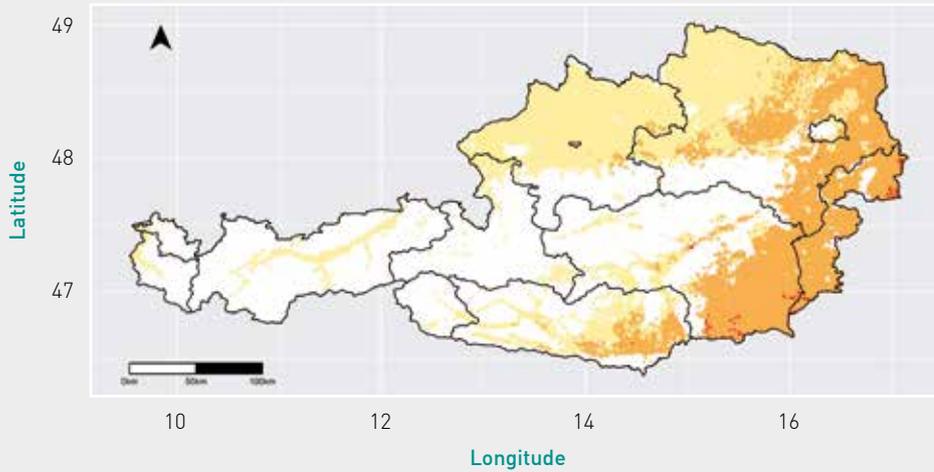
### BODENBEFAHRBARKEIT UND FELDARBEITSTAGE (Abb. 1)

Aufgrund der starken Mechanisierung im Pflanzenbau und des Einsatzes oft schwerer Erntemaschinen muss auf einen bodenschonenden Einsatz geachtet werden, um nachhaltige Bodenstrukturen oder Bodenverdichtungen möglichst zu vermeiden. Oft werden Maschinen gemeinschaftlich genutzt und stehen während bestimmter Zeitperioden, wie der Ernte, im Dauereinsatz. Um unter diesen Bedingungen einen bodenschonenden Einsatz besser im Voraus zu planen, kann eine operationelle Vorhersage günstiger Feldarbeitstage bei einer effektiveren Planung des Maschineneinsatzes helfen, insbesondere unter stark wechselnden Wetterbedingungen. Zudem können durch eine Optimierung des Erntezeitpunktes Qualitätseinbußen des Ernteguts verhindert/vermindert werden, wie z. B. bei Getreide oder bei der Heuernte.

### SPÄTFROSTSCHADENSRISIKO APFEL (Abb. 2)

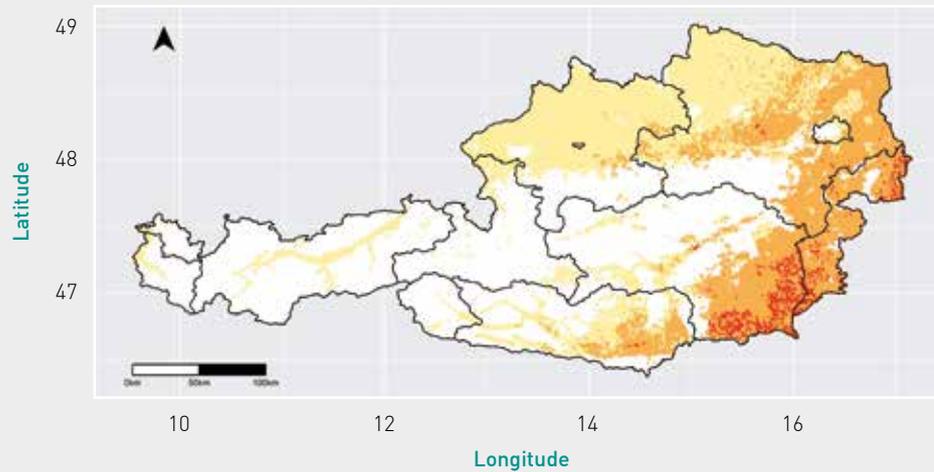
In den letzten Jahren traten in Österreich Spätfrostschäden an Dauerkulturen gehäuft und in starkem Ausmaß auf. Auch unter künftigen wärmeren Klimabedingungen sind in kontinental geprägten Klimagebieten wie in Österreich Spätfrostereignisse zu erwarten, da durch die früher einsetzende Erwärmung im Frühjahr auch das Wachstum und die Blüte früher beginnt. Durch diese Vorverschiebung des Entwicklungsbeginns steigt das potenzielle Frostisiko wieder an, was durch die mittlere Erwärmung nicht immer ausgeglichen werden kann. Verschiedene Frostschutzmaßnahmen bei Dauerkulturen sind zeit-

**WCR abundance for 2016-2040  
(maize restricted to a maximum of 25 % in crop rotation)**



**Abb. 3 a-b:** Befallsstärke von Maiswurzelbohrer unter einem Klimaszenario mit unterschiedlicher Anbaudichte von Mais (mit a) 25%igem und b) 50%igem Anteil an der Fruchtfolge)

**WCR abundance for 2016-2040  
(maize restricted to a maximum of 50 % in crop rotation)**



kosten- und arbeitsaufwendig und verlangen eine räumlich repräsentative Vorhersage eines drohenden Schadensereignisses. In COMBIRISK wird daher ein Algorithmus verwendet, welcher neben der Vorhersage von Frost auch die sensitiven phänologischen Phasen (bei Apfel die Blüh- und Nachblühphase) bestimmt und räumlich hochaufgelöst darstellt sowie im operationellen Betrieb auch eine Vorhersage über die nächsten 5-10 Tage erlaubt.

### MAISWURZELBOHRER- SCHADENSRIKIO

Der Maiswurzelbohrer ist einer der wichtigsten Maisschädlinge in Europa und verursacht jedes Jahr Millionenschäden. Die Entwicklung dieses bodenbürtigen Schädlings wird stark von der Temperatursumme geprägt, aber auch von der Anbaudichte von Mais bzw. der Fruchtfolge. Der in COMBIRISK entwickelte Indikator für Befallsstärke und Auftretswahrscheinlichkeit kann, wie alle übrigen Indikatoren, für operationelles Monitoring als auch für Klimawandelfolgenabschätzungen verwendet werden (Abb. 3 a-b).



## Projektleitung

**Univ.-Prof. Dr. Sophie Zechmeister-Boltenstern** (sophie.zechmeister@boku.ac.at)  
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung,  
Department für Wald- und Bodenwissenschaften<sup>1</sup>



## Beteiligte Institutionen

- Austrian Institute of Technology (AIT)<sup>2</sup>
- Universität Innsbruck
- Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein (AREC)<sup>3</sup>

**AutorInnen:** Sophie Zechmeister-Boltenstern<sup>1</sup>, Katharina M. Keiblinger<sup>1</sup>, Evi Deltedesco<sup>1</sup>,  
Erich M. Pötsch<sup>3</sup>, Markus Herndl<sup>3</sup>, Andreas Schaumberger<sup>3</sup>, Markus Gorfer<sup>2</sup>

**Statement der Projektleiterin:** „Bergwiesen und alpines Grünland sind für Österreich von immenser Bedeutung: Sie sind Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten, ernähren unsere Nutztiere, speichern Kohlenstoff und Stickstoff, prägen die Alpenlandschaft und bieten wertvollen Erholungsraum für den Menschen. Wir untersuchen, ob und wie Klimawandel und Bewirtschaftung in Zukunft Ökosystemleistungen dieser Grasländer verändern werden.“



## Gute Gründe für das Projekt:

- Intensiv bewirtschaftetes Grünland ist sehr wichtig für die Treibhausgasbilanz von Österreich.
- Die Versuchsanlage in Raumberg-Gumpenstein ist weltweit einzigartig: Erstmals werden Boden- und Pflanzenprozesse im Detail unter verschiedenen Klimawandelfaktoren (i) in Steigerungsstufen (ii) einzeln und in Kombination mit einem derartig innovativen Design und modernster Instrumentierung untersucht.
- In diesem Projekt wird mittels Lasertechnologie Einblick in Gastransportprozesse zwischen Bodenhorizonten und in den Netto-Treibhausgas-Austausch zwischen Boden und Atmosphäre sowie in die zugrundeliegenden mikrobiellen Prozesse gewonnen.

# EXTREMEGRASS

Interaktive Auswirkungen von Erwärmung, erhöhten CO<sub>2</sub>- und Wetterextremen auf Stickstoffgasflüsse im Grünland

## EINLEITUNG

Kaum ein Thema beherrscht seit Jahren so sehr die Medien und die öffentliche Diskussion wie das Klima und dessen Veränderung. Seit 1995 finden alljährlich Klimakonferenzen unter der Schirmherrschaft der Vereinten Nationen statt. Berlin, Genf und Kyoto waren die ersten Gastgeber, Paris, Marrakesch und Bonn die letzten Stationen. Die vom Weltklimarat (IPCC) und auch im österreichischen Sachstandsbericht „Klimawandel 2014“ prognostizierte Erhöhung der Temperatur und der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre sowie das verstärkte Auftreten und die Intensität von Wetterextremen werden in den nächsten Jahrzehnten massive Auswirkungen auf alle Gesellschaftsbereiche und unsere gesamte Umwelt verursachen. Viele der wetter- und klimabestimmenden Kenngrößen sind zugleich wichtige Wachstumsfaktoren für Pflanzen, daher wird auch das österreichische Grünland besonders vom Klimawandel betroffen sein, was zu Änderungen in der Bewirtschaftung führen wird. Die Klima- und Klimafolgenforschung beschäftigt sich seit vielen Jahren bereits intensiv mit den Ursachen, insbesondere aber mit den Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedliche Lebens- und Wirtschaftsbereiche. Die Forschung stützt sich dabei sowohl auf die Modellierung als auch auf experimentelle Ansätze, wobei letztere durch die sehr komplexe Materie äußerst kosten- und zeitintensiv sind. Klimaexperimente werden entweder unter Laborbedingungen oder im Freiland durchgeführt,

dabei werden meist nur einzelne Wetter-/Klimafaktoren wie z. B. Temperatur oder Niederschlag bewusst gesteuert und verändert. Freilandexperimente zur Klimafolgenforschung stellen eine ganz besondere Herausforderung dar, insbesondere wenn dabei mehrere Faktoren zugleich verändert werden. Während die Auswirkungen einzelner Umweltfaktoren auf die Treibhausgasemissionen relativ gut untersucht sind, gibt es nur wenige Studien, die die kombinierten Auswirkungen der verschiedenen zu erwartenden Veränderungen untersucht haben, nämlich Erwärmung, erhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen und extreme Dürreereignisse. Besonders gedüngte und bewirtschaftete Grünlandflächen, die in Mitteleuropa weit verbreitet sind, spielen beim Austausch von Treibhausgasen mit der Atmosphäre eine wichtige Rolle. Sie sind in der Regel eine Quelle für Lachgas (N<sub>2</sub>O) und zugleich eine Senke für Methan (CH<sub>4</sub>).

## AUFBAU DER VERSUCHSANLAGE

In den vergangenen Jahren wurde zur Erforschung kombinierter Klimawandeleffekte an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein unter Mitwirkung zahlreicher in- und ausländischer ExpertInnen ein weltweit einzigartiges, multifaktorielles Freilandexperiment entwickelt und realisiert (Abb. 1). Auf insgesamt 54 Versuchspartzen können die für das Jahr 2100 prognostizierten Erhöhungen von Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration sowie Trockenperio-



den in unterschiedlichen Abstufungen und Kombinationen simuliert werden. Die Lufttemperatur wird in drei Abstufungen ambient (= entspricht dem jeweiligen aktuellen Zustand), + 1,5 °C und + 3 °C (+ bedeutet die Erhöhung gegenüber ambient) variiert. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre wird ebenfalls in drei Abstufungen erhöht und zwar ambient, + 150 ppm, + 300 ppm (ppm bedeutet parts per million, also ein Millionstel). Die Beheizung der Versuchspartzen erfolgt mit jeweils sechs Infrarotstrahlern (Abb. 2), die Begasung über einen zentralen Begasungsring, der die mit CO<sub>2</sub> angereicherte Umgebungsluft in den Pflanzenbestand verteilt. Drei sensorgesteuerte Regendächer ermöglichen es, für jeweils vier Versuchspartzen niederschlagsfreie Phasen und damit Trockenheitsstress zu simulieren (Abb. 3).

## ERHEBUNGEN UND ANALYSEN

Die Einzelparzellengröße von je 16 m<sup>2</sup> erfordert hinsichtlich des bestehenden Erhebungsspektrums eine genau festgelegte räumliche Unterteilung und Vorgangsweise. Neben den klassischen Untersuchungsmethoden wie Ernteertrag werden auch zerstörungsfreie Mess- und Erhebungstechniken wie Ultraschallsensorik und Feldspektrometrie zur dynamischen Ertrags- und Qualitätsbestimmung der Biomasse eingesetzt. Die Schwerpunkte des ExtremeGrass-Projektes liegen bei der Erfassung von Treibhausgasemissionen aus dem Boden sowie von Veränderungen im Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf. Temperatur, Bodenfeuchte und Gaskonzentrationen in verschiedenen Tiefen des Bodens ergänzen das umfassende Untersuchungsprogramm. Während ein Teil der Analysen zerstörungsfrei im Feld durchgeführt werden kann, wie z. B. der Austausch von Treibhausgasen zwischen Boden und Atmosphäre, erfolgt die Untersuchung von Bodennährstoffen und der aktiv am Umsatz beteiligten Bodenmikroorganismen mittels Beprobung des Bodens und anschließender Analyse im Labor. Im Jahr 2017 wurde das sehr umfangreiche

Untersuchungsprogramm weitergeführt und in einigen Bereichen ausgeweitet. Unter anderem wurde im Zeitraum des zweiten Aufwuchses im Juni und Juli ein aufwendiges Dürreexperiment durchgeführt, bei dem insgesamt 12 Versuchspartzen einem mehrwöchigen Trockenstress ausgesetzt und dessen Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland verfolgt wurden. Im Zuge dieses Dürreexperimentes wurde eine intensive Messkampagne durchgeführt. Dabei wurden mit einem hochmodernen tragbaren Laser-Treibhausgasanalysator und mit dynamischen Messkammern N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen in hoher zeitlicher Auflösung aufgenommen (Abb. 4). Zusätzlich konnten Produktion und Konsumation der N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Konzentrationen in verschiedenen Bodentiefen (0, 3, 9, 18 und 36 cm) auf 6 Partzen (zwei davon unter dem Regendach) erhoben werden (Abb. 5). Mit unseren Ergebnissen sollen in den kommenden Jahren gut abgesicherte Aussagen hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen des Klimawandels im Grünland und der daraus abzuleitenden Strategien für eine klimafreundliche und nachhaltige Bewirtschaftung getroffen werden.

## ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Die hochinstrumentierte Anlage ist nach einer langen Entwicklungs- und Aufbauphase nun seit 2014 im Vollbetrieb – für einen derart komplexen Versuch ist das allerdings noch ein sehr kurzer Zeitraum. Erste vorläufige Ergebnisse zeigen Behandlungseffekte auf das Mikroklima sowohl in der Bodentemperatur als auch in der Bodenfeuchte. Erwärmte Partzen weisen eine höhere Bodentemperatur und eine verringerte Bodenfeuchte auf, während die CO<sub>2</sub>-Begasung zu erhöhter Bodenfeuchte führte. In den kombinierten Behandlungen (erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration und Erwärmung) war somit ein gepufferter Effekt auf die Bodenfeuchte festzustellen. Eine verbesserte Versorgung der Pflanze mit CO<sub>2</sub> erlaubt höhere Photosyntheseraten und damit Biomassebildung, wodurch länge-



Abb. 5: Schacht für Tiefenprofile

### Before vs. after rewetting

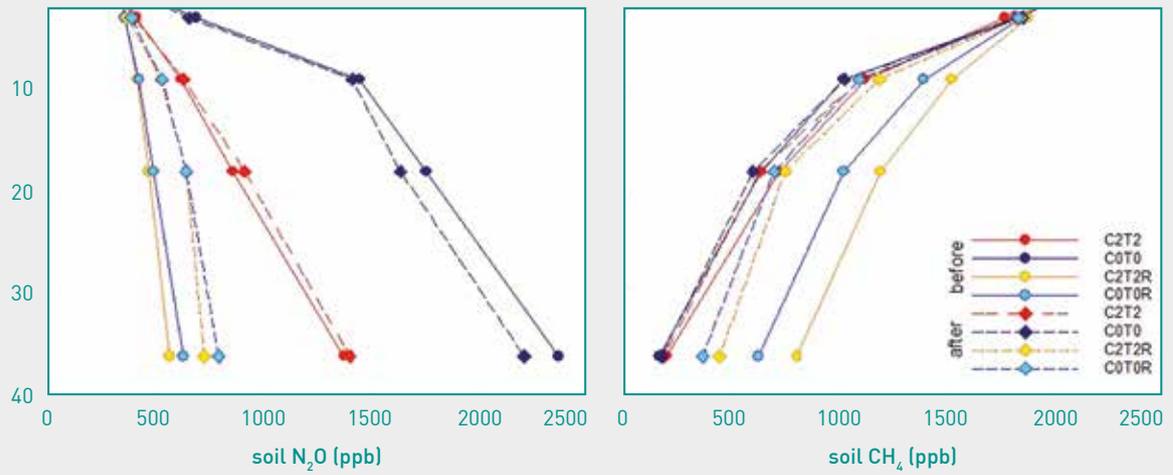


Abb. 6: N<sub>2</sub>O- (rechts) und CH<sub>4</sub>-Produktion (links) und/oder -Konsumtion im Boden während des Trockenexperimentes

re Perioden mit geschlossenen Spaltöffnungen infolge von Wassermangel ausgeglichen werden. Wasserverluste über die verstärkte Transpiration infolge der Erwärmung können somit ausgeglichen werden. Auswirkungen der Erwärmung und Begasung wurden in allen untersuchten Schichten des Bodenprofils nachgewiesen, waren jedoch während des Beobachtungszeitraums nicht konsistent. Veränderungen der Wetterbedingungen dämpften die Auswirkungen der Klimamanipulationen.

Die Dürre führte zu einer erheblichen Reduktion der Bodenfeuchte, während ein zukünftiges Klimaszenario, das Erwärmung und erhöhtes CO<sub>2</sub> kombiniert, weniger starke Auswirkungen hatte.

Die Treibhausgasmessungen mittels Kammermessungen zeigten allgemein niedrige N<sub>2</sub>O-Emissionsraten aus dem Boden, wobei die niedrigsten Emissionsraten bei den erwärmten Parzellen (+ 3 °C) festgestellt wurden. Hingegen wiesen Parzellen, die mit CO<sub>2</sub> (+ 300 ppm) begast wurden, tendenziell höhere N<sub>2</sub>O-Emissionsraten auf. Pflanzen in einer mit CO<sub>2</sub> angereicherten Umgebung müssen ihre Spaltöffnungen weniger lang offen halten und transpirieren deswegen weniger, das führt indirekt zu einem höheren Bodenfeuchtegehalt.

Ebenso konnten die reduzierten N<sub>2</sub>O-Konzentrationen entlang des Bodenprofils während der simulierten Trockenheit beobachtet und ebenso mit einer niedrigeren Bodenfeuchte assoziiert werden. Die Mineraldüngung im Sommer hat die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Bodens unabhängig von der Umgebungstemperatur, der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration oder der Trockenheit stimuliert. Trockenheit erhöhte auch die Fähigkeit des Bodens, atmosphärisches CH<sub>4</sub> aufzunehmen. Dieser Effekt lässt sich vermutlich durch verbesserte Diffusion des Gases aus der Umgebungsluft in tiefere Bodenschichten bei niedrigerem Wassergehalt erklären. Mit der Bodentiefe steigt die

N<sub>2</sub>O-Konzentration und sinkt die CH<sub>4</sub>-Konzentration (Abb. 6). Übereinstimmend mit den bodenphysikalischen Erklärungsmodellen für veränderte Gaskonzentrationen infolge der Klimamanipulationen konnten bislang keine signifikanten Veränderungen in den mikrobiellen Gemeinschaften im Boden festgestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen im Boden reduziert wurden und die CH<sub>4</sub>-Senkenkapazität des Bodens aufgrund simulierter Trockenheit erhöht wurde, wobei der Effekt der Trockenheit wahrscheinlich den Effekt der Erwärmung oder des erhöhten CO<sub>2</sub> überlagert. Die wesentliche Quelle für N<sub>2</sub>O-Emissionen ist jedoch die Stickstoffdüngung im Grünland, während die Manipulationsbehandlungen nur eine untergeordnete Rolle spielen.



## Projektleitung

**A.Univ.-Prof. Dr. Günther Schaubeger** [gunther.schaubeger@vetmeduni.ac.at]  
AG Umweltgesundheit, Department für Biomedizinische Wissenschaften,  
Veterinärmedizinische Universität Wien



## Beteiligte Institutionen

- Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme und Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung (BOKUINWE), Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WISO), Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
- Abteilung für Umweltmeteorologie und Abteilung für Klimaforschung an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)
- Universitätsklinik für Schweine und Institut für Tierhaltung und Tierschutz am Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen, Veterinärmedizinische Universität Wien

**AutorInnen:** Günther Schaubeger, Christian Mikovits, Werner Zollitsch, Stefan J. Hörtenhuber, Johannes Baumgartner, Knut Niebuhr, Martin Piringer, Werner Knauder, Ivonne Anders, Konrad Andre, Isabel Hennig-Pauka, Martin Schönhart



## Gute Gründe für das Projekt:

- Landwirtschaftliche Nutztiere werden überwiegend in geschlossenen Stallungen gehalten und leiden in ähnlicher Weise wie der Mensch unter Hitzestress. Dies führt zur Beeinträchtigung von Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit.
- Die thermische Situation im Stall verschärft den Hitzestress, wodurch sich die Resilienz gegenüber der globalen Erwärmung verringert.
- Die Wirksamkeit von Adaptationsmaßnahmen zur Reduktion von Hitzestress wurde anhand eines Simulationsmodells untersucht, die größten Verbesserungen können durch energiesparende Luftaufbereitungssysteme erzielt werden.

# PIPOCOOL

Der Klimawandel und die Zukunft der Geflügel- und Schweineproduktion: Auswirkungen auf Tiergesundheit, Tierwohl, Leistung, Umwelt und wirtschaftliche Folgen

## Der Einfluss globaler Erwärmung auf die Tierhaltung in Stallungen

Die Haltung von Schweinen (Mast- und Zuchtschweine) und Hühnern (Mast- und Legehühner) erfolgt in Österreich vorrangig in geschlossenen Stallungen. Diese Gebäude müssen mit einer Lüftungstechnischen Anlage ausgestattet sein, um die Tiere ausreichend mit Frischluft zu versorgen. In der kalten Jahreszeit hat die Anlage die Aufgabe, die Zufuhr von Frischluft soweit zu reduzieren, dass einerseits die Umgebungstemperatur der Tiere im Optimalbereich liegt und andererseits die Luftqualität den Anforderungen der Tiere entspricht. Im Sommerhalbjahr dient die Lüftungstechnische Anlage dazu, die von den Tieren abgegebene sensible Wärme aus dem Stall abzuführen. Damit liegt die Stalltemperatur im Sommer generell nur etwa 3 °C bis 5 °C über der Außentemperatur. Aus dieser Situation ergibt sich, dass das Stallklima die relevante Umwelt der Tiere im Hinblick auf die Luftqualität und die thermischen Bedingungen darstellt und nicht die meteorologische Situation außerhalb des Stalles.

In der Tierhaltung wird angestrebt, dass die Tiere im Optimalbereich der thermischen Parameter und der Luftqualität gehalten werden. Damit

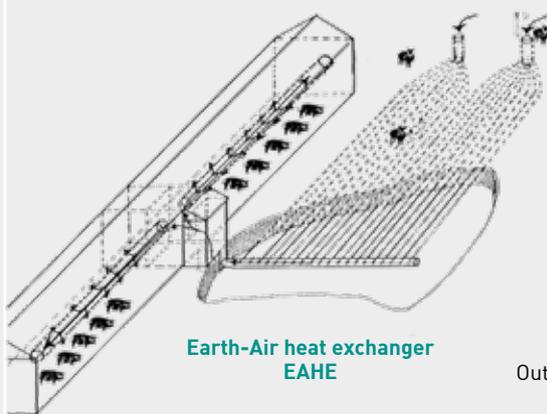
sind die besten Voraussetzungen für Gesundheit und Wohlbefinden gegeben. Dadurch werden nicht nur die Krankheits- und Sterblichkeitsrate in einem akzeptablen Bereich gehalten und die Notwendigkeit zur Anwendung von Medikamenten reduziert, sondern auch die tierische Produktivität maximiert.

Um die relevanten Stallklimaparameter berechnen zu können, müssen neben dem Tierbesatz und der Lüftungstechnischen Anlage auch die thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle (Wärmedämmung) und die Regelungsanlage der Lüftungstechnischen Anlage berücksichtigt werden. Anhand dieser Faktoren kann mithilfe der meteorologischen Außenbedingungen das Stallklima simuliert werden. Für die Berechnungen wurden Referenzstallungen festgelegt, die für die landwirtschaftliche Tierhaltung in Österreich als typisch angenommen werden können. Für diese Konstellationen wurde das Stallklima für den Zeitraum zwischen 1981 und 2017 auf der Basis von Stunden berechnet. Die meteorologischen Daten stammen aus der Südoststeiermark (Feldbach) und dem oberösterreichischen

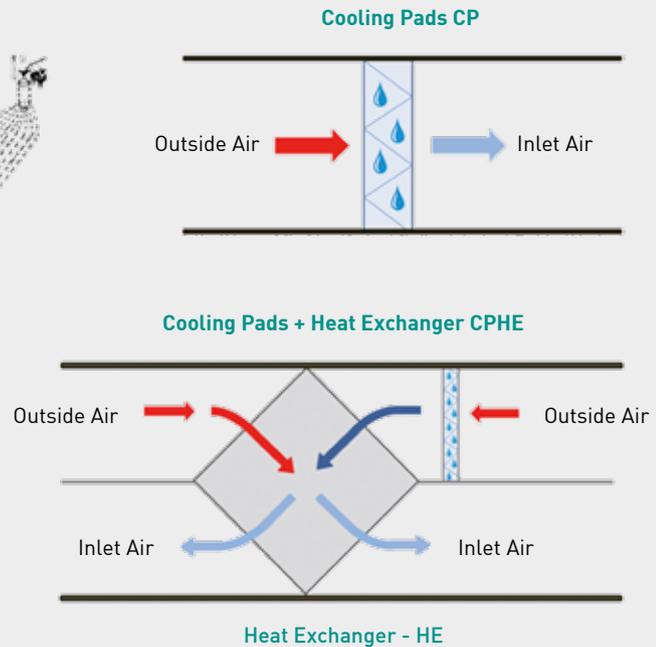
$P_{Text}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) der Außentemperatur  $T_{ext} = 25\text{ °C}$   
 $P_{Tint}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) der Stalltemperatur  $T_{int} = 25\text{ °C}$   
 $P_{Hext}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) der spezifischen Enthalpie der Außenluft  $H_{ext} = 55\text{ kJ/kg}$   
 $P_{Hint}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) der spezifischen Enthalpie der Stallluft  $H_{int} = 55\text{ kJ/kg}$   
 $P_{THext}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) des Temperature-Humidity Index der Außenluft  $TH_{ext} = 75$   
 $P_{THint}$  Überschreitungshäufigkeit (h/a) des Temperature-Humidity Index der Stallluft  $TH_{int} = 75$

[aus Mikovits et al. 2018]

**Abb. 1:** Zeitliche Entwicklung der Häufigkeit von Hitzestress zwischen 1981 und 2010 für einen Mast Schweinestall. Alle Parameter zeigen einen deutlichen Anstieg über die vergangenen 30 Jahre. Die Außenwerte (ext) sind generell geringer als die Werte innerhalb des Stalls (int). Weiters ist der zeitliche Anstieg im Stall deutlich höher.



**Abb. 2:** Schematische Darstellungen der untersuchten energiesparenden Luftaufbereitungssysteme: Bodenspeicher (Earth Air Heat Exchanger EAHE), direkte Kühlung (Cooling Pads CP) und Kombination von Cooling Pads und einem Wärmetauscher (CPHE) [aus Vitt et al. 2017b]



Alpenvorland (Wels) als die zwei Gebiete mit dem höchsten Schweine- und Geflügelbestand. Die extremsten Jahre dieses Zeitraumes dienen als Referenz für zukünftige Klimabedingungen.

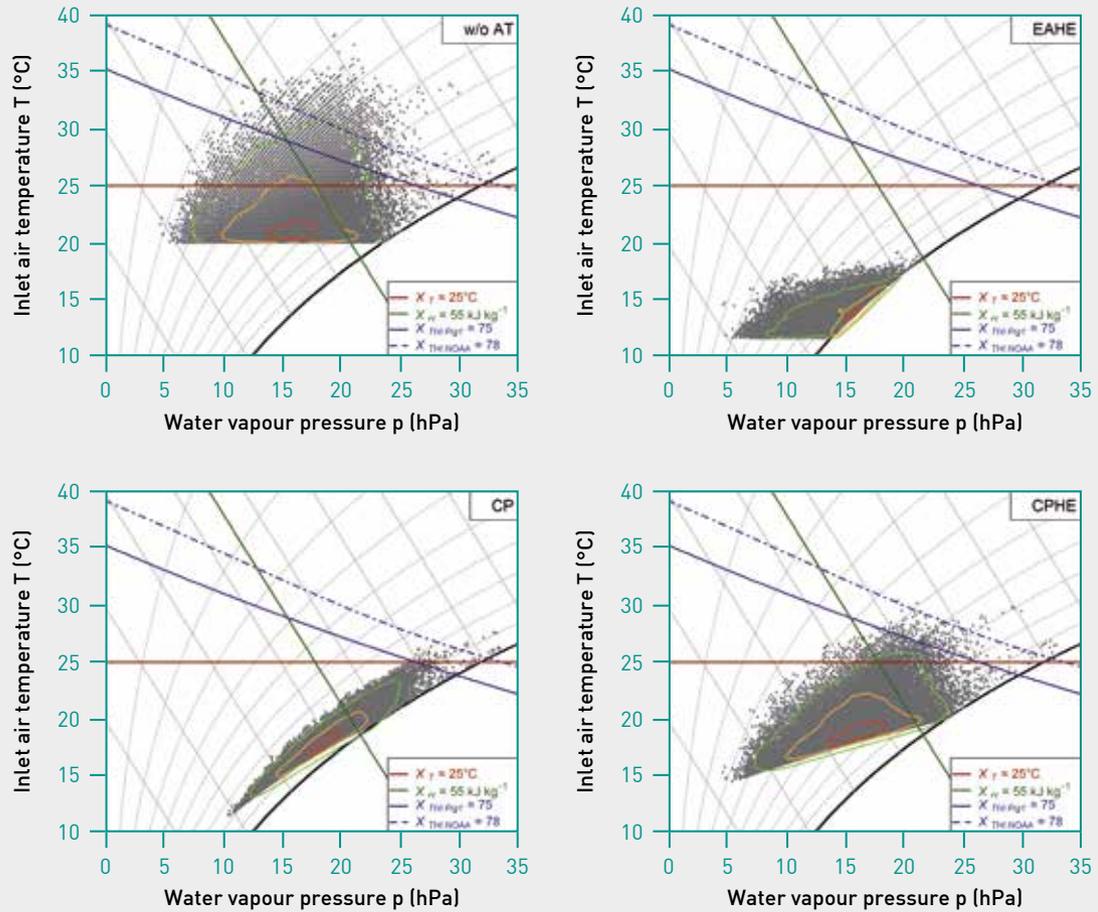
Im Hinblick auf die globale Erwärmung wurde die Hitzebelastung der Tiere in den Stallgebäuden untersucht. Da die Tiere nicht nur auf die Stalltemperatur, sondern auch auf die Luftfeuchtigkeit reagieren, wurden unterschiedliche Hitzestressparameter zur Beurteilung herangezogen. Die Analyse erfolgte in ähnlicher Weise wie beim Menschen über die Häufigkeit der Überschreitung von Schwellenwerten (z. B. Sommertage mit Tagesmaxima über 25 °C, Tropentage mit Tagesminima über 20 °C). Die Überschreitung der Schwellenwerte der tierischen Hitzestressparameter wurde für jedes Jahr bestimmt und für den Berechnungszeitraum dargestellt (Abb. 1). Die Ergebnisse zeigen, dass das Stallklima auf Änderungen der meteorologischen Bedingungen mit höherer Empfindlichkeit reagiert, als es für die Haltungsbedingungen im Freiland der Fall ist. Der zeitliche Trend verschiedener Hitzestressparameter zeigt für den Referenzschweinstall einen relativen Anstieg zwischen 0,9 % und 5,8 % pro Jahr. Durch die Stallhaltung verschärft sich der lineare Trend über den betrachteten Zeitraum zwischen 1981 und 2010 um etwa 40 % bis 70 %, was eine deutliche Verringerung der Resilienz darstellt.

Um die Resilienz der Tierhaltung gegenüber Hitzestress zu steigern, sind unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen möglich. Als erste Maßnahme bietet sich die Kühlung der Zuluft an. Aufgrund der hohen Volumenströme sind herkömmliche Klimaanlageanlagen ökonomisch nicht sinnvoll einsetzbar. Daher wurden energiesparende Luftaufbereitungsanlagen auf die Effizienz der Kühlung der Zuluft untersucht. Diese Systeme nutzen entweder die Verdunstungswärme von Wasser zum Kühlen oder der Erdboden

wird als Wärmespeicher genutzt, um die Zuluft zu kühlen (Kellereffekt, sommers erfolgt eine Kühlung, winters eine Erwärmung der Zuluft) (Abb. 2).

Die besten Ergebnisse lieferte der Bodenspeicher. Im Winter kann damit die Luftqualität im Stall durch eine höhere Lüfrate verbessert werden. Die Kühlung der Zuluft durch verdunstendes Wasser (sogenannte Cooling Pads) führt zu einer deutlichen Verringerung der Zulufttemperatur, wobei gleichzeitig die Luftfeuchtigkeit erhöht wird. Da bei hohen Lufttemperaturen zumeist die Luftfeuchtigkeit gering ist, führt dies zu keiner wesentlichen Einschränkung der Anwendbarkeit. Eine Kombination solcher Cooling Pads mit einem Wärmerückgewinnungssystem kann diesen Nachteil kompensieren, wobei die Kühlwirkung der Verdunstungskühlung durch den Wirkungsgrad des Wärmetauschers reduziert wird (Abb. 3).

Für Mastschweine wurden verschiedene Adaptationsmaßnahmen auf ihre Eignung untersucht. Dabei wurde die Reduktion der Häufigkeit von Hitzestress durch diese Maßnahmen als Maßstab gewählt. Neben den energiesparenden Luftaufbereitungsanlagen wurden auch Maßnahmen beim Management der Tierhaltung auf ihre Wirksamkeit untersucht. Dazu zählt die Verringerung der Anzahl der Tiere während der Sommermonate, um die Wärmeabgabe der Tiere zu reduzieren. Die Tierdichte wurde auf 80 % und 60 % im Vergleich zum herkömmlichen Referenzstall reduziert. Eine weitere Maßnahme berücksichtigt den Tagesverlauf der Tieraktivität. Die Mastschweine weisen einen deutlichen Tagesgang ihrer Aktivität und damit auch der Wärmeabgabe auf. Während des Tages sind die Tiere aktiv und fressen, nachts ist die Ruhephase. Dieser Tagesablauf führt zu einer höheren Wärmeabgabe tagsüber, wenn auch die höchsten

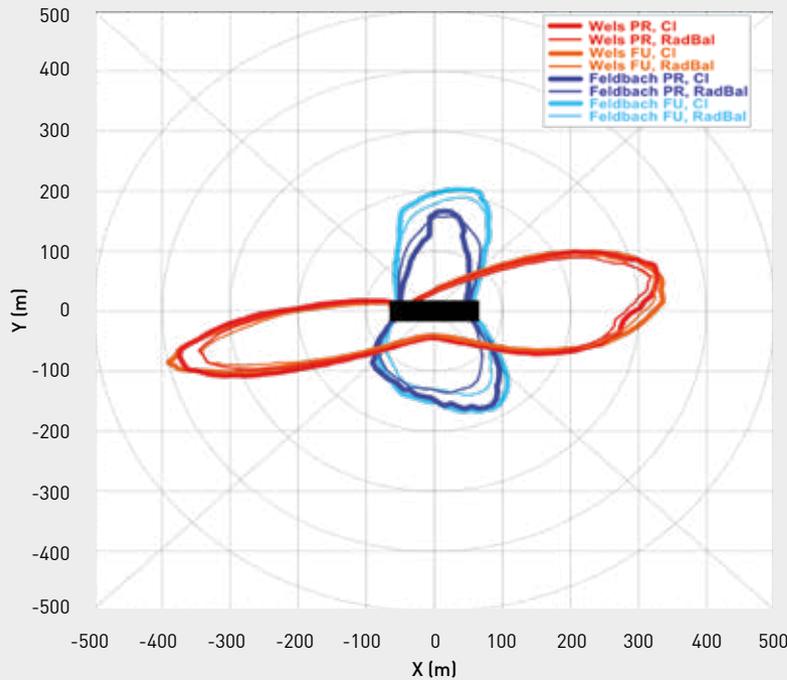


**Abb. 3:** Eigenschaften der energiesparenden Luftaufbereitungssysteme (a); keine Luftaufbereitung (w/o AT), die Zuluft hat die gleichen Eigenschaften wie die Außenluft, (b) Bodenspeicher [Earth Air Heat Exchanger EAHE], (c) Direkte Kühlung (Cooling Pads CP) und (d) Kombination von Cooling Pads und einem Wärmetauscher (CPHE) (aus Vitt et al. 2017b)

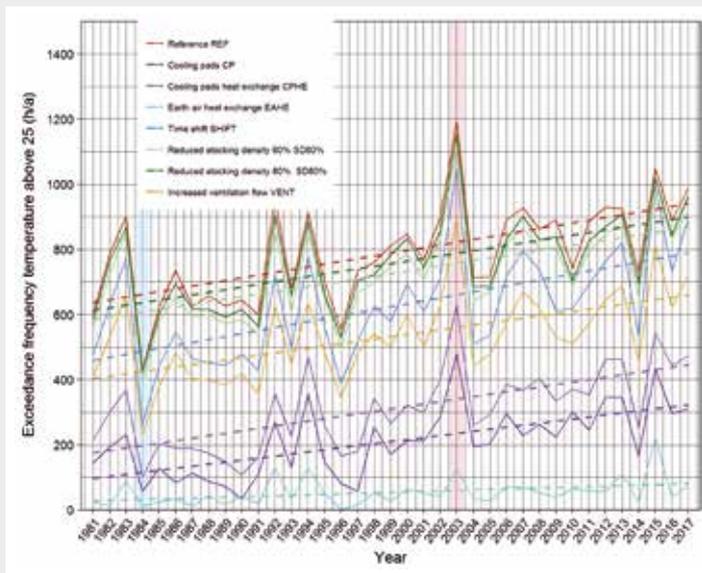
Außentemperaturen zu erwarten sind. Für eine Verschiebung der Fress- und Aktivitätszeiten in die Nacht wurde untersucht, ob sich dadurch die Häufigkeit von Hitzestress reduzieren lässt. Bei der letzten Maßnahme wurde die Auslegungsbe-  
rechnung der Lüftungstechnischen Anlage an die globale Erwärmung dadurch angepasst, dass die Lüftungsrate des Stalls im Sommer verdoppelt wurde, um die Abfuhr der sensiblen Wärme der Tiere zu verbessern.

Mithilfe der Simulation des Stallklimas wurde die Effizienz der Adaptationsmaßnahmen für den Zeitraum 1981 bis 2017 berechnet. In Abb. 4 wird die Häufigkeit für das Auftreten von Hitzestress (Häufigkeit (h/a) der Überschreitung von 25 °C) dargestellt. Ohne Maßnahme (REF) wird die höchste Belastung für Hitzestress beobachtet (oberste Linie). Die höchste Wirksamkeit haben die energiesparenden Luftaufbereitungssysteme. Die Reihung der Adaptationsmaßnahmen nach abnehmender Kühlungseffizienz lautet: Bodenspeicher (EAHE), Cooling Pads (CP), Cooling Pads mit Wärmetauscher (CPHE), erhöhte Lüftrate im Sommer (VENT), Verschiebung der Fütterungszeiten in die Nacht (SHIFT), Reduktion der Tierzahl (SD60 % und SD80 %). Der Referenzstall ohne Adaptationsmaßnahmen (REF) liefert die höchsten Werte für Hitzestress. Deutlich ist auch der zeitliche Trend der unterschiedlichen Maßnahmen zu erkennen. Die Luftaufbereitungssysteme zeigen eine deutlich geringere Zunahme mit der Zeit (flacherer Anstieg über die Jahre) als alle anderen Adaptationsmaßnahmen.

Neben den Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere wurden auch die luftgetragenen Emissionen untersucht. Dazu wurden Ammoniak und Geruchsstoffe studiert. Ammoniak ist für die Luftqualität unmittelbar von Bedeutung sowie auch als Vorläufersubstanz für die Bildung von



**Abb. 5:** Richtungsabhängige Schutzabstände (m) für 10 % Überschreitungshäufigkeit vor Geruchsbelästigung gegenüber reinen Wohngebieten in Feldbach und Wels, für PR (gegenwärtiges Klima (1981-2010)) und FU (zukünftiges Klima (2036-2065)). Die Stabilität der Atmosphäre (Ausbreitungsklassen) wurde basierend auf einer Kombination von Bewölkung und Windgeschwindigkeit (CI) bzw. der Strahlungsbilanz und der Windgeschwindigkeit (RadBal) bestimmt. Das schwarze Rechteck ist das Stallgebäude (aus Piringer et al. 2018).



**Abb. 4:** Zeitliche Entwicklung der Häufigkeit von Hitzestress (Stalltemperaturen über 25 °C) für unterschiedliche Adaptationsmaßnahmen zwischen 1981 und 2017 für einen Mastschweinestall. Alle Parameter zeigen einen deutlichen Anstieg über die vergangenen 37 Jahre. Die Außenwerte ohne jegliche Adaptationsmaßnahme (Referenzstall REF) sind generell am höchsten (aus Schaubberger et al. 2018a).

Feinstaub. Die Geruchsfreisetzung im Nahbereich der Stallungen ist im Hinblick auf Geruchsbelästigungen der Wohnbevölkerung relevant. Für Ammoniak konnte gezeigt werden, dass die in der EU angestrebten Reduktionsziele durch die globale Erwärmung konterkariert werden. In der EU wurde die Ammoniakemission zwischen 1990 und 2015 um 23 % reduziert, wobei durch die Umwelteinflüsse diese Reduktion um 4 Prozentpunkte auf 19 % verringert wurde. Für Österreich wurde ein geringer Anstieg zwischen 1990 und 2015 um 1 % erhoben, der durch den Klimawandel um etwa 4 Prozentpunkte auf insgesamt 5 % angehoben wurde. Das bedeutet, dass die Anstrengungen bei der Reduktion der Ammoniakemission wesentlich verstärkt werden müssen. Für Geruchsstoffe wurden einerseits die Veränderung der Emission und andererseits die Auswirkungen auf die Geruchsbelästigung betrachtet, die durch den Schutzabstand beschrieben werden. Für die Geruchsstoffe konnte gezeigt werden, dass der Einfluss auf die relevante Größe der Schutzabstände zwischen Tierhaltungsbetrieben und Wohnbebauung so gering ist, dass auch in Zukunft bei Genehmigungsverfahren eine ausreichende Rechtssicherheit gewährleistet ist (Abb. 5).



#### Literatur:

- Mikovits, C., Vitt, R., G., S., 2017. Simulation of the indoor climate of livestock buildings to assess of adaptive measures to reduce heat stress due to climate change, in: Ni, J., Teng-Teoh, L., Wang, C., Zhao, L. (Eds.), Int. Symp. on Animal Environment & Welfare, Chongqing, China.
- Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., Schauburger, G., 2018. Heat stress of growing-fattening pigs and climate change: simulation of the indoor climate over three decades. International Journal of Biometeorology, submitted.
- Piringer, M., Schauburger, G., Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., 2018. Climate change impact on the dispersion of airborne emissions and the resulting separation distances to avoid odour annoyance. Atmospheric Environment, submitted.
- Schauburger, G., 2018. Efficacy of adaptation measures to reduce heat stress inside confined livestock buildings for growing-fattening pigs caused by global warming. In preparation.
- Schauburger, G., Piringer, M., Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., 2018. Impact of global warming on the odour and ammonia emissions of livestock buildings used for fattening pigs. Biosystems Engineering in press.
- Schauburger, G., Piringer, M., Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., 2018. Temporal Trend of Odour Emission of Livestock Buildings for Fattening Pigs due to Climate Change. Chemical Engineering Transaction 64, in press.
- Vitt, R., Weber, L., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., Schauburger, G., 2017. Mitigation of heat stress by energy saving air treatment devices for confined livestock buildings, in: Ni, J., Teng-Teoh, L., Wang, C., Zhao, L. (Eds.), Int. Symp. on Animal Environment & Welfare, Chongqing, China.
- Vitt, R., Weber, L., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., Schauburger, G., 2017. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. Biosystems Engineering 164, 85-97.



## Projektleitung

**Mag. Helene Berthold** (helene.berthold@ages.at)

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH,  
Abteilung für Bodengesundheit und Pflanzenernährung



## Beteiligte Institutionen

- BOKU – Universität für Bodenkultur (Wien), Institut für Bodenforschung
- BAW – Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt

**Statement der Projektleiterin:** „Ernte gut, alles gut.“



## Gute Gründe für das Projekt:

- Rückschluss auf klima- bzw. niederschlagsbedingte Veränderungen im System Boden-Pflanzen im Marchfeld und deren Relevanz für die Landwirtschaft
- Entscheidungshilfe für Landwirte, um bei den zukünftigen klimatischen Veränderungen auf regionale Unterschiede reagieren zu können bzw. vorbereitet zu sein

# CLIMAGROCYCLE

## Consequences of Climate change for Agroecosystem Carbon and Nitrogen Cycling

### PROJEKTDARSTELLUNG UND ZIELE

Die Auswirkungen des Klimawandels durch veränderte Niederschlagsmengen und -muster auf Agrarökosysteme des pannonischen Gebietes sind kaum untersucht. Noch weniger ist bekannt, inwieweit Böden in ihren Funktionen im Ökosystem beeinflusst werden. Auf der Lysimeteranlage am Gelände der AGES (Abb. 1 und Abb. 2) werden die Auswirkungen eines zukünftigen Niederschlagsszenarios auf die Bodenwasserdynamik, den Umsatz von organischer Substanz, Bodenbiodiversität, die Pflanzenproduktion sowie die Entwicklung von Unkräutern auf zwei verschiedenen Bodentypen (sandiger Tschernosem und tiefgründiger Tschernosem) untersucht. Das Niederschlagsszenario wurde vom Meteorologischen Institut der Universität für Bodenkultur berechnet, Trockenperioden und Starkregenereignisse werden durch ein entsprechendes automatisiertes Gießregime simuliert.

Somit kann auf der Lysimeteranlage das aktuelle Niederschlagsregime mit dem mittleren für die Jahre 2050-2070 verglichen werden.

Der Gehalt und Umsatz organischer Substanz im Boden ist eng mit der Bodenfruchtbarkeit verknüpft. Dennoch sind nach wie vor Fragen offen insbesondere in Bezug auf den Kohlenstoff- und Stickstoffhaushalt.

Bei diesem Projekt werden durch eine Gründung mit Senf stabile Isotope von Kohlenstoff ( $^{13}\text{C}$ ) und Stickstoff ( $^{15}\text{N}$ ) auf Teilen einiger Lysimetergefäße ausgebracht.

Durch kontinuierliches Monitoring während der nachfolgenden Kulturen (Pflanzenproben, Bodenwasser, Sickerwasser) wird versucht, den Weg der Isotope nachzuvollziehen und so wertvolle Daten und Informationen bezüglich der Kreisläufe zu erlangen.

**Abb. 1:** Lysimeteranlage oberirdisch, kurz vor der Senfernte, Herbst 2017



**Abb. 2:** Keller der Lysimeteranlage der AGES

Ziel des Projektes ist es, Informationen über Detailprozesse und mögliche Veränderungen im System Boden-Pflanze zu sammeln und deren Folgen für die Agro-Ökosysteme und unterschiedliche Bodentypen aufgrund der länger andauernden Trockenperioden und häufigeren Starkregenereignisse abzuschätzen.

Folgende Themenbereiche werden im Detail untersucht:

- **Bodenhydrologie und Massentransport:** Beschreibung der bodenhydrologischen Bedingungen, Informationen zum Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf durch Ausbringung stabiler Isotope, Simulation der bodenhydrologischen Prozesse unter Freilandbedingungen; Massentransportprozesse
- **Primärproduktion:** Reaktion der Biomasseproduktion, Unkrautbesatz, oberirdische Arthropoden
- **Boden – Biodiversität:** Häufigkeit und Artenvielfalt ausgewählter Bodenarthropoden

## ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Arbeiten zum vorliegenden Projekt sind noch im Gange, erste Zwischenergebnisse sind gegen Ende des Jahres zu erwarten.



## Projektleitung

**Dr. Stefan Hochrainer-Stigler** (hochrain@iiasa.ac.at)  
IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis



## Beteiligte Institutionen

- Wharton Risk Management and Decision Processes Center of the University of Pennsylvania, USA

**AutorInnen:** Dr. Stefan Hochrainer-Stigler,  
Dr. Susanne Hanger-Kopp, Marlene Palka



## Gute Gründe für das Projekt:

- Schon jetzt bereitet Dürre LandwirtInnen und dem österreichischen Staat große Probleme. Diese Extremereignisse werden durch den Klimawandel verstärkt und es gilt, geeignete Adaptationsmaßnahmen zu finden.
- Dürre ist ein großräumig auftretendes Phänomen. Regionale Abhängigkeiten wurden in bisherigen Risikoanalysen nicht beachtet.
- Der Handlungsspielraum auf betrieblicher und nationaler Ebene ist komplex und überschneidet sich mit vielen verwandten Materien. Diese gilt es in einem ganzheitlichen Ansatz zu berücksichtigen.

# FARM

## Farmers and Risk Management: Examining subsidized drought insurance and its alternatives

### LANDWIRTSCHAFTLICHES DÜRRERISIKOMANAGEMENT: EINE MULTIDIMENSIONALE HERAUSFORDERUNG

Dürre stellt zunehmend auch in Österreich eine große Herausforderung sowohl für LandwirtInnen als auch für den Staat dar. Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass aufgrund des Klimawandels Trockenzeiten in Zukunft wahrscheinlich zunehmen und intensiver ausfallen werden. Die ungewöhnlich trockenen und sehr heißen Sommer der letzten Jahre zeigten bereits die finanzielle Verletzlichkeit landwirtschaftlicher Produktion. In jüngster Zeit wurde deshalb eine zusätzliche subventionierte Dürreversicherung in Kombination mit bereits vorhanden Hagel- und Frostversicherungen gefordert. Diese Forderung steht im Einklang mit dem europäischen Aufruf nach einer landwirtschaftlichen Mehrgefahrenabdeckung durch Versicherungen für ganz Europa.

Allerdings haben subventionierte Lösungen den Ruf, erhebliche Marktverzerrungen zu verursachen sowie Anreize zur Risikoreduktion zu mindern.

Überdies muss diese Maßnahme im Zusammenhang mit anderen Dürrerisikomaßnahmen sowie im Licht der Einschränkungen, denen LandwirtInnen durch Marktmechanismen und Vorschriften der Agrarpolitik unterliegen, gesehen werden. Wenn wir schließlich die unterschiedliche Risikowahrnehmung, Weltanschauungen und Präferenzen der relevanten AkteurInnen in Betracht ziehen, ergibt sich ein komplexes Bild landwirtschaftlichen Dürrerisikomanagements. Um der Komplexität Rechnung zu tragen, kombinieren wir neueste Ansätze der Katastrophenmodellierung mit systematischer qualitativer und quantitativer Erhebung empirischer Daten der wichtigsten StakeholderInnen.

Damit beantworten wir Fragen nach der Entwicklung von Dürrerisiko im Ackerbau unter Berücksichtigung des Klimawandels und unterschiedlicher landwirtschaftlicher Managementmethoden sowie nach Entscheidungsmöglichkeiten, Motivationsfaktoren und Präferenzen betroffener LandwirtInnen. Diese integrierte und umfassende Herangehensweise ist für eine erfolgreiche und holistische Strategieentwicklung unabdingbar und liefert relevante



Ergebnisse für EntscheidungsträgerInnen der öffentlichen Hand, der Versicherungswirtschaft und AkteurInnen der Landwirtschaft.

## DÜRRE, KLIMASZENARIEN UND FINANZIELLE FOLGEN AUF ÖSTERREICHISCHER EBENE

Zur modellierten Abschätzung von Dürrierisiko unter Berücksichtigung des Klimawandels legten wir das Hauptaugenmerk auf das 2 °C Klimaszenario. Dies kommt dem Pariser Übereinkommen eines 1.5 °C Ziels am nächsten. Die Anwendung fünf verschiedener Klimamodelle soll den Unsicherheiten in der Modellierung Rechnung tragen. Darüber hinaus berücksichtigten wir verschiedene landwirtschaftliche Managementszenarien, wie etwa die Benutzung von Bewässerungssystemen. Basierend auf den Klimaszenarien auf lokaler Ebene berechneten wir mittels eines landwirtschaftlichen Agrarmodells (EPIC) derzeitige und zukünftige Ernteerträge für neun verschiedene Getreidearten. Grundsätzlich können wir sagen, dass sich die durchschnittliche Temperatur in der Vegetationsperiode um 5-10 % bis 2030 sowie um 5-15 % bis 2050 erhöhen wird. Außerdem wird der durchschnittliche Regenfall bis 2030 steigen, vor allem im Burgenland, in Niederösterreich, Wien, Kärnten, Oberösterreich und der Steiermark.

Für Veränderungen der Erträge ergibt sich folgendes Bild: Im Burgenland, in Niederösterreich und Wien sind vor allem höhere Maiserträge von 18-27 % für natürlich (regen-)bewässerte und von 23-34 % mit Bewässerungssystemen bewässerte Gebiete zu erwarten. Noch höhere Steigerungen (35 -55 %) gibt es in kühleren Regionen, vor allem in Kärnten, Oberösterreich, Salzburg, Vorarlberg und der Steiermark. Für Sonnenblumen und Soja ergibt sich ein ähnliches Bild wie für Mais. Für Wintergetreide haben sich keine starken Änderungen (0-11%) ergeben. Erträge bei Sommergerste werden sich durch die klimatischen Veränderungen

bis 2050 ebenfalls erhöhen (7-16 %). Ähnliche Änderungen gibt es auch für Kartoffeln. Für Zuckerrüben ergaben sich Änderungen von -2-18 %.

Diese potenziellen positiven Änderungsraten – wohlgerne für ein sehr optimistisches Klimaszenario – sollen nicht davon ablenken, dass Dürre einen großen Effekt auf die Erträge haben wird. Besonders im Burgenland und in Niederösterreich können große Ertragseinbußen für alle Getreidesorten durch Dürre entstehen. Für Wintergetreide fallen diese Effekte geringer aus. Im Burgenland, in Niederösterreich und Wien zeigt bis 2030 vor allem Zuckerrübe mit mehr als 60 % Ernteverlusten ohne zusätzliche Bewässerung eine hohe Verletzlichkeit gegenüber Dürre. Moderate Verletzlichkeit ergab sich für Soja und Mais (20 % Verlust) in Niederösterreich und Wien sowie Mais in Vorarlberg. In kälteren Regionen ist Getreide grundsätzlich weniger gefährdet, von Dürreschäden betroffen zu sein. Genaue Änderungen sind allerdings stark von den verwendeten Klimamodellen und den entsprechenden Regionen abhängig.

Wie in den meisten Ländern wird in Österreich landwirtschaftliche Versicherung staatlich subventioniert. Deshalb entwickelten wir ein neues Risikomodel, das die zusätzlichen Kosten einer subventionierten Dürreversicherung für den Staat berechnet. Hier haben wir den Fokus auf Mais gelegt. Neben den gesteigerten Erträgen ist für Mais in Zukunft ein erhöhtes Risiko bei Dürre zu erwarten. Außerdem ist Mais die anteilig zweitgrößte Getreideart in Österreich. Anders als in bisherigen Arbeiten kann unser Modell berücksichtigen, dass Dürren keine lokalen Phänomene sind, sondern zumeist große Landstriche betreffen. Dies führt zu hohen Kosten, die in Versicherungslösungen mitberücksichtigt werden müssen. Die Analysen zeigen, dass das Risiko auf Bundesebene in Zukunft steigen wird und der Staat sich deshalb auf höhere Subventionierungen einstellen muss. Um optimale

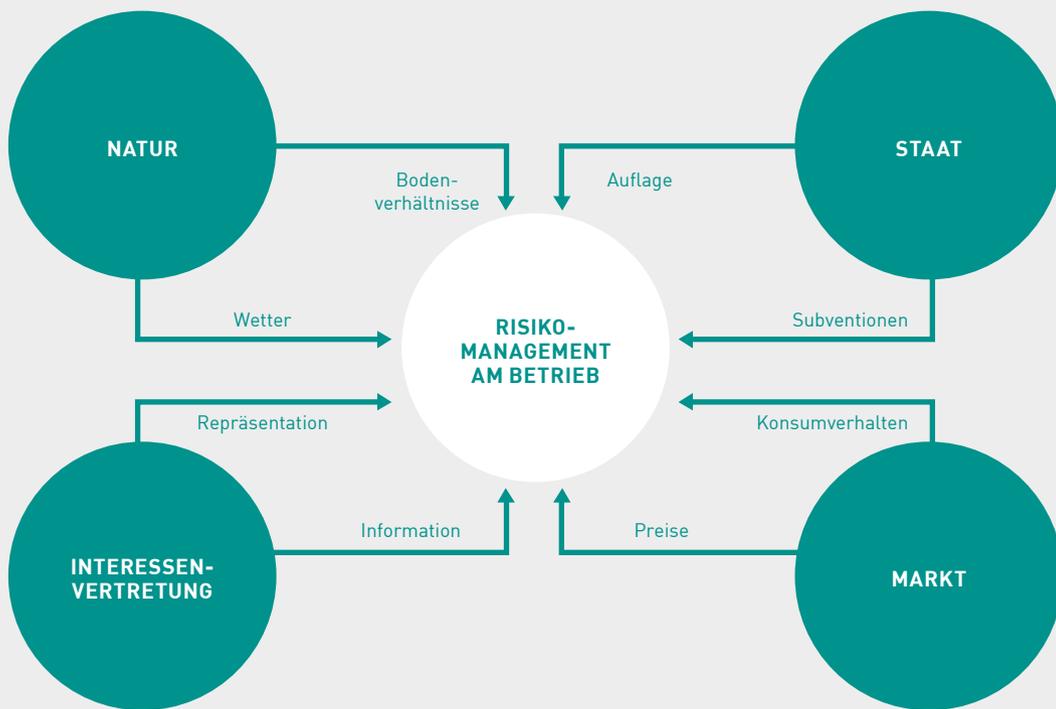


Abb. 1: decision space

öffentliche Unterstützung zu gewährleisten, muss gleichzeitig berücksichtigt werden, wie LandwirtInnen Versicherung als Instrument für Dürrierisikomanagement im Verhältnis zu anderen möglichen Maßnahmen bewerten.

## AKTEURINNEN, SUBVENTIONIERTER VERSICHERUNG UND RISIKOREDUKTION

Landwirtschaftliche Betriebe lassen sich in Österreich nicht als unabhängige „Einzelkämpfer“ verstehen, deren einzige Herausforderung das Wetter darstellt. Viele Modelle der Verhaltensökonomie und Psychologie, die aktuell in der Forschung für landwirtschaftliches Risikomanagement bevorzugt werden, fokussieren weiterhin auf individuelle und kognitive Motivationsfaktoren. In FARM berücksichtigen wir, dass betriebliches Risikomanagement von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst wird. Natürliche Gegebenheiten und Witterung sind zwar offenkundig Gegenstand jeglicher landwirtschaftlichen Produktion, allerdings können Wetterextreme diese in Zukunft stärker herausfordern. Gleichzeitig haben sowohl agrarpolitische Maßnahmen als auch die Märkte beachtlichen Einfluss auf den Entscheidungsspielraum von LandwirtInnen (Abb. 1).

Um die Möglichkeiten und Aufgaben der betroffenen PraktikerInnen in diesem Handlungsspielraum deutlicher darzustellen, führten wir detaillierte Interviews mit zehn ExpertInnen und 40 LandwirtInnen in Nord- und Ostösterreich durch. Am Beispiel der Dürre erhoben wir Informationen zu möglichen und aktuell bevorzugt eingesetzten Risikomanagementmaßnahmen. Darüber hinaus zeigen wir deutlich, dass der tatsächliche Raum, in dem sich LandwirtInnen bewegen und Maßnahmen zum besseren Umgang mit Dürre setzen können, eingeschränkt ist.

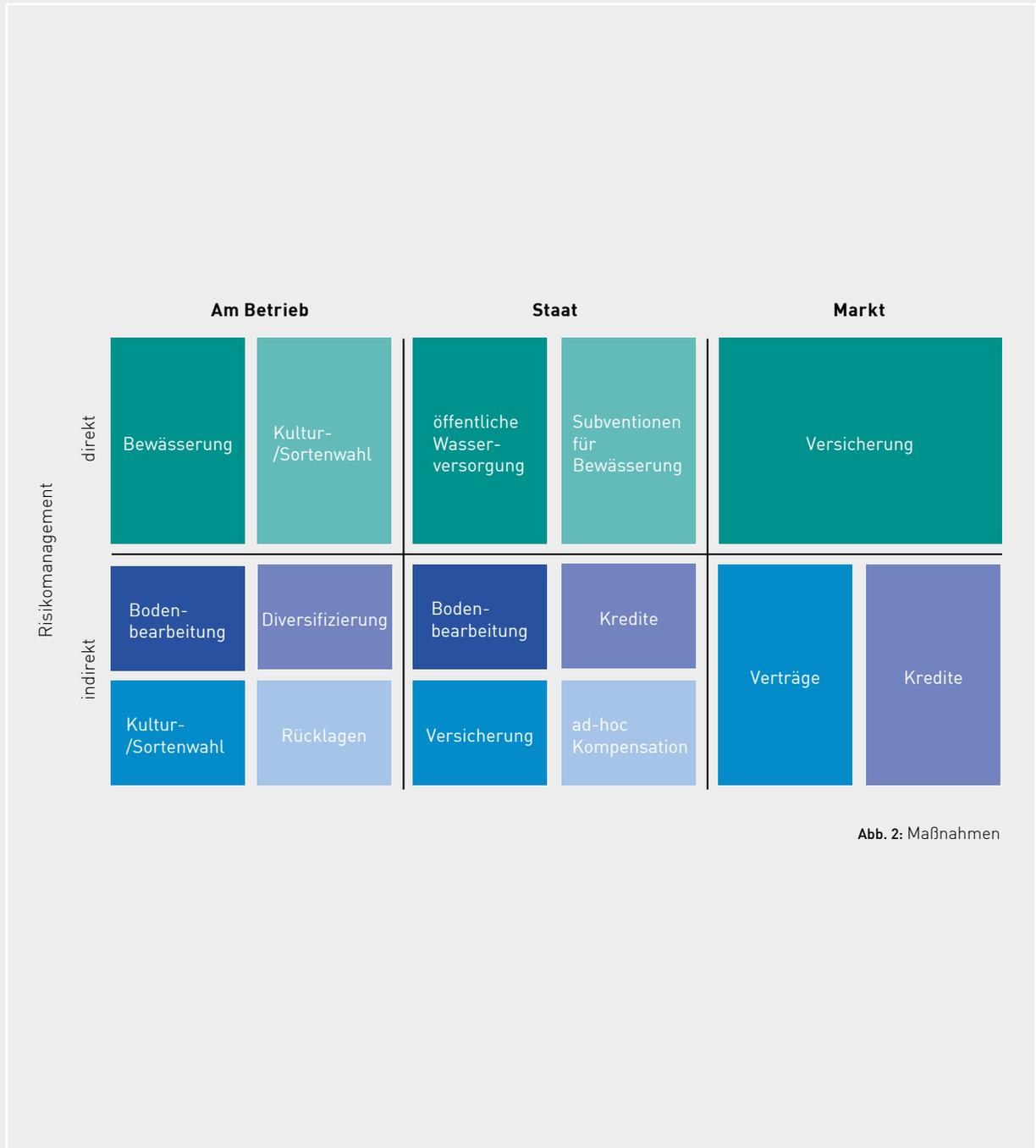
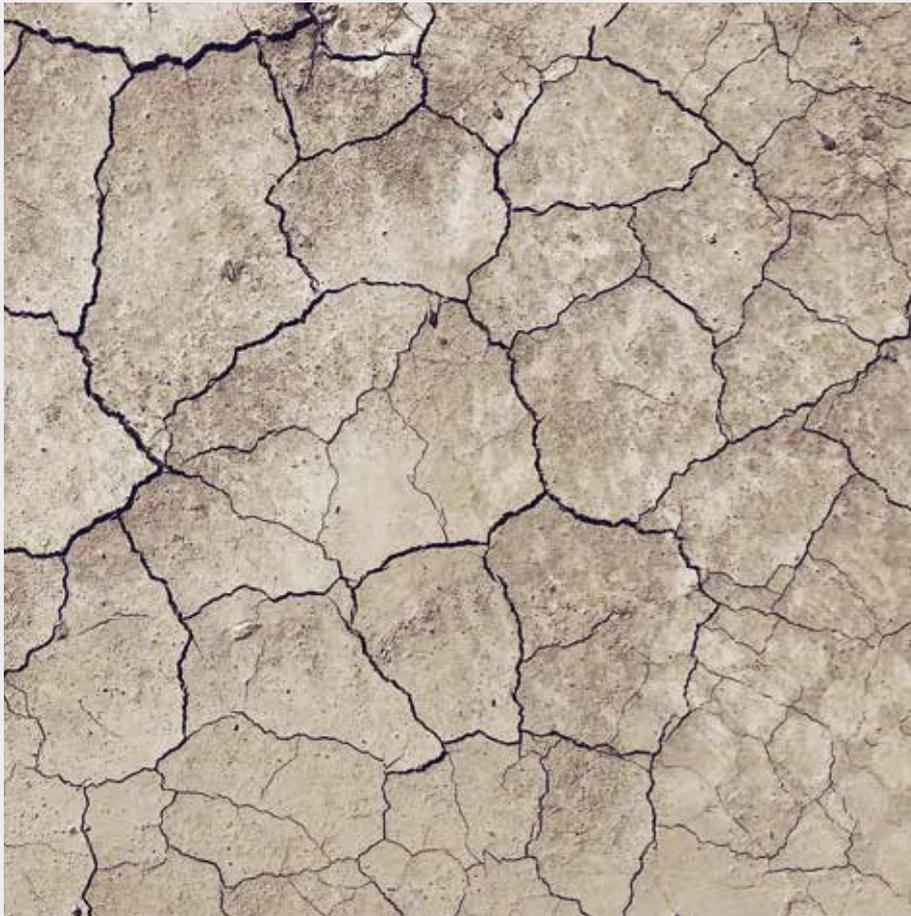


Abb. 2: Maßnahmen

Maßnahmen, die direkt auf den besseren Umgang mit Dürre abzielen, sind zum einen in der Auswahl beschränkt und zum anderen oft mit erhöhten Kosten auf betrieblicher Ebene verbunden, so zum Beispiel Bewässerung oder Dürreindex-Versicherung. Vergleichsweise viele Anpassungsmaßnahmen – egal ob auf betrieblicher, staatlicher oder Marktseite – zielen nur indirekt auf Dürre ab und betreffen viel mehr ein gesamtbetriebliches Risikomanagement (Abb. 2). Dazu gehören unter anderem Kultur- und Sortenwahl, Bodenbearbeitung, betriebliche Diversifizierung und finanzielle Absicherungsinstrumente. Aus Sicht der befragten LandwirtInnen spielen Maßnahmen, die individuell am Betrieb durchgeführt werden können, die wichtigste Rolle. Dazu zählen z. B. Bewässerung, wassersparende Bodenbearbeitung und der Anbau von Kulturen oder Sorten, die mit höheren Temperaturen und weniger Wasser besser zurechtkommen. Eine häufig gesetzte Maßnahme ist außerdem der Abschluss von Abnahmeverträgen mit Handelspartnern.

Für jede der besprochenen Maßnahmen ergeben sich natürliche, regulatorische und marktspezifische Einschränkungen oder fördernde Aspekte. Zum Beispiel beeinflussen Bodenverhältnisse, Wasserverfügbarkeit und Produktpreise die Entscheidung, ob eine bestimmte Kultur bewässert wird. Von öffentlicher Seite gibt es einerseits Förderungen für bestimmte Bewässerungssysteme und gleichzeitig Auflagen, die die Bewässerung einschränken: vorgegebene Bewässerungszeiten ausschließlich in der Nacht oder Wasserentnahmegrenzen. Eine wichtige Aufgabe der meisten LandwirtInnen ist es, den Betrieb wirtschaftlich erfolgreich zu führen. Daher stellt sich die Frage, ob sich Bewässerung gemessen an Produktpreisen lohnt. Das trifft bei Gemüse zu, aber zurzeit kaum bei Getreide.

Dürreversicherung ist ein weiteres Beispiel für eine Maßnahme, die direkt auf die Reduktion von Dürre-risiko abzielt. Im Vergleich zu den Maßnahmen, die



die landwirtschaftliche Produktion betreffen, ist die Anwendbarkeit von Dürreversicherung nur bedingt von den naturräumlichen Gegebenheiten abhängig. Zum Beispiel lohnt sich eine ertragsbasierte Dürreversicherung gemessen an Schadensauszahlungen weniger, wenn bewässert werden kann. Aktuell ist eine Ertragsdürreversicherung integraler Teil des landwirtschaftlichen Basisversicherungspakets der Hagelversicherung. 2016 wurde die 50%ige Subventionierung der Hagelversicherungsprämien auf alle versicherbaren Wetterrisiken ausgeweitet und Zahlungen aus dem Katastrophenfond damit ersetzt. Zusätzlich wurde eine optionale Dürreindex-Versicherung geschaffen, die beim Unter- oder Überschreiten bestimmter Schwellenwerte für Niederschlag und Temperatur versichert.

Grundsätzlich sehen die befragten LandwirtInnen Versicherung als sinnvolle Möglichkeit, mit den negativen Folgen von Extremwetterereignissen besser umzugehen und begrüßen die Subventionierung der Versicherungsprämien. Allerdings betrachten sie Versicherung als Dürreindexrisikomanagement – unter anderem aufgrund der momentanen Auszahlungsmodalitäten – noch als wenig hilfreich. Laut der Befragten sind Messpunkte zu weit voneinander entfernt, was zu Ungenauigkeiten bei der Berechnung von Niederschlags- und Temperaturgrenzwerten führt. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass eine Dürreversicherung auf Minimerträge und nicht auf Durchschnittserträge abgeschlossen wird. An der Weiterentwicklung und Anpassung der Versicherungsprodukte wird von Seiten der Versicherung gearbeitet.

## AUSBLICK UND WEITERER PROJEKTVERLAUF

Dürreindexrisiko wird in der österreichischen Landwirtschaft zunehmend ein Thema, mit zumindest finanziellen Risiken auch auf nationaler Ebene. Die zusätzlich eingeführte Subventionierung für landwirtschaftliche Versicherung ist ein erster wichtiger Schritt, um Dürreindexrisikomanagement von

öffentlicher Seite zu unterstützen. Ebenso wichtig ist das zusätzliche Angebot eines Dürreindex. Diese beiden Maßnahmen ergeben aber noch keine vollständige Strategie, um mit zukünftigem Dürreindexrisiko umzugehen. Diese und weitere mögliche Maßnahmen müssen im stark eingeschränkten Entscheidungsspielraum landwirtschaftlicher Betriebe betrachtet werden.

In den nächsten Schritten werden wir die qualitativen Erkenntnisse mittels einer standardisierten Umfrage systematisch substantivieren und unsere lokalen Ergebnisse in die nationale Modellierung einfließen lassen. Gemeinsam mit ExpertInnen und StakeholderInnen werden wir diese Ergebnisse auf ihre Plausibilität und Relevanz überprüfen und umweltfreundliche sowie sozial, wirtschaftlich und politisch vertretbare Handlungsoptionen erarbeiten.

# ALLE GEFÖRDERTEN PROJEKTE IM ÜBERBLICK

## COMBIRISK

<b>PROJEKTLEITUNG</b>	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
<b>KONTAKT</b>	A.o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Josef Eitzinger (josef.eitzinger@boku.ac.at)
<b>PARTNER</b>	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung; Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein; Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit; Fa. MeteoScience; Fa. MELES, Global Change Research Centre AS CR, v.v.i (CZ); University of Novi Sad, Faculty of Agronomy (SRB)
<b>FÖRDERPROGRAMM</b>	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 8. Ausschreibung
<b>DAUER</b>	März 2016 – August 2018
<b>BUDGET</b>	€ 334.658,-
<b>FÖRDERSUMME</b>	€ 298.463,-

## PIPOCOOL

<b>PROJEKTLEITUNG</b>	Veterinärmedizinische Universität Wien
<b>KONTAKT</b>	A. Univ.-Prof. Dr. Günther Schaubberger (gunther.schaubberger@vetmeduni.ac.at)
<b>PARTNER</b>	Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme und Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung (BOKUINWE), Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WISO); Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Abteilung für Umweltmeteorologie und Abteilung für Klimaforschung; Veterinärmedizinische Universität Wien, Universitätsklinik für Schweine und Institut für Tierhaltung und Tierschutz am Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen
<b>FÖRDERPROGRAMM</b>	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 8. Ausschreibung
<b>DAUER</b>	April 2016 – Dezember 2018
<b>BUDGET</b>	€ 340.112,-
<b>FÖRDERSUMME</b>	€ 300.000,-

## EXTREMEGRASS

<b>PROJEKTLEITUNG</b>	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung
<b>KONTAKT</b>	Univ.-Prof. Dr. Sophie Zechmeister-Boltenstern (sophie.zechmeister@boku.ac.at)
<b>PARTNER</b>	Austrian Institute of Technology; Universität Innsbruck; Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein
<b>FÖRDERPROGRAMM</b>	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 8. Ausschreibung
<b>DAUER</b>	April 2016 – März 2019
<b>BUDGET</b>	€ 345.342,-
<b>FÖRDERSUMME</b>	€ 296.342,-

## CLIMAGROCYCLE

<b>PROJEKTLEITUNG</b>	AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, abt. Bodengesundheit und Pflanzenernährung
<b>KONTAKT</b>	Mag. Helene Berthold (helene.berthold@ages.at)
<b>PARTNER</b>	Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenforschung; Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
<b>FÖRDERPROGRAMM</b>	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 9. Ausschreibung
<b>DAUER</b>	April 2017 – März 2020
<b>BUDGET</b>	€ 241.906,-
<b>FÖRDERSUMME</b>	€ 241.906,-

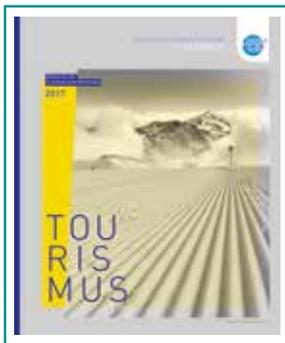
## FARM

<b>PROJEKTLEITUNG</b>	International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
<b>KONTAKT</b>	Dr. Stefan Hochrainer-Stigler (hochrain@iiasa.ac.at)
<b>PARTNER</b>	Wharton Risk Management and Decision Processes Center of the University of Pennsylvania (USA)
<b>FÖRDERPROGRAMM</b>	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 8. Ausschreibung
<b>DAUER</b>	Mai 2016 – April 2019
<b>BUDGET</b>	€ 309.733,-
<b>FÖRDERSUMME</b>	€ 309.733,-

# BISHERIGE AUSGABEN VON „ACRP IN ESSENCE“

„ACRP in essence“ stellt Ihnen ausgewählte Forschungsberichte vor, die durch ihre wissenschaftlichen Fragestellungen eine Grundlage für die notwendigen Schritte in Richtung Klimawandelanpassung bilden.

[www.klimafonds.gv.at/service/broschueren/acrp-in-essence](http://www.klimafonds.gv.at/service/broschueren/acrp-in-essence)



TOURISMUS



LANDWIRTSCHAFT



FORSTWIRTSCHAFT



BIODIVERSITÄT



WIRTSCHAFT



PARTIZIPATION



KLIMAWANDEL ANPASSUNG



BODENFORSCHUNG



SONDERHEFT: COIN



GESUNDHEIT



WASSERWIRTSCHAFT



NATURGEFAHREN



ENERGIE

Bei Interesse an den bisherigen Themenfeldern kontaktieren Sie bitte: [fenja.mikulla@klimafonds.gv.at](mailto:fenja.mikulla@klimafonds.gv.at)

## EIGENE NOTIZEN



# IMPRESSUM

## MEDIENINHABER

### KLIMA- UND ENERGIEFONDS

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien  
Tel: +43 1 585 03 90, Fax: +43-1-585 03 90-11  
office@klimafonds.gv.at

## FÜR DEN INHALT VERANTWORTLICH

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

## DRUCK

Druck- und Handelsgesellschaft mbH ([www.druck.at](http://www.druck.at))  
Als Österreichs führende Onlinedruckerei erfüllen sie alle Anforderungen einer umweltfreundlichen Produktion und beziehen ihren Energiebedarf von einer Photovoltaikanlage.

## GESTALTUNG

WEKA Industrie Medien GmbH ([www.industriemedien.at](http://www.industriemedien.at))

## VERLAGS- UND HERSTELLUNGSORT

Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)



