



BERICHTE ZUR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

2014

LAND WIRT SCHAFT

- 06** CLIMSOIL
In diesem Projekt wurde ein Bodentemperaturmodell, das für ein räumliches Monitoring der Bodentemperatur verwendet werden kann, entwickelt. Ein derartiges Modell eröffnet großes Potenzial für Klimafolgenabschätzungen.
- 12** ADA AgroDroughtAustria
Ziel des Projektes sind die Entwicklung und der Test eines operationellen Systems zum Monitoring bzw. zur Vorhersage von Trockenheit für Nutzpflanzen in Österreich.
- 18** ACC AustrianCarbonCalculator
Der Bodenkohlenstoff übernimmt eine wichtige Puffer- und Speicherwirkung im landwirtschaftlichen Bereich. Der Zweck des Calculators ist es, die bodenkohlenstoffauf- oder abbauenden Maßnahmen sichtbar zu machen.
- 26** VitisCLIM
Im Zuge des Projektes soll eine wissenschaftliche Basis für die Ausbreitung und Kontrolle von Grapevine Flavescence Dorée erarbeitet werden. Weiters sollen risikobasierte Empfehlungen für die Auswahl der zu treffenden Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden.
- 36** FarmCLIM
FarmCLIM soll Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz des Nährstoffeinsatzes in der österreichischen Landwirtschaft vorschlagen. Die Praxistauglichkeit der Maßnahmen wird durch einen multi- und interdisziplinären Ansatz gewährleistet.
- 42** FOODSECURITY
Intention des Projektes ist es, potenzielle Risiken der Ernährungssicherung zu bewerten und deren mögliche Auswirkungen auf Österreich abzuschätzen.
- 52** Alle geförderten Projekte im Überblick

” Flankierend zu verstärkten Anstrengungen gegen den Klimawandel ist es das Ziel des ACRP, die durch den Klimawandel verursachten Auswirkungen auf die Umwelt zu erforschen und wissenschaftlich fundierte Strategien zu entwickeln, um die Anpassung an den Klimawandel gestalten zu können.“

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer

Vorwort

Das Ergebnis des jüngsten Berichtes des Weltklimarates (IPCC) ist alarmierend: Unter Betrachtung verschiedener Szenarien muss der globale Temperaturanstieg gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf plus 2°C beschränkt werden, da ansonsten mit nicht mehr beherrschbaren und unumkehrbaren Veränderungen im Klimasystem zu rechnen ist. Dementsprechend hat sich die Europäische Union das Ziel gesetzt, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind massive THG-Emissionseinsparungen notwendig. **Da ein gewisses Maß an Klimaänderung dennoch nicht zu verhindern ist, ist es notwendig, uns auch an die Auswirkungen anzupassen.**

Besonders starke Auswirkungen hat eine Klimaänderung auf die Landwirtschaft, die zu den klimasensitivsten Bereichen zählt. Die Auswirkungen können regional sehr unterschiedlich sein.

Um Strategien zur Anpassung in diesem komplexen System vornehmen zu können ist die Bereitstellung

von wissenschaftlichen Grundlagen unerlässlich. Diese Grundlagen werden durch das Förderprogramm „Austrian Climate Research Programme (ACRP)“ des Klima- und Energiefonds geschaffen. Seit 2007 wurden hier 126 Projekte gefördert, welche die wissenschaftliche Basis für die nationale Anpassung an den Klimawandel liefern.

Im Folgenden stellen wir Ihnen ausgewählte Forschungsberichte vor, die durch ihre wissenschaftlichen Fragestellungen mit Bezug auf den Sektor Landwirtschaft eine Grundlage für die notwendigen Schritte in Richtung Klimawandelanpassung bilden.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen
Ihr Klima- und Energiefonds Team

Projektleitung



A.o.Prof. Dipl.Ing. Dr. **Josef Eitzinger**

Universität für Bodenkultur
Institut für Meteorologie (BOKU-Met), Wien

Beteiligte Institutionen



- LFZRG – Landwirtschaftliches Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein
- BAW – Bundesanstalt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen
- BFA – Bio Forschung Austria, Wien
- AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien

Gute Gründe für das Projekt



- Genaue Information über Bodentemperatur in großer räumlicher Auflösung für Anwendungen aus dem Bereich der Pflanzenproduktion.
- Bodentemperaturmodell mit limitierten und relativ leicht abzuschätzenden oder verfügbaren Eingabeparametern.
- Sehr flexibles Bodentemperaturmodell, welches Forschungsaktivitäten in bestimmten Anwendungsbereichen unterstützt (z.B. Auswirkungen des Klimawandels, Schädlingsphänologieforschung).

CLIMSOIL

Der Einfluss des Klimawandels auf Bodentemperaturen

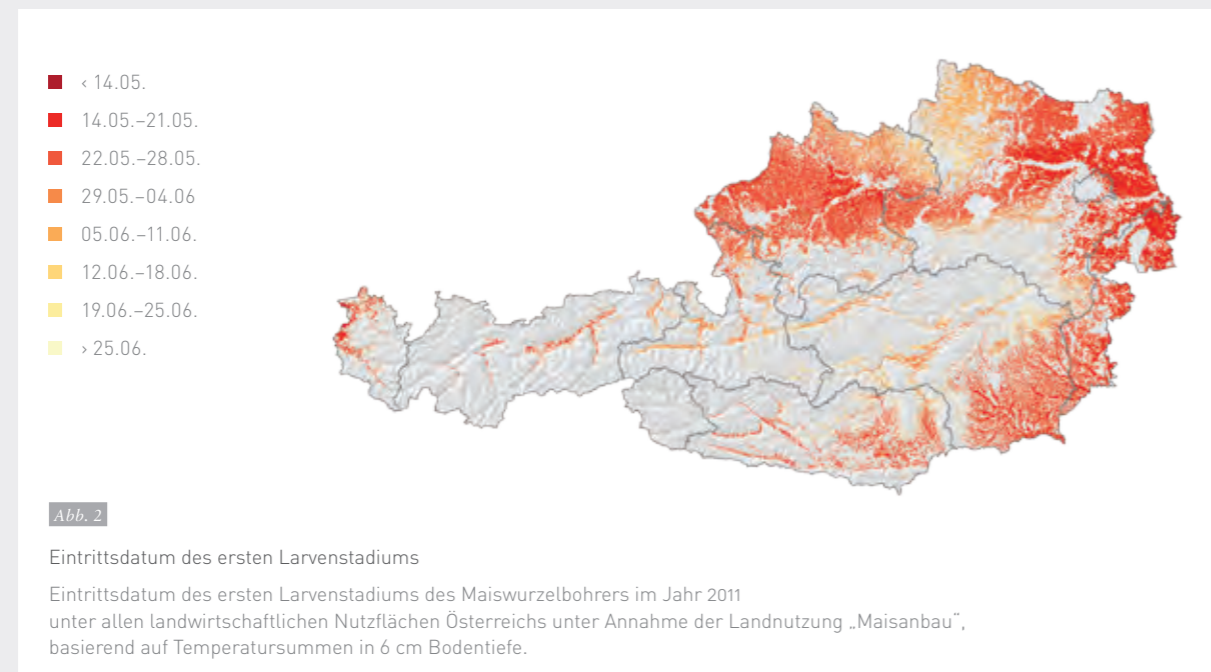
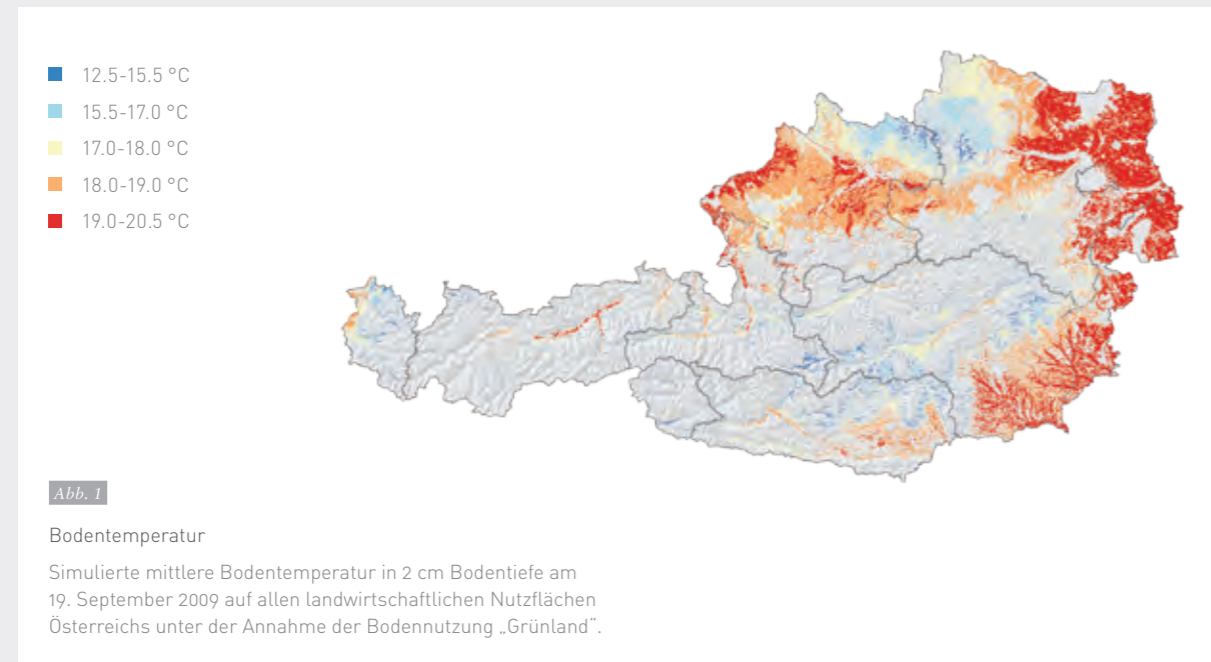
Eine GIS-basierte Datenbasis und Methode zur Bestimmung des Einflusses des Klimawandels auf Bodentemperaturen und diesbezügliche Risiken für die Landwirtschaft in Österreich

Eine genaue Bodentemperatursimulation über verschiedene Bodentiefen auf täglicher Basis ist wichtig zur Bestimmung von bodentemperaturabhängigen Prozessen. Zum Beispiel kann das Bodentemperaturregime die Denitrifikation im Boden durch Bodenfrost- und Tauperioden verstärken und beträchtliche Treibhausgasemissionen aus Böden verursachen. Auch der Nährstoffhaushalt sowie die Entwicklung von Pflanzen und bodenbürtigen Schädlingen werden durch die Bodentemperatur stark beeinflusst.

Für die meisten Anwendungen ist die Kenntnis der täglichen mittleren Bodentemperatur sowie der täglichen Minimum- und Maximumtemperatur in beliebiger Bodentiefe von entscheidender Bedeutung.

Ein derartiges auf landwirtschaftliche Landnutzung abgestimmtes Bodentemperaturmodell auf Basis eines Geografischen Informationssystems (GIS), welches für ein räumliches Monitoring der Bodentemperatur und davon abhängiger Prozesse im Boden verwendet werden kann, war für Österreich bisher noch nicht verfügbar. Ein raumbezogenes Modell eröffnet zudem ein großes Potenzial für Klimafolgenabschätzungen.

In täglichen Zeitschritten ist eine genaue Simulation, insbesondere der Bodentemperaturen in geringer Tiefe, wegen der Variabilität der Energiebilanz an der Bodenoberfläche schwierig und komplex. Andererseits sollen die Modelleingabeparameter einfach gehalten werden und so eine leichte Parametrisierung und Anwendbarkeit des Modells erlauben. Diese Herausforderung wurde im Projekt CLIMSOIL durch eine Adaptierung und Neugestaltung von Algorithmen zur Simulation der Bodentemperaturen bewältigt.



Im ersten Projektschritt wurde eine **Datenbank mit gemessenen Bodentemperaturen** verschiedener Standorte und Oberflächenbedingungen erstellt und durch eigene Messkampagnen ergänzt, welche für Modellvergleiche und -parametrisierungen verwendet wurde. Zusätzlich wurde eine GIS-Datenbank mit notwendigen physikalischen Bodeneigenschaften für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen Österreichs erstellt, welche den raumbezogenen Datenbedarf für die Modellanwendung erfüllt.

Nach der Prüfung und dem Vergleich verschiedener Bodentemperatursimulationsansätze wurde ein für die **GIS-Implementierung geeignetes Bodentemperaturmodell** erstellt und getestet. Es berücksichtigt als bodentemperaturbeeinflussende Parameter auf täglicher Basis Lufttemperatur, Strahlungsbilanz, Verdunstung, das Vorhandensein einer Schneedecke, Art und Mächtigkeit der Bodenbedeckung, Bodenfeuchte und das Porenvolumen in verschiedenen Bodentiefen. Zusätzlich werden geländeabhängige Einflüsse (Hangneigung, Hangausrichtung) auf die Energiebilanz an der Bodenoberfläche berücksichtigt, welche einen großen Einfluss auf die Bodentemperaturen und Bodentemperaturextreme ausüben.

Die hohe Auflösung in täglichen Zeitschritten ermöglicht somit eine detaillierte Bestimmung des saisonalen Verlaufs der Bodentemperaturen unter verschiedenen Standortbedingungen und Oberflächeneigenschaften (z.B. der Bodenbedeckung durch wachsende Pflanzenbestände). Im Boden werden zusätzlich konstante bodentexturabhängige Wärmeleitparameter berücksichtigt. Die Bodentemperatursimulation berücksichtigt auch den Tau- und Gefrierprozess des Bodenwassers, welcher im Winterhalbjahr das Bodentemperaturre-

gime stark beeinflussen kann. Schließlich erhält man aus der Simulation für die verschiedenen gewünschten Bodentiefen die täglichen Mittel- und Extremwerte, welche in der GIS-Anwendung in einer räumlichen Auflösung von 1 km² zur Verfügung steht. **Abb. 1** zeigt ein Beispiel der simulierten Bodentemperaturen an einem bestimmten Tag unter allen landwirtschaftlichen Nutzflächen in Österreich.

Gleichzeitig wurden im Projekt bodentemperaturabhängige Modellanwendungen demonstriert, unter anderem für das Monitoring von bodenbürtigen Schädlingen. Dafür wurden über die Projektlaufzeit experimentelle Daten zweier Schädlinge gesammelt, um bodentemperaturabhängige Schädlingalgorithmen zu entwickeln bzw. zu kalibrieren. Der erste Schädling, der Westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*), ist einer der weltweit wichtigsten Maisschädlinge, der sich auch im österreichischen Ackerbau stark ausbreitet. Ein diesbezüglicher Algorithmus unter Nutzung der Bodentemperatur wurde im Projekt CLIMSOIL mit Hilfe vergangener und projekteigener Erhebungen in Feldexperimenten entwickelt und kalibriert.

Der verbesserte Schädlingalgorithmus erlaubt eine genauere und repräsentative Bestimmung bzw. Vorhersage der Entwicklungsstadien des Schädlings. Er gründet auf der genauen Kenntnis der Basistemperatur (von 11,7 °C) und der jeweiligen Temperatursummen in einer bestimmten Bodentiefe sowie der Einbeziehung einer größeren Anzahl von Einflussfaktoren für eine Vorhersage. Insgesamt wird dadurch eine zielgerichtete und effizientere Bekämpfung des Schädlings ermöglicht – also auch eine verbesserte Abschätzung des Schadpotenzials.

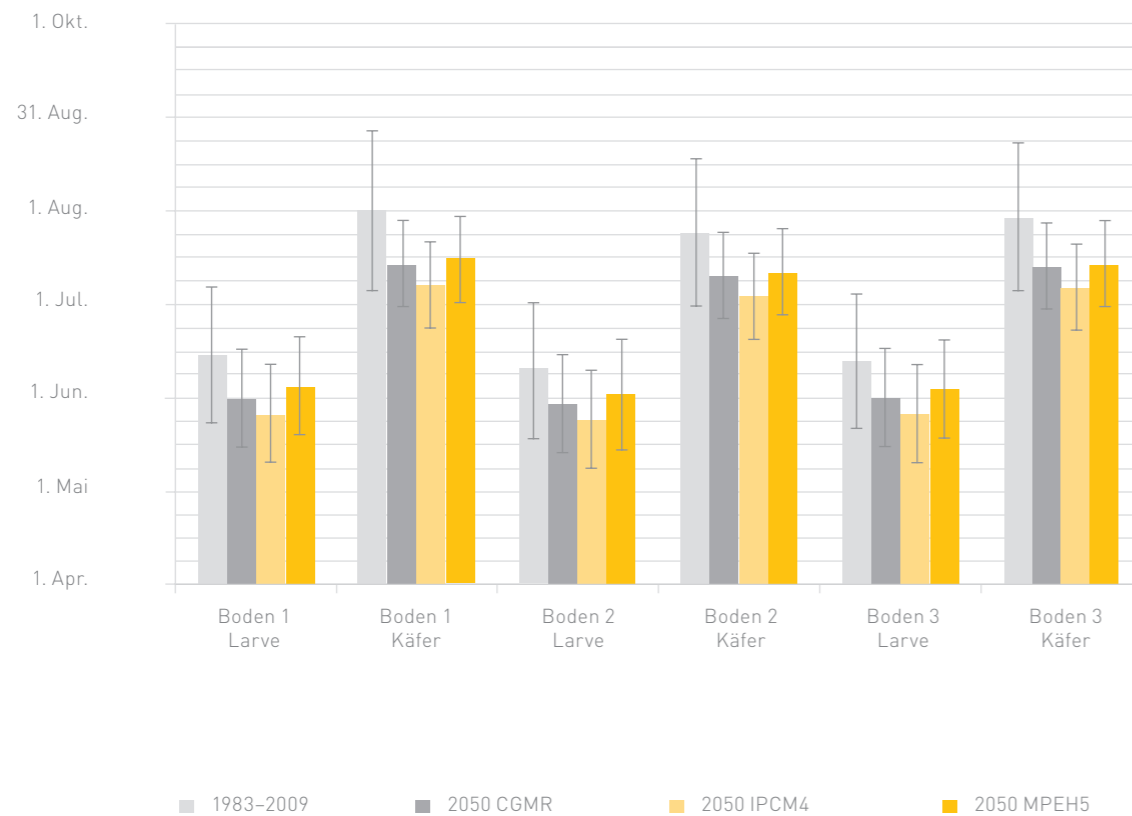


Abb. 3

Veränderung der Phänologie des Maiswurzelbohrers im Marchfeld unter drei Klimaszenarien der 2050er-Jahre (Eintrittsdatum des Stadiums Larve und Käfer) unter 3 Bodenklassen [Bodenklasse 1-3: sandig bis lehmiger Typ; Balken zeigen den Streubereich der 2-fachen Standardabweichung].

Engerlingsarten (*P. horticola*, *Melolontha sp.*) bilden den zweiten Schädlingskomplex. Sie sind ein wichtiger Schadfaktor im Grünland, weshalb im Rahmen des Projektes eine verbesserte Datenbasis erstellt wurde. Dies erfolgte durch Erhebungen (Zählungen der Befallsdichte und Artenbestimmung) auf Grünlandflächen mehrerer Betriebe in unterschiedlichen Regionen. Die erhobene Datenbasis erlaubte jedoch (noch) keine Ableitung eines bodentemperaturabhängigen Schädlingsmodells. Wahrscheinlich konnte wegen zu geringer Variation der Standortbestimmungen oder zu ungenauen Bodentemperaturen kein signifikanter Bezug zur Bodentemperatur hergestellt werden. Dennoch wurden neue Erkenntnisse hinsichtlich der beeinflussenden Standortbedingungen gewonnen werden (wie der dominierende Einfluss des Humusgehaltes) – was ebenfalls im GIS-Modell darstellbar wäre.

Eine weitere Anwendung des Bodentemperaturmodells wurde durch einen Algorithmus für das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N) im Boden (unter Winterweizen und Mais) demonstriert, wobei der Algorithmus mithilfe der Simulationen eines komplexen Pflanzenwachstumsmodells erstellt wurde.

Die getesteten Schädlingsalgorithmen für den Maiswurzelbohrer, in denen die Bodentemperaturen bzw. Bodentemperatursummen über bestimmte Schädlingsentwicklungsphasen eine wichtige Rolle spielen, wurden im weiteren Projektverlauf in das GIS-Modell implementiert. Abb. 2 zeigt als Beispiel das Ergebnis einer Simulation auf räumlicher Basis für den validierten Algorithmus des Maiswurzelbohrers.

Weiters kann das Bodentemperaturmodell gekoppelt mit Prozessalgorithmen (z.B. für Schädlingsphänologie) auch für Klimaszenarien durchgespielt werden.

Ein Ergebnis für den Maiswurzelbohrer im Marchfeld unter Berücksichtigung von drei Hauptbodenklassen ist in Abb. 3 dargestellt. Deutlich zeigt sich dabei bis zu den 2050er-Jahren ein früherer Eintritt verschiedener Entwicklungsstadien, je nach Bodenklasse und Klimaszenario unterschiedlich, für das Larvenstadium um 10–19 Tage früher und für das Erscheinen der Käfer um 16–24 Tage früher.

Als wichtigstes Ergebnis der ermöglichten räumlichen Simulationen sind sowohl kurzfristige bis saisonale Warnhinweise für die Landwirtschaft im Rahmen von operationellen Anwendungen vorstellbar, als auch langfristig die Abschätzung möglicher Risikogebiete für bestimmte Schädlinge. Auch für andere im Boden ablaufende Prozesse, wie die Stickstoffmineralisierung, können aktuelle und vergangene Situationen sowie kurzfristige Vorhersagen oder potenzielle raum- und zeitbezogene Verschiebungen unter Klimaszenarien dargestellt werden, welche zum Beispiel für die landwirtschaftliche Produktionstechnik (z.B. Düngung) von Bedeutung sind.

Projektleitung



A.o.Prof. Dipl.Ing. Dr. **Josef Eitzinger**

Universität für Bodenkultur
Institut für Meteorologie (BOKU-Met), Wien

Beteiligte Institutionen



- LFZRG – Landwirtschaftliches Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein
- BAW – Bundesanstalt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen
- ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie, Wien
- Global Change Research Centre (AS CR v.v.i.), CZ
- NDMC – National Drought Mitigation Center, USA

Gute Gründe für das Projekt



- Erstes räumlich hochaufgelöstes Trockenheitsmonitoringssystem für die Landwirtschaft Österreichs
- Überblick über die Situation in der Vergangenheit (seit Inbetriebnahme), der aktuellen Situation und Vorhersage der regionalen Entwicklung von Trockenheit über die nächsten sieben Tage
- Wirksames Entscheidungshilfesystem für die landwirtschaftliche Produktionstechnik (z.B. Bewässerung)
- Datenbank zur Sensitivität von Nutzpflanzen gegenüber Trockenheit

AgroDroughtAustria Trockenheitsmonitoringssystem für die Landwirtschaft Österreichs

Zur aktuellen Problematik von Trockenheit in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion

Der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Nutzpflanzen wird von mehreren Faktoren bestimmt. Zunächst gibt es pflanzenart- und sortenspezifische Unterschiede im Wasserverbrauch pro Einheit gebildeter Trockensubstanz, die von genetisch bedingten physiologischen Eigenschaften als auch von mehreren Umweltfaktoren, wie der Düngung oder dem Wachstumsverlauf, abhängig sind. **Tabelle 1** zeigt diese typischen Schwankungsbereiche verschiedener Nutzpflanzen.

Der Wasserverbrauch von Pflanzenbeständen wird bestimmt durch:

- Witterungsverlauf
- Biomasse pro Flächeneinheit (bzw. Ertrag)
- Standort- und Bodeneigenschaften (wie Wasserspeicherfähigkeit, Grundwasserabstand)
- Bestandesstruktur
- Bodenbearbeitung

Diese Faktoren beeinflussen die Wasserverfügbarkeit und berücksichtigen unproduktive Wasserverluste wie Oberflächenverdunstung, Tiefenversickerung und Oberflächenabfluss. **In niederschlagsarmen Regionen oder während Wachstumsperioden wird die mangelnde Wasserverfügbarkeit oftmals zum wachstumslimitierenden Faktor und bestimmt letztlich das erreichbare Ertragsniveau.**

Eine ausreichende Wasserversorgung kann das Hitzestressrisiko deutlich verringern, da die Transpiration ein wichtiger Vorgang für die Blattkühlung bzw. Temperaturregelung des Pflanzenbestandes ist.

Trockenstress ist daher häufig auch mit Hitzestress verbunden bzw. kann Hitzeschäden stark fördern.

Dies unterstreicht die Bedeutung einer ausreichenden Wasserversorgung, welche durch eine optimierte „Wasserproduktivität“, die zum Beispiel durch eine ausgereifte Bewässerungsplanung erreicht wird, deutlich verbessert werden kann.

Kulturart	Transpirationskoeffizient (l Wasser pro kg Trockenmasse)	Durchschnittlicher Wasserverbrauch der Pflanzenbestände pro Wachstumsperiode bei mittlerem Ertragsniveau (mm)
Winterweizen	300-690	460
Wintergerste	310-520	400
Sommergerste	220-520	300
Mais	180-400	530
Energiemais	180-400	800
Kartoffel	180-640	450
Zuckerrübe	170-400	480
W. Raps	600-700	480
Luzerne	800	700
Wein	370-430	400-700

Tabelle 1

Transpirationskoeffizienten (Spannbreite verschiedener Quellen) und Wasserverbrauch wichtiger Nutzpflanzenbestände bei mittlerem Ertragsniveau.

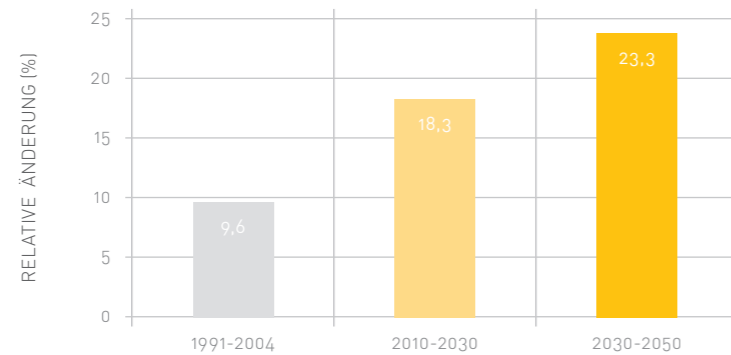


Abb. 1

Zunahme des Verdunstungspotenzials gegenüber der Periode 1961-1990 (Periodenmittel für Ostösterreich)

Durch die Zunahme des Verdunstungspotenzials (dargestellt für Ostösterreich) aufgrund höherer Temperaturen aus den Klimaszenarien können Trockenheiten in Zukunft schneller und stärker auftreten.

Klimaszenarien und Folgen für die Landwirtschaft in Österreich

Für Mitteleuropa werden unter den Klimaszenarien in den nächsten Jahrzehnten neben dem saisonal unterschiedlichen, aber ganzjährigen Erwärmungstrend zunehmende Winter- und abnehmende Sommerniederschläge erwartet, allerdings mit regionalen Unterschieden, die insbesondere in Bezug auf Niederschlag sehr unsicher sind.

Insgesamt führt die ganzjährige Erwärmung zu einer Zunahme des Verdunstungspotenzials (Abb. 1), was in Regionen mit stagnierenden oder sinkenden Sommerniederschlägen einen Trend zu mehr Trockenheit in der Sommerperiode bedeutet. Dies sind allerdings klimatische Aussagen, wobei weiterhin mit der gegebenen zwischenjährlichen beträchtlichen Variabilität in der Witterung zu rechnen ist. Unter Berücksichtigung der Klimavariabilität und dem langjährigen klimatischen Trend aus den Klimaszenarien wäre also auch mit einer relativen Zunahme (der Häufung und Stärke) von Trocken- und Hitzeperioden in den Sommerhalbjahren zu rechnen.

Studien zeigen, dass unter regionalen Klimaszenarien vor allem in den Regionen Ost- und Südostösterreich Sommerkulturen verstärktem Stress durch Hitze und Trockenheit ausgesetzt sind, wobei hier die künftigen Ertragspotenziale ohne Bewässerung eher stagnieren dürften und Winterkulturen eher begünstigt sein werden. Anzeichen zunehmender zwischenjährlicher Ertragsvariabilität lassen sich bereits aus nationalen Statistiken der letzten Dekaden übereinstimmend in verschiedenen europäischen Ländern ablesen.

Im Rahmen der erwarteten Klimaänderungen ist im Sommerhalbjahr daher mit verstärktem Wasserbedarf (oder Bewässerungsbedarf) in der Pflanzenproduktion zu rechnen.

Um die Erträge von Mais stabil zu halten wurde für das Marchfeld (Schwankungsbreite von fünf Klimaszenarien, und stark abhängig von den relativ unsicheren Niederschlagsänderungen) unter den derzeitigen Bewirtschaftungsmethoden für die Periode 2021-2050 ein mittlerer jährlicher zusätzlicher Wasserbedarf von 0-80 mm errechnet, der über Bewässerung abgedeckt werden müsste (eigene Simulation). Die regional für die Bewässerung benötigte Wassermenge hängt dann natürlich stark davon ab, wie viel Fläche tatsächlich – oder unter den Bedingungen der Klimaszenarien zusätzlich – bewässert wird.

Dies könnte in manchen Regionen Ostösterreichs durchaus zu einer Überbeanspruchung von Grundwasserreserven oder längerfristig zu einer Wasserknappheit für die landwirtschaftliche Bewässerung führen.

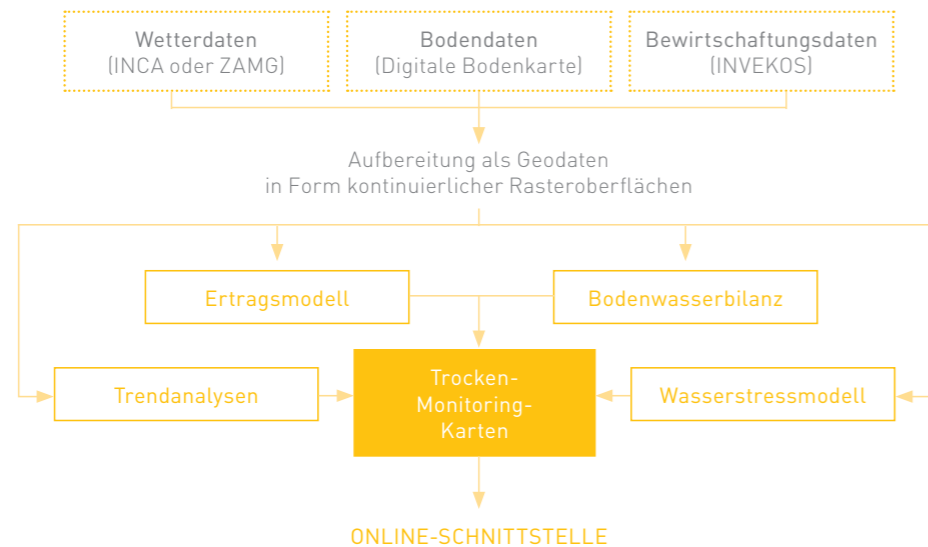


Abb. 2

AgroDroughtAustria - Trockenheitsmonitoringssystem

Eingabedaten in das Modellsystem, Informationsfluss und Ausgabe in einer online GIS-Anwendung für die operationelle Anwendung zum Monitoring von Trockenheit bzw. Trockenstress für Nutzpflanzen.

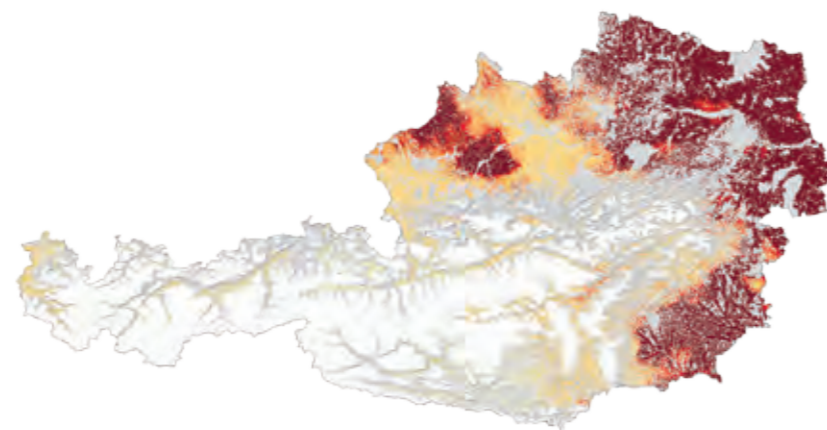
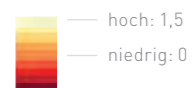


Abb. 3

Short Term Water Availability Factor Grassland – 15. Juli 2003

Darstellung eines simulierten Wasserstressfaktors (relativ) welcher die potenzielle Produktivität des Grünlandes (Wachstumsleistung) zu einem bestimmten Zeitpunkt reduziert.

Monitoring und Vorhersage von Trockenheit

Operationelles Monitoring und die Vorhersage von Trockenheit stellen als Entscheidungshilfetool eine wichtige Anpassungsmaßnahme zu einer effizienteren Wassernutzung und zur Vermeidung von Trockenschäden in der Pflanzenproduktion dar. Das Ziel des im März 2013 begonnenen Projektes ist die Entwicklung und der Test eines operationellen Systems zum Monitoring und zur Vorhersage von Trockenheit für Nutzpflanzen in Österreich, basierend auf einem existierenden Geografischen Informationssystem (GIS), das in Vorprojekten entwickelt wurde.

Zu diesem Zweck wird eine Datenbasis aus Feldexperimenten erstellt, um Methoden unterschiedlicher Komplexität und Anwendungsmöglichkeiten zur Trockenstressbestimmung wichtiger Nutzpflanzen zu entwickeln und zu adaptieren. Die Methoden umfassen Bodenwasserbilanzmodelle und agroklimate Indikatoren, die aufeinander abgestimmt und für ausgewählte Nutzpflanzen kalibriert werden.

Zusätzlich wird neben dem Past- und Nowcasting (Monitoring) eine Vorhersagemethode zur Modellierung der Trockenheit eingebunden, wobei abgestimmte regionale Wettervorhersagemodelle (ALARO5-AUSTRIA) eingebunden werden, insbesondere für die Niederschlagsvorhersage. Die Modelle werden schließlich für mehrere Standorte und Nutzpflanzen in Österreich getestet und kalibriert. Die notwendige räumliche Datenbasis besteht einer-

seits aus statischen Informationen (z.B. Bodeninformationen) und aus zeitlich sich verändernden Eingabeparametern auf Tagesbasis. Letztere umfassen vor allem Wetter- und Bewirtschaftungsdaten (bzw. daraus abgeleitete Daten der Nutzpflanzenentwicklung).

In [Abb. 2](#) ist das Schema der Datenverarbeitung bis hin zur Darstellung in einer Web-Applikation dargestellt.

Die Darstellung der Ergebnisse umfasst den zeitnahen (aktuellen) Trockenstress der ausgewählten Nutzpflanzen für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen in Österreich in einer räumlich hohen Auflösung (1x1 km) und einer Vorhersage der Entwicklung über die nächsten sieben Tage. [Abb. 3](#) zeigt als Beispiel für die Darstellungsmethode einen speziellen Trockenstressindikator für das Grünland aus einem Vorprojekt (*Pastcasting*).

Das Projekt liefert das erste hoch aufgelöste und damit für die kurzfristige Planung der Produktionstechnik in der Landwirtschaft nutzbare Trockenheitsmonitoringssystem, welches mit einer Web-Applikation demonstriert wird und operationell umgesetzt werden kann. Potenzielle NutzerInnen sind vor allem LandwirtInnen, Landwirtschaftskammern, Versicherungen und andere Institutionen im Bereich der Landwirtschaft (inkl. Landwirtschaftsministerium).

Josef Eitzinger

Projektleitung



Mag. **Katrin Sedy**

Umweltbundesamt GmbH

Abteilung Landnutzung und Biologische Sicherheit, Wien

Beteiligte Institutionen



- AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien
- UFZ – Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Leipzig
- Bodenschutzberatung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich
- BOKU – Universität für Bodenkultur, Wien
- Amt der OÖ Landesregierung: Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Land- und Forstwirtschaft / Amtssachverständigendienst für Landwirtschaft und Bodenschutz

Gute Gründe für das Projekt



- Der Auf- und Abbau von Bodenkohlenstoff wird bei aktueller und möglicher zukünftiger Bewirtschaftung berechnet und abgebildet.
- Standorte mit hohem Bodenkohlenstoff-Verlustrisiko, sogenannte „Hot Spots“ werden identifiziert.
- Treibhausgasemissionen (CO₂) werden bei jeweiliger Bewirtschaftung berechnet und Maßnahmen zum Humusaufbau vorgeschlagen.
- Integrierte Klimadaten ermöglichen Szenarienberechnungen in der möglichen Bodenkohlenstoff-Dynamik bis zum Jahr 2100.

www.umweltbundesamt.at/acc

Austrian Carbon Calculator ACC

Das Modell ermöglicht Prognosen in der Bodenkohlenstoff-Entwicklung. Dadurch können wertvolle Entscheidungen zur zukünftigen Aufrechterhaltung und Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen getroffen werden.

Herausforderungen in der Landwirtschaft hinsichtlich C-Dynamik in Böden

Die organische Bodensubstanz, gleichzusetzen mit den Humus-Gehalten, erfüllt im Boden vielfältige Funktionen. Zu diesen Funktionen zählen eine bessere Speicher- und Pufferkapazität der Böden, was z.B. Wasser- und Nährstoffe, aber auch Schadstoffe betrifft. Die organische Bodensubstanz liefert Lebensräume für Bodenorganismen und nimmt außerdem eine zentrale Rolle bei der Speicherung des organischen Kohlenstoffs und damit im Kohlenstoffkreislauf ein.

Durch Jahrzehnte bisweilen auch Jahrhunderte lange Bodennutzung in Form von Ackerbau haben sich in Ackerböden relativ konstante, nutzungsspezifische organische Kohlenstoffgehalte herausgebildet. Wobei es bei Umwandlung von Wald und Grünland zu Acker insbesondere durch Bodenbearbeitung zu Mineralisierungsschüben, damit zu Nährstofffreisetzungen

sowie zu Kohlenstoffverlusten, kommt. Ebenso wirkt sich die Art der Bewirtschaftung auf die Kohlenstoffdynamik der Böden aus. So führen der langjährige Ackerbau mit Hackfrüchten (Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, ...), intensive Bodenbearbeitung, sowie die Abfuhr von Ernterückständen bzw. auch das früher übliche Verbrennen des Stroh am Feld zum Abbau der organischen Bodensubstanz.

Bewirtschaftungsmethoden, die den Aufbau bzw. Erhalt der organischen Bodensubstanz fördern, sind weitgehend gängige Verfahren: die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, besonders Festmist mit Einstreu; Kompostgaben; reduzierte, nicht wendende Bodenbearbeitung; das Verbleiben der Ernterückstände am Feld; Ackerfutterbau und die Anlage von Begrünungen mit einer möglichst langen Vegetationsdauer. Diese Maßnahmen zählen zu den häufigsten und nach derzeitigem Wissen effizientesten Maßnahmen für einen gezielten Bodenkohlenstoff-Aufbau.

Neben der Verbesserung bzw. Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit kommt der organischen Bodensubstanz auch noch eine weitere wichtige Rolle zu: Böden sind sehr große terrestrischen Kohlenstoffspeicher und nehmen eine besonders wichtige Rolle bei der Speicherung von CO₂ ein. **Die möglichst dauerhafte Festlegung von Kohlenstoff hat also nicht nur für den Boden produktivitätsfördernde Auswirkungen, sie soll auch zur Verringerung des Treibhausgaseffekts beitragen.**

Besondere Aufmerksamkeit bekommt der Bodenkohlenstoff durch den Klimawandel und die damit notwendigen Anpassungen im landwirtschaftlichen Bereich. Die bereits angesprochene Puffer- und Speicherwirkung kommt bei Extremwetterereignissen zum Tragen: In Trockenperioden bleibt mehr Wasser im Boden verfügbar, bei Starkregen wird die Erosion durch stabilere Bodenaggregate und bessere Versickerung reduziert und gleichzeitig die Wasserspeicherkapazität erhöht. Damit haben gut mit organischer Bodensubstanz versorgte Böden bessere Chancen, ihre Produktivität auch bei Wetterextremen aufrecht zu erhalten.

Austrian Carbon Calculator als Diagnose-Werkzeug:

Ziel des Calculators ist es, die Boden-C-aufbauenden oder abbauenden Maßnahmen sichtbar zu machen. So kann der Einfluss auf die Boden-C-Dynamik der vergangenen und der kommenden Bewirtschaftung bewertet werden. Die unterschiedlichen Einflussfaktoren, wie Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung, Begrünung der jeweiligen Ackerflächen und die lokale Bodenart sowie die herrschenden Klimaverhältnisse stellen die Eingangsgrößen für eine modellhafte Abbildung der C-Dynamik der Böden dar. Damit wird die Entwicklung der organischen Bodensubstanz erkennbar, Zu- oder Abnahmen werden quantifiziert und gezielte Anpassungsmaßnahmen können im Rahmen des Modells theoretisch getestet werden. Die Ergebnisse helfen bei der Entscheidung, ob die Bewirtschaftungshistorie fortgeschrieben werden kann, oder ob Änderungen im Bewirtschaftungsmanagement durchgeführt werden müssen.

Der Calculator soll den LandwirtInnen ermöglichen, gezielte Maßnahmen zum Bodenschutz und zur Klimawandelanpassung zu ergreifen. Dazu können für die beiden Testregionen Mühlviertel und Marchfeld konkrete flächenbezogene Bewirtschaftungsdaten (auf Schlagebene) eingegeben, aber auch die regionalen Hauptbewirtschaftungsformen herangezogen werden. Damit ist der Carbon Calculator für LandwirtInnen, BeraterInnen und Behörden ein wertvolles Hilfsmittel, da er nicht nur auf einzelnen Flächen, sondern auch auf regionaler Ebene zukünftige Entwicklungen anzeigt. Prognostizierte Klimaveränderungen werden stets mitberechnet, sodass die landwirtschaftliche Produktivität bis zum Jahr 2100 dargestellt werden kann.

Die Methodik: Langzeitversuche – BZI-Daten – Befragungen – Klimamodelle

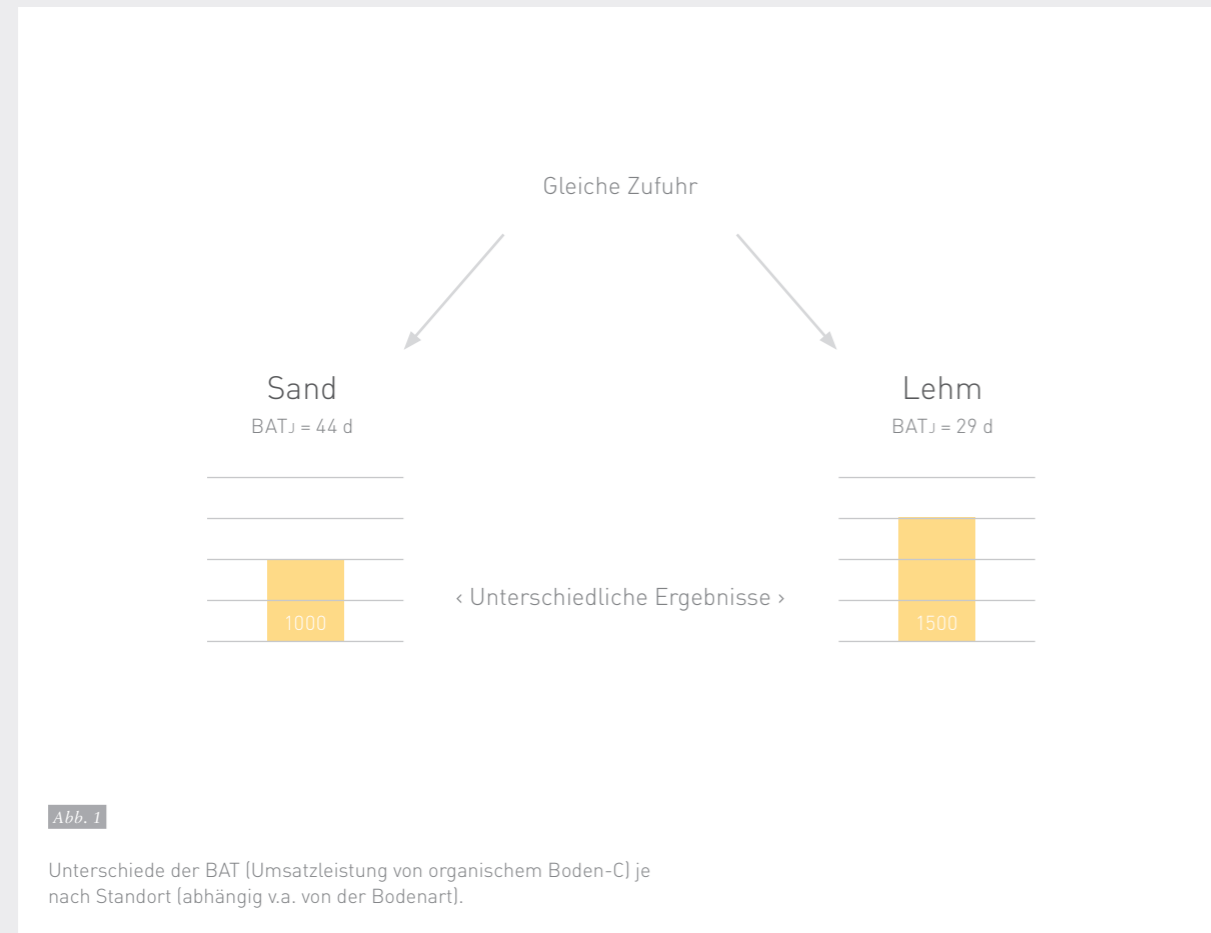
Um die gängigen Boden-C-aufbauenden Bewirtschaftungsmethoden in ihrer Wirkung beurteilen zu können, wird das Modell mittels Langzeitversuchen der AGES angepasst. Diese Feldversuche werden seit den 1980er-Jahren durchgeführt und zeigen den Verlauf der Boden-C-Gehalte bei organischer Düngung (Stallmist, Gülle, Kompost), unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Frässaat, Grubber, Pflug) und den Ernterückständen am Feld. Der organische Kohlenstoff im Boden wurde regelmäßig gemessen und die An- oder Abreicherungen der jeweiligen Bewirtschaftungspraxis zugeordnet. Um standortsspezifische Bedingungen abzubilden, wird der Carbon Calculator mit Realdaten kalibriert. Dazu wurden 50 Messpunkte im Mühlviertel und Marchfeld ausgewählt, die im Rahmen der Bodenzustandsinventur (BZI) in den Jahren 1990/91 bereits beprobt wurden. Die Rückstellproben der 50 Standorte wurden auf Boden-C-Gehalte analysiert und im Jahr 2012 neue Bodenproben genommen. Damit sind bei jedem Standort zwei Boden-C-Werte verfügbar. Durch eine detaillierte Befragung der LandwirtInnen zur Flächenbewirtschaftung werden sämtliche Parameter (wie Art, Menge und Zeitpunkt der Düngung, Fruchtfolgen, Erträge, Bodenbearbeitung, ...) erfasst. Die Bewirtschaftungshistorie von 1993 bis 2012 ist damit bekannt und wird mit der Boden-C-Entwicklung entsprechend den Messungen in das Modell eingegeben.

Die Klimaänderungen werden mit Fokus auf Temperatur und Niederschlag im Modell erfasst. Es stehen die Ergebnisse des EU-Projekts „Ensembles“ mit Klimamodellierungen von 1950 bis 2100 von drei Modellen für Österreich zur Verfügung. Für die unterschiedlichen Klimaszenarien wurden Zeithorizonte bis 2030 und bis 2100 ausgewählt.

Das Modell CCB: Grundlage des Austrian Carbon Calculators

Das Modell CCB (*CANDY Carbon Balance*) beschreibt die Dynamik des umsetzbaren Kohlenstoffs im Boden in Jahresschritten für mittlere Standortbedingungen in Abhängigkeit von Ertrag und zugeführtem organischen Dünger.

Der Humusumsatz und damit die Nährstoffdynamik eines Standortes ist von Klima, Boden und dessen Bewirtschaftung abhängig. Das Ausmaß des Humusaufbaus oder -abbaus durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung wird durch die Standorteigenschaften geprägt. Gegenwärtig existieren verschiedene Verfahren, mit denen eine Berechnung der Humusproduktion durchgeführt werden kann. Diese Verfahren berücksichtigen jedoch nicht die messbaren C_{org}-Gehalte im Boden und beinhalten nur partiell eine Standortwirkung. Aktuelle Prozessmodelle zur Bodenkohlenstoff-Dynamik wie z. B. CIPS sind vorrangig wissenschaftlichen Fragestellungen gewidmet und haben für einen praktischen Einsatz in der Regel einen zu hohen Eingangsdatenbedarf.



Für den Einsatz unter Praxisbedingungen mit der dort gewöhnlich limitierten Datengrundlage wurde aus dem Prozessmodell CANDY eine stark vereinfachte Variante abgeleitet. Dieses Modell, **CCB (CANDY Carbon Balance)**, berücksichtigt Standorteffekte und besitzt einen Bezug zu Kohlenstoff und Stickstoff.

Das Minimum an Eingabedaten für die drei grundlegenden Steuerbereiche des C- und N-Umsatzes wurde wie folgt definiert:

Boden (0–30 cm):

- Tongehalt (oder Bodenart)
- Skelettgehalt (= Grobbodenanteil)
- Bodenkohlenstoff-Gehalt als Startwert

Bewirtschaftung:

- Fruchtart, Ertrag
- Organische Düngung
- Beregnung
- Bearbeitung mit oder ohne Pflug

Klima:

- Durchschnittlicher Jahresniederschlag
- Mittlere Jahrestemperatur

Ein Kernelement des Modells ist der Indikator BAT (*biologic active time*), welcher die biologische Aktivität widerspiegelt und aus den Standortbedingungen abgeleitet wird. Sie ist ein Maß für die Umsatzleistung von organischem Bodenkohlenstoff eines Standortes. Je höher der BAT-Wert, desto höher sind die Umsatzraten und desto geringer ist die Speicherrate von Bodenkohlenstoff.

In der Regel haben sandige Standorte eine hohe BAT, also eine hohe Umsatzleistung bei geringen Humusgehalten. Tonige (schwere) Böden haben dagegen eine geringe BAT und damit höhere Humusgehalte.

Anpassung des CCB an die Testregionen Marchfeld und Mühlviertel

Für die Modellierung der Regionen Marchfeld und Mühlviertel in Österreich werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

Kalibrierung:

Modellierung der Humusreproduktion der Dauerversuchsstandorte: Anpassung der Parameter und ihrer Verarbeitung an die lokalen Gegebenheiten in Österreich. Gemessene Bodenkohlenstoff-Veränderungen sollten sich im Modell widerspiegeln.

Validierung:

Modellierung der Bodenkohlenstoff-Veränderung der 50 Modellbetriebe. Test, ob das Modell die Humusreproduktion gut abbildet. Selektion von Problemen, ggf. Modellanpassung.

Unsicherheitsanalyse:

Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit der Modellaussagen und Gewichtung der Eingangsparameter.

Anwendung:

Nutzung des kalibrierten und validierten Modells für den Carbon Calculator: Entwicklung verschiedener Szenarien (Regionsbezug, Fruchtfolgesysteme, Klimamodelle).

- hoch (25 %)
- mittel
- gering (5%)

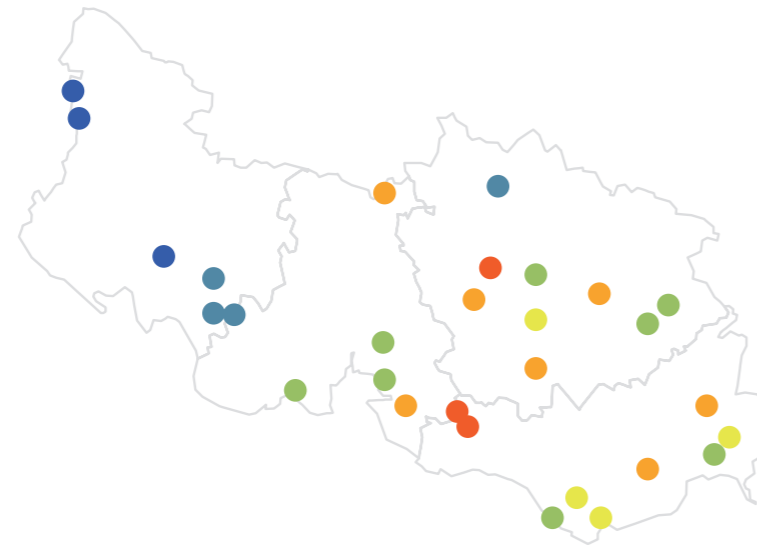


Abb. 2

Veränderung der Humusumsatzleistung der Böden im Testgebiet Mühlviertel innerhalb von 10 Jahren.

Regionen mit starker Änderung (rot & orange) sind Gebiete mit hohem Risiko des Humusverlustes.

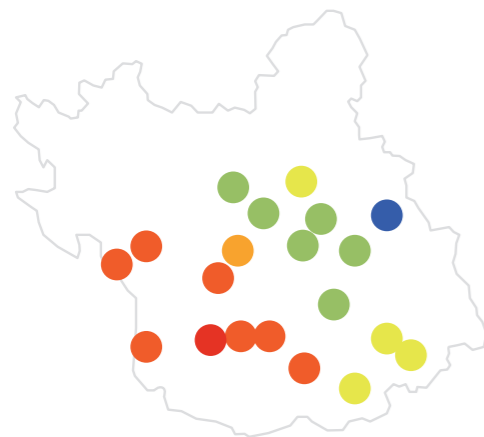


Abb. 3

Veränderung der Humusumsatzleistung der Böden im Testgebiet Marchfeld innerhalb von 10 Jahren.

Regionen mit starker Änderung (rot & orange) sind Gebiete mit hohem Risiko des Humusverlustes.

Erste Ergebnisse aus dem Projekt

Für die 50 Modellbetriebe der Regionen Marchfeld und Mühlviertel wurden Mittelwerte für die Umsatzbedingungen des organischen Bodenkohlenstoffs (in Form der BAT) in Abhängigkeit von Standort und Klima berechnet. Dafür sind Klimadaten der Jahre 1993 bis 2003 herangezogen worden. Um Regionen mit einem höheren Risiko einer sich verändernden Umsatzleistung auszuweisen, wurde die Änderung dieser Umsatzleistung im Verhältnis zum Mittelwert dieser zehn Jahre berechnet. [Abb. 3 und 4](#)

Rot und orange dargestellt sind die Betriebe mit der höchsten Veränderung, also einer zunehmenden Umsatzleistung. Damit ist klimabedingt ein Verlust an Humus zu erwarten, welcher durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgeglichen werden muss. Die Bewertung der Bewirtschaftungsweise wird künftig in weiteren Szenarien getestet.

Weiterführend werden mittels verschiedener Klimaszenarien (in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur) Prognosen für die Zukunft berechnet. **Der Einfluss des Klimawandels auf die Humusumsatzleistung und die Ausweisung sogenannter „Hot spot“-Regionen ist damit möglich.** Dafür werden extremere und weniger extreme Klimaszenarien verwendet, um die theoretisch stärkste und schwächste bzw. mittlere Veränderung der Umsatzraten zu ermitteln.

Ziele des Projekts

Ein wesentliches Ziel des Projekts ist die Erarbeitung einer wissenschaftlich fundierten und praktisch anwendbaren Berechnung zur Bilanzierung bzw. Modellierung von organischem Boden-C in landwirtschaftlichen Böden.

Das Modell wird anhand der Testgebiete Mühlviertel und Marchfeld ausgearbeitet. Eine mögliche Anwendbarkeit auf weitere Gebiete wird geprüft.

Der Carbon Calculator soll, durch seine regionale Anwendbarkeit, die C-Speicherung durch Bodenbewirtschaftung sichtbar machen und damit einen Beitrag zu den aktuellen und zukünftigen Berichtspflichten hinsichtlich C-Vorratsänderungen, sowie zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft, leisten.

Die Anwendung auf lokaler Ebene erlaubt den LandwirtInnen eine qualifizierte Einschätzung ihrer zukünftigen Boden-C-Gehalte und damit eine Anpassung ihrer Bewirtschaftungspraxis. Die Nutzung des Carbon Calculators im regionalen Bereich ermöglicht Prognosen über die Klimawandelauswirkungen der Testregionen. Um Produktionseinbußen zu vermeiden bzw. zu verringern werden Bewirtschaftungsempfehlungen formuliert und mit EntscheidungsträgerInnen und LandwirtInnen diskutiert.

Katrin Sedy

Projektleitung



^{DI} Robert Steffek

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Geschäftsfeld Ernährungssicherung

Beteiligte Institutionen



- AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung Land- und Forstwirtschaft
- Steiermärkische Landwirtschaftskammer, Weinbauabteilung
- Economica, Institute of Economic Research, Wien

Gute Gründe für das Projekt



- Im Projekt wird gezeigt, dass die Goldgelbe Vergilbungskrankheit des Weins (GFD), die im mediterranen Raum enorme wirtschaftliche Bedeutung hat und ihr eingeschleppter Vektor, insbesondere bei einer simulierten Klimaerwärmung auch im mitteleuropäischen Weinbaugebiet optimale Bedingungen vorfinden.
- VitisCLIM ist ein Modell für die Ausbreitung von GFD, das die weinbaulichen und topografischen Gegebenheiten zweier steirischer Weinbaugebiete und die wirtschaftliche Effizienz verschiedener Risikominimierungsstrategien berücksichtigt.
- Durch die Involvierung relevanter Stakeholder als ProjektpartnerInnen in VitisCLIM ist die unmittelbare Umsetzung der Projektergebnisse in der Praxis sichergestellt.
- Sämtliche Modelle sind generisch und können bei entsprechender Datenlage auch für die quantitative Bewertung des Risikos der Ansiedlung und Ausbreitung neuer invasiver Schadorganismen auf Kulturpflanzen angewandt werden.

www.vitisclim.org

VitisCLIM

Einfluss des Klimawandels auf den Weinbau,
am Beispiel von Flavescence Dorée, der Goldgelben
Vergilbungskrankheit des Weins

Grapevine Flavescence Dorée (GFD) ist eine Vergilbungskrankheit der Weinrebe (*Vitis vinifera*), die durch ein Phytoplasma verursacht wird. Phytoplasmen sind zellwandlosen Bakterien und obligate Parasiten, die die Leitbündel der Rebe besiedeln, wodurch es zu Vergilbungen und Wachstumsstörungen der Rebe kommt. Abb. 1

Die Übertragung der Krankheit erfolgt durch ihren wichtigsten Vektor, die Amerikanische Rezbikade *Scaphoideus titanus*, die im 20. Jh. aus den USA nach Europa eingeschleppt wurde. Abb. 2

Durch die Saugtätigkeit der Zikade werden die Phytoplasmen aus dem erkrankten Pflanzengewebe der Rebe aufgenommen. In der Speicheldrüse der infizierten Zikaden vermehrt sich der Krankheitserreger und wird nach einer Latenzzeit von ca. 30 Tagen durch die Saugtätigkeit an gesunde Reben weitergegeben. Da *Scaphoideus titanus* im Weingarten sehr mobil ist, kann es zu einer epidemischen Ausbreitung der Krankheit kommen. Die Symptome an den Reben sind allerdings erst nach einer gewissen Verzögerung (Inkubationszeit) zu beobachten.

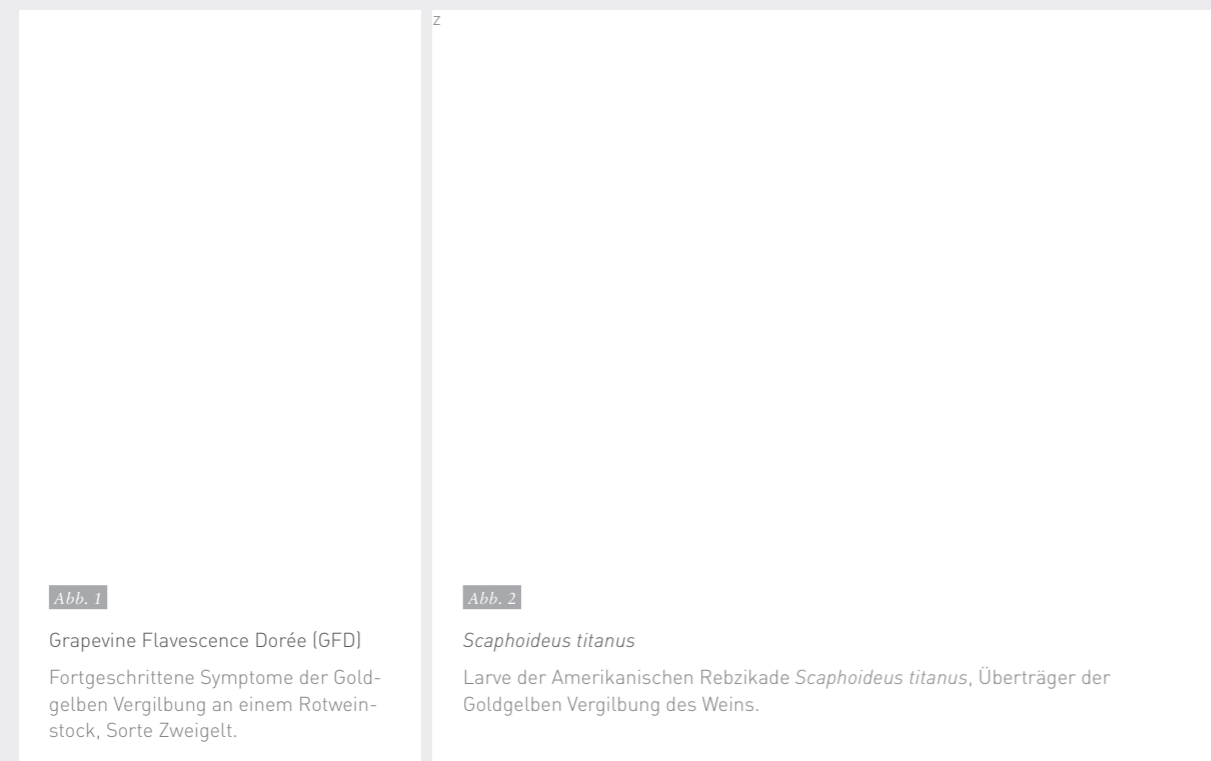


Abb. 1

Grapevine Flavescence Dorée (GFD)
Fortgeschrittene Symptome der Goldgelben Vergilbung an einem Rotweinstock, Sorte Zweigelt.

Abb. 2

Scaphoideus titanus
Larve der Amerikanischen Rebzikade *Scaphoideus titanus*, Überträger der Goldgelben Vergilbung des Weins.

Bedeutung für den Weinbau

Grapevine Flavescence Dorée (GFD) wirkt sich auf die Vitalität und den Ertrag der Rebe sowie auf die Qualität des Weins aus. Aufgrund der raschen Ausbreitungsgeschwindigkeit kann die Krankheit ohne entsprechende Maßnahmen hohe wirtschaftliche Auswirkungen haben. GFD ist eine Quarantänekrankheit im Sinne der EU-RL 2000/29; das bedeutet, dass EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet sind, bei einem Ausbruch Eindämmungsmaßnahmen zu treffen.

Eine direkte chemische Bekämpfung dieser Krankheit ist nicht möglich, daher sind erkrankte Rebstöcke bei einem positiven Laborbefund aus dem Weingarten zu entfernen, bzw. muss ab einer definierten Schadensschwelle, der gesamte Weingarten gerodet werden.

Die Bekämpfung des Überträgers ist eine wichtige phytosanitäre Maßnahme um die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Krankheit zu reduzieren. Deshalb sind im Verbreitungsgebiet der Amerikanischen Rebzikade Insektizidbehandlungen amtlich angeordnet und von den betroffenen WinzerInnen verpflichtend durchzuführen.

Risikofaktor Klimaerwärmung

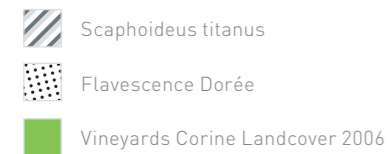
GFD wurde erstmals in den 1950er-Jahren in Weinbergen im Südwesten Frankreichs beschrieben. Von dort breiteten sich Krankheit und Vektor nach und nach in vielen Mittelmeerländern aus. Erst seit den späten 1990er-Jahren sind eine Ausbreitung nach Norden und eine Ansiedlung in Weinbaugebieten Mitteleuropas zu beobachten. Im Jahr nach dem

sehr warmen Sommer 2003 wurde *Scaphoideus titanus* zum ersten Mal in österreichischen Weingärten (südöstlich von Bad Radkersburg) gefunden und hat sich seither in der Südoststeiermark etabliert. Im Herbst 2009 wurde dort auch GFD zum ersten Mal in Österreich nachgewiesen. Lange warme Sommer begünstigen den Aufbau von großen, stabilen Populationen der Amerikanischen Rebzikade. In kurzen, kühlen Sommern hat die Zikade Schwierigkeiten, ihre Entwicklung abzuschließen und kann nur kleine, instabile Populationen bilden.

Ziel von VitisCLIM

Da GFD eine neue Krankheit im österreichischen Weinbau ist, war es das Ziel des Projekts, eine wissenschaftliche Basis für die Ausbreitung und Kontrolle von GFD und *Scaphoideus titanus* für die beiden topografisch und weinbaulich sehr unterschiedlichen Weinbauregionen Süd- und Südoststeiermark zu erarbeiten und in enger Zusammenarbeit mit den EntscheidungsträgerInnen risikobasierte Empfehlungen für die Auswahl der zu treffenden Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung zu stellen.

In verschiedenen Arbeitspaketen wurde (a) die aktuelle und mögliche zukünftige Verbreitung der Krankheit und des Vektors in Europa untersucht, (b) ein stochastisches Ausbreitungsmodell für zwei steirische Modellgemeinden entwickelt und getestet und (c) mit einem ökonomischen Modell die möglichen wirtschaftlichen Auswirkungen von GFD bewertet. Ein weiteres Arbeitspaket hatte zum Ziel, die Projektergebnisse den verschiedenen Interessensgruppen, EntscheidungsträgerInnen und WinzerInnen zu kommunizieren.



Climex EI

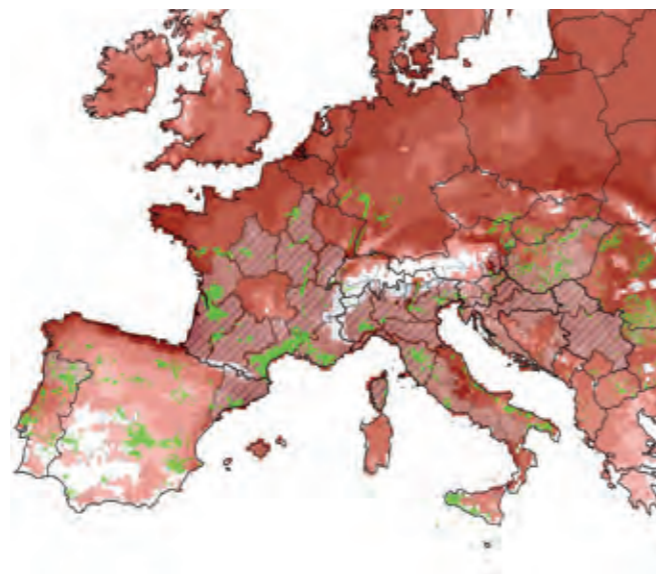
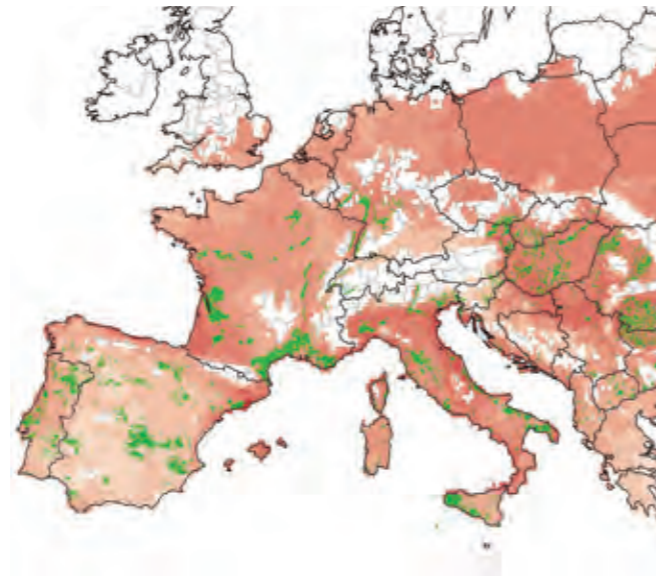
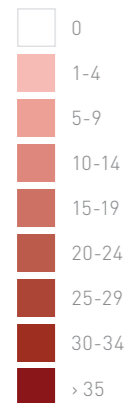


Abb. 3

Potenzielle Ausbreitung von *Scaphoideus titanus* in Europa

unter derzeitigen Klimabedingungen (oben) und mit einer angenommenen Klimaerwärmung (unten, Emissionsszenario: A1B), CLIMEX-Ergebnisse: EI-Werte > 20 kennzeichnen Gebiete in denen eine dauerhafte Ansiedlung angenommen werden muss, in Gebieten mit EI-Werten < 10 ist dies wenig wahrscheinlich.

Potenzielle Verbreitung der Krankheit und des Vektors in Europa

Ein wichtiger Schwerpunkt in VitisCLIM lag zunächst auf der Modellierung der potenziellen Ausbreitung der Krankheit sowie ihres Vektors in Europa. Es wurde CLIMEX® verwendet, eine in Risikobewertungen weltweit benutzte Software zur Bestimmung des potenziellen Verbreitungsgebiets einer eingeschleppten invasiven Art. Dazu wurde zunächst die Verbreitung und Populationsdichte der Rebzikade im Ursprungsgebiet (Nordamerika) ermittelt und anhand der klimatischen Bedingungen im Verbreitungsgebiet und darüber hinaus verfügbarer physiologischer Daten aus der wissenschaftlichen Literatur die Wachstumsindizes abgeleitet (z.B. hinsichtlich Temperatur und Feuchtigkeit die Minimum- und Maximumwerte sowie die Optimalbereiche). Stressindizes (Hitze- und Trockenstress) wurden verwendet und angepasst, um die begrenzte Verbreitung im mittleren Westen der USA zu modellieren. Die ermittelten Werte wurden dann auf Europa übertragen.

Die Ergebnisse des CLIMEX®-Modells zeigten, dass – insbesondere bei einer simulierten Erwärmung – neben den Optimalgebieten in Süd- und Westfrankreich, Italien und dem nördlichen Balkan, auch die Weinbaugebiete Mitteleuropas (z.B. Nordosten Österreichs, Ungarn, Tschechien/Mähren, Deutschland/Rheingebiet) gute klimatische Bedingungen für die Ansiedlung aufweisen. [Abb. 3](#)

Es zeigt sich auch, dass ein längerer Sommer, die Entwicklung stabiler Populationen in Mitteleuropa erleichtern würde und dass das Gebiet der möglichen Ansiedlung von *Scaphoideus titanus* das Anbauge-

biet der Rebe in Mitteleuropa übertrifft. Die weitere Ausbreitung im Norden ist eher durch die Wirtspflanzenverbreitung (*Vitis sp.*) begrenzt. Das Risiko einer weiteren Verbreitung in Südeuropa (Griechenland, Spanien) ist aufgrund der dort herrschenden Bedingungen von Trockenstress als gering einzustufen.

Lokales Ausbreitungsmodell für das Befallsgebiet

Zur Simulation der Dynamik der zeitlichen und räumlichen Ausbreitung von GFD und zur Abschätzung der Effektivität verschiedener Interventionsmaßnahmen wurde in einer weiteren Projektphase ein stochastisches Monte-Carlo-Modell entwickelt und getestet. Die Berechnungen wurden für zwei steirische Modellgemeinden (Tieschen bzw. Glanz) durchgeführt, die jeweils repräsentativ für ihre Weinbauregion (Süd- bzw. Südoststeiermark) sind und sich vor allem in der durchschnittlichen Anbaufläche und der Anzahl der Lauben voneinander unterscheiden. Das Modell stützt sich auf Daten aus dem Weinbaukataster und berücksichtigt geografische Informationen hinsichtlich der Lage, Größe, Geometrie und Entfernung von Weingärten und Hecken in den beiden Gemeinden sowie die Topografie innerhalb der Gemeinden. Für die Bestimmung einzelner Modellparameter, wie Flugverhalten, Dichte und Infektionsgrad der Zikadenpopulation, Sortenanfälligkeit und Übertragungswahrscheinlichkeiten wurden Feldstudien in der Steiermark durchgeführt, sowie Fachliteratur zu Rate gezogen.

Auf Basis dieser Daten wurde die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Vektors und der Krankheit simuliert.

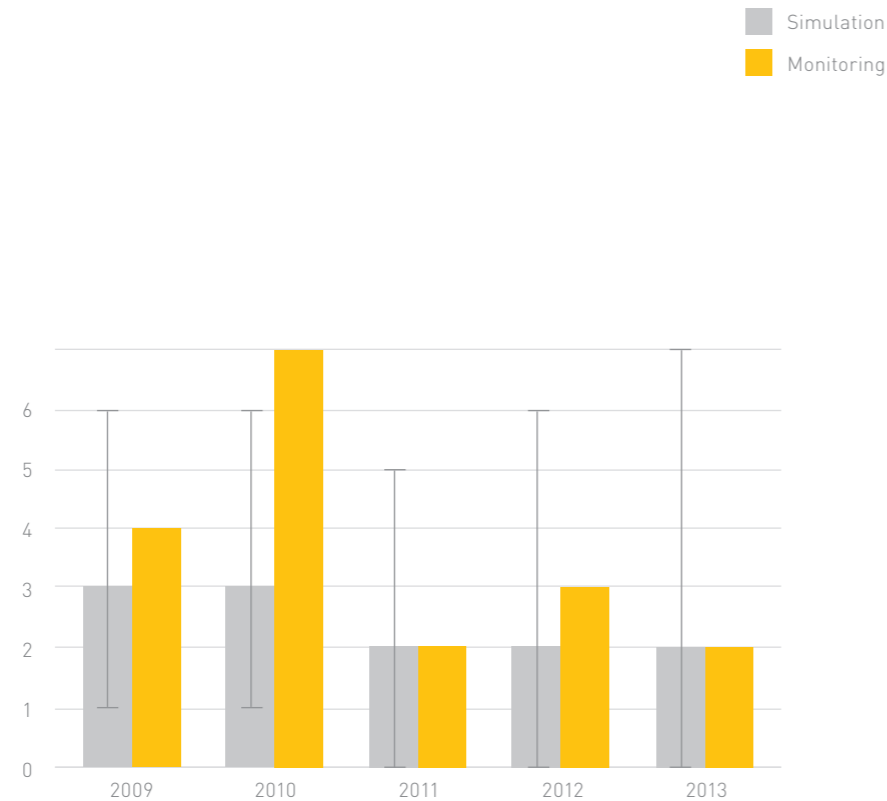


Abb. 4

Anzahl der infizierten Weingärten pro Jahr in Tieschen: Ergebnisse des Simulationsmodells (grau) und Ergebnisse des Monitorings (gelb). Die Fehlerbalken zeigen das 2,5 und das 97,5 Perzentil.

Für jede Testgemeinde wurden drei verschiedene Ausgangsszenarien mit jeweils variierender Intensität des Krankheitsbefalls innerhalb des anfänglich infizierten Weingartens, sowie variierender Größe der anfänglichen Zikadenpopulation betrachtet und es wurden für jede Testgemeinde und jedes Ausgangsszenario vier verschiedene praxisrelevante Strategien für den Insektizideinsatz untersucht. Diese unterschieden sich in der Anzahl der Behandlungen und den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln.

Das Modell wurde mithilfe realer Ausbruchdaten kalibriert. Die Simulationsergebnisse zeigen die Notwendigkeit des Einsatzes effektiver, der Region angepassten Bekämpfungsmaßnahmen, sowie das Gefahrenpotenzial von Lauben als Krankheitsreservoir. Außerdem wird gezeigt, dass die Früherkennung der Krankheit und ein permanentes Monitoring der Vektorpopulation für die Kontrolle der Krankheitsausbreitung eine entscheidende Rolle spielen. Eine wissenschaftliche Publikation zu diesem Projektteil ist in Vorbereitung.

Abb. 4 vergleicht die Ergebnisse der Modellsimulation mit den tatsächlich beobachteten Monitoringdaten. Die verhältnismäßig hohe Anzahl befallener Weingärten im Monitoringjahr 2010 erklärt sich mit dem späten Ausbruch (Ende September 2009). Aufgrund der fortgeschrittenen Saison wurden 2009 nicht alle Befallsherde erkannt und entfernt, sondern erst im Folgejahr 2010. 2011 bis 2013 stimmen die im Modell prognostizierten und die tatsächlich beobachteten Ausbrüche weitgehend überein.

Verwendung der Ergebnisse in einem ökonomischen Modell

Die Bekämpfungsmaßnahmen sind mit erheblichen Kosten verbunden und haben daher eine hohe ökonomische Relevanz für den Weinbau. Im Rahmen des Projekts wurde eine überregionale Input-Output-Analyse (IOA) angewendet, um die Kontrollkosten, Bruttowertschöpfung und die potenziellen Verluste in der Süd- und Südoststeiermark zu bestimmen. Basierend auf den vorhandenen Daten und den Ergebnissen des Ausbreitungsmodells wurden insgesamt acht Szenarien untersucht.

Für einen Zeitraum von zehn Jahren variieren die wirtschaftlichen Auswirkungen ausgewählter Maßnahmenzenarien als Reaktion auf verschiedene Befallsszenarien von null bis über fünf Millionen Euro. Darüber hinaus werden für jedes der Szenarien positive wirtschaftliche Auswirkungen in Bezug auf die aus den Kontrollkosten resultierende Wertschöpfung festgestellt. Die Szenarien zeigen, dass im Falle von lokal begrenzten Krankheitsausbrüchen potenzielle volkswirtschaftliche Schäden kaum auftreten. Die Fälle, die zu hohen Verlusten führen, stehen beide im Zusammenhang mit schweren Ausbrüchen (Rodung ganzer Weingärten, hohe Zikadendichte). Ein schwerer Ausbruch in einer Gemeinde des Typs Tieschen (viele Wildpflanzen in Hecken und Lauben) erfordert eine Kontrollstrategie, die diese potenziellen Quellen mit einschließt. vgl. Abb. 5, Szenarien 3 und 7

In Fällen, in denen Ausbrüche auf Einzelstöcke beschränkt bleiben und in Gemeinden vom Typ Glanz (begrenzte Anzahl von Wildpflanzen), sind Pflanzenschutzstrategien, die auch die Lauben einschließen,

Ökonomische Szenarien	1	2	3	4	5	6	7	8
Erstausbruch in einer Gemeinde	Tieschen	Tieschen	Tieschen	Tieschen	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz
Stärke des Ausbruchs (im 1. Jahr)	stark	begrenzt	stark	begrenzt	stark	begrenzt	stark	begrenzt

Typ Tieschen: Gemeinden mit vielen Kleinflächen, Hecken, Lauben (unbehandelt bzw. mit Wildreben)
 Typ Glanz: Gemeinden mit geringer Anzahl an Kleinflächen, Hecken, Lauben (unbehandelt bzw. mit Wildreben)
 stark: 90% infizierte Pflanzen auf Erstausbruchsfläche; S.titanus in 60% der Kleinflächen und 10% der Weingärten;
 begrenzt: 3 befallene Weinstöcke auf Erstausbruchsfläche; S.titanus in 10% der Kleinflächen

Stärke der durchgeführten Maßnahmen

Befallsgemeinde	A	A	A	A	A	A	C	C
Andere Gemeinden desselben Typs	B	B	C	C	C	C	C	C
Gemeinden des anderen Typs	C	C	C	C	B	B	C	C

A) Pflanzenschutzmaßnahmen gegen Larven und Adulte in Weingärten und Kleinflächen (Lauben/Hecken...)
 B) wie A, jedoch ohne Adultbehandlung
 C) wie A, jedoch ohne Adultbehandlung und ohne Kleinflächen

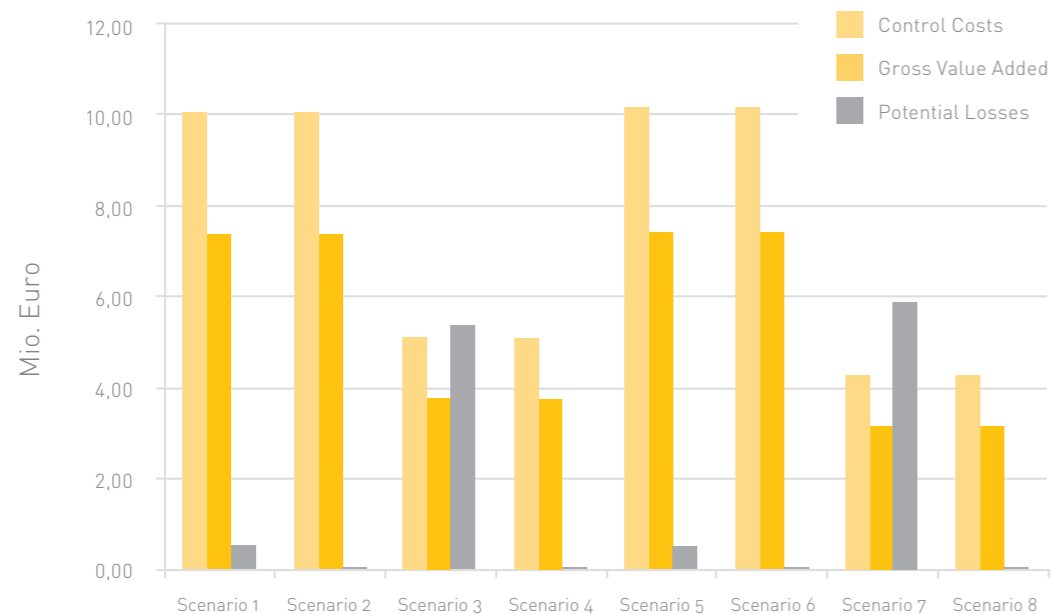


Abb. 5

Anwendung der Ergebnisse des lokalen Ausbreitungsmodells in einer ökonomischen Input-Output-Analyse. Darstellung der Kontrollkosten, Bruttowertschöpfung und der potenziellen Verluste für den Zeitraum von 2009–2018, in Abhängigkeit verschiedener Ausgangsszenarien.

ökonomisch nicht vertretbar. In Gemeinden vom Typ Glanz sind intensive Maßnahmen (mit Behandlungen gegen Larven und Adulte) nur in Fällen von schweren Ausbrüchen (mit Rodungen ganzer Weingärten und hoher Zikadendichte) in der Gemeinde, in der der Ausbruch erfolgt, notwendig.

Praktische Anwendbarkeit der Projektergebnisse

Das Projekt entwickelte eine wissenschaftliche Grundlage zum Verständnis der verschiedenen Faktoren, die für die lokale Ausbreitung von GFD in einem Weinbaugebiet von Bedeutung sind. In verschiedenen Szenarien wurden die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den beiden Weinbaugebieten der Südost- und Südsteiermark berücksichtigt (Topografie, Größe der Weinflächen, das Vorhandensein von Weinlauben). Hinsichtlich der Intensität der Maßnahmen wurden verschiedene intensive Szenarien getestet. Bei einem Ausbruch können die optimalen, der Region angepassten Maßnahmen in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit getroffen werden.

Die für die Auswahl der Maßnahmen wichtigsten Faktoren sind die Stärke des Ausbruchs, die Dichte von Lauben und Hecken im Gebiet (als Reservoir für den Vektor und die Krankheit) und die Geschwindigkeit, mit der Bekämpfungsmaßnahmen angewandt werden.

Auf der Grundlage dieser drei Risikofaktoren lassen sich folgende wesentliche Schlussfolgerungen des Projekts ableiten:

1. Ein intensives Überwachungsprogramm gekoppelt mit einem zunehmenden öffentlichem Bewusstsein erhöhen die Chance auf Früherkennung von GFD-Ausbrüchen und Vektorpopulationen in Weingärten und/oder -Lauben.
2. Regelmäßige Überprüfungen von latenten Infektionen in Lauben und Hecken mittels Labortests verringern das Risiko eines schnellen Anstiegs der infizierten Vektorpopulation.
3. Vektorkontrollstrategien werden durch die Überwachung und Kontrolle der Larvenpopulation im Gebiet entscheidend verbessert. In Gemeinden mit hoher Lauben- und Heckendichte sollten diese in die Kontrollen mit einbezogen werden.
4. Empfehlungen für Pflanzenschutzmaßnahmen, die an die örtlichen Gegebenheiten angepasst sind, erzielen den bestmöglichen Effekt hinsichtlich Eindämmung und Kosteneffizienz.

Sowohl das Ausbreitungs- als auch das ökonomische Modell sind generisch und können (bei Vorhandensein entsprechender Daten) auch für andere österreichische und europäische Weinbaugebiete verwendet werden. Darüber hinaus können die daraus gewonnenen Ergebnisse direkt als wissenschaftliche Grundlage für die Auswahl der in den jeweiligen Landesverordnungen geregelten phytosanitären Maßnahmen genutzt werden. Dadurch wird der Betriebsmitteleinsatz der WinzerInnen optimiert und durch die an das tatsächliche Risikopotenzial angepassten Pflanzenschutzmittelbehandlungen ein wesentlicher Beitrag zu einem umweltschonenden Einsatz dieser Ressourcen ermöglicht.

Robert Steffek

Projektleitung



Priv.-Doz. Dr. **Barbara Amon**

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Institut für Bodenforschung

Beteiligte Institutionen



- AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien
- Landeslandwirtschaftskammer für Niederösterreich
- Umweltbundesamt
- ISIS – Institut für Systemwissenschaften, Innovations- & Nachhaltigkeitsforschung, Universität Graz
- BOKU – Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Waldbau
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald
- Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein

Gute Gründe für das Projekt



- Maßnahmen zur Steigerung der Stickstoffeffizienz und Vermeidung von Umweltbelastungen werden ganzheitlich bewertet und gemeinsam von einem trans- und interdisziplinär zusammengesetzten Team erarbeitet.
- FarmCLIM verfolgt einen positiven und konstruktiven Ansatz und intensiviert die Kommunikation zwischen den beteiligten AkteurlInnen.
- Die Modellierung von N₂O-Emissionen in zwei österreichischen Modellregionen liefert genaue Daten, die mit der derzeitigen nationalen Auflösung nicht erreicht werden können.

FarmCLIM

Verbesserung der Klimateffizienz landwirtschaftlicher Verfahren durch bessere N-Ausnutzung und Minderung der Treibhausgasemissionen

Die Landwirtschaft hat die wichtige Aufgabe, qualitativ hochwertige Futtermittel, Lebensmittel und Biomasse zu produzieren. Dabei soll das Produktionsniveau hoch sein und die Umweltbelastung gering gehalten werden. Voraussetzungen sind unter anderem die Vermeidung negativer Umwelteffekte und die Steigerung der Effizienz der Stickstoffausnutzung. Unter dem Stichwort *Nachhaltige Intensivierung* müssen standortangepasste Konzepte entwickelt werden, die die Produktivität des jeweiligen Standortes optimal ausnutzen und gleichzeitig Verluste vermeiden.

Dies erfordert ein grundsätzliches Verständnis der Prozesse innerhalb landwirtschaftlicher Aktivitäten, die zur Emission von reaktivem Stickstoff (chemisch in Verbindungen fixiertem Stickstoff) und klimarelevanten Gasen führen.. Dabei ist es unerlässlich, die gesamte Verfahrenskette vom Stall über die Lagerung der Wirtschaftsdünger bis hin zur Düngung der Kulturpflanzen im Blick zu haben.

FarmCLIM bearbeitet die Problemstellung in einem ganzheitlichen Ansatz. Ein Konsortium aus VertreterInnen von Wissenschaft, Umweltberichterstattung, praxisnaher Forschungseinrichtungen sowie der Landwirtschaftskammer trägt in einem inter- und transdisziplinären Ansatz zu den Projektzielen bei.

Stickstoff

Global gesehen haben menschliche Aktivitäten die Menge an reaktivem Stickstoff in der Umwelt verdoppelt. Diese Verdoppelung ist zu einem großen Teil auf die Herstellung von mineralischem Stickstoffdünger, auf Verbrennen fossiler Energieträger und auf die Zunahme der Tierhaltung zurückzuführen. Die Dynamik der Veränderung im Stickstoffkreislauf variiert weltweit stark je nach Region. Stickstoff überschreitet auch geopolitische Grenzen und trägt zu Gesundheitsproblemen, Klimawandel und dem Verlust

von Ökosystemdienstleistungen wie beispielsweise der Biodiversität bei. Veränderungen von Ökosystemen können beobachtet werden: schädliches Algenwachstum, Sauerstoffmangel in Gewässern, Fischsterben und das Aussterben von Pflanzenarten.

Dabei ist Stickstoff essentiell für die Erzeugung von Lebensmitteln, Futtermitteln und Biomasse und ermöglicht einen konstanten Anstieg der Erträge, welcher angesichts der wachsenden Weltbevölkerung erforderlich ist. Die Steigerung der Stickstoffeffizienz, also die Nutzung von Stickstoff für die Tier- und Pflanzenernährung und die gleichzeitige Vermeidung unkontrollierter Stickstoffverluste, sind eine zentrale Aufgabe künftiger landwirtschaftlicher Produktionsformen.

Klimarelevante Gase

Landwirtschaftliche Aktivitäten tragen zur Emission klimarelevanter Gase bei. Insbesondere sind hier Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) zu nennen. Lachgasemissionen kommen überwiegend aus Böden. Methanemissionen stammen zum größten Teil aus der Wiederkäuerverdauung und Wirtschaftsdüngern. Weltweit wird der Anteil der Landwirtschaft an den klimarelevanten Emissionen auf zehn bis zwölf Prozent geschätzt. In Österreich betrug der Anteil der Landwirtschaft im Jahr 2010 etwa neun Prozent, wobei die Landwirtschaft der einzige Sektor ist, der klimarelevante Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2010 senken konnte.

Verbesserung der Stickstoffeffizienz

Es besteht die Notwendigkeit, den zielgerichteten Einsatz von Stickstoff weiter zu optimieren und Verluste zu vermeiden. Daten der OECD (2008) zeigen, dass die Stickstoffeffizienz in vielen europäischen Staaten während der letzten zwanzig Jahre verbessert wurde. Zu dieser Verbesserung haben viele Faktoren beigetragen wie beispielsweise gesetzliche Rahmenbedingungen, geänderte Tierbesatzdichten oder die Anpassung der Technik zur Wirtschaftsdüngerausbringung. International verpflichtende Regelungen wie beispielsweise die *National Emissions Ceilings Directive* für luftverunreinigende Stoffe oder das Kyoto Protocol für klimarelevante Gase setzen Emissionsobergrenzen fest. Die Aufteilung dieser Obergrenzen auf verschiedene Sektoren sowie das Festlegen konkreter Maßnahmen fallen hingegen in die Verantwortlichkeit der jeweiligen Staaten. Während in den meisten Sektoren in Österreich die Emissionen angestiegen sind oder stagnierten, ist im Sektor Landwirtschaft ein Rückgang der klimarelevanten Emissionen von mehr als elf Prozent in den letzten zwanzig Jahren festzustellen. Ammoniakemissionen nahmen zwischen 1990 und 2010 um drei Prozent ab.

FarmCLIM bearbeitet die Suche nach Optimierungsmöglichkeiten mit einem inter- und transdisziplinären Ansatz. Die Verbesserung der Stickstoffeffizienz und die Reduktion der Emission klimarelevanter Gase sind kontinuierliche Aufgaben. Wissenschaftliche Untersuchungen haben eine ganze Reihe möglicher Maßnahmen für alle Sektoren untersucht, deren Umsetzung jedoch häufig an verschiedenen Barrieren scheitert. Pete Smith (University of Aberdeen) und Mitautoren kommen in ihren 2007 und 2008 veröffentlichten Stu-

dien zu dem Schluss, dass ökonomische Rahmenbedingungen dazu führen, dass nur etwa 35 Prozent des biophysikalischen Potenzials zur Reduktion klimarelevanter Emissionen aus der Landwirtschaft umgesetzt werden können.

Trotz des bereits erreichten Erfolgs in Österreich – Senkung der Treibhausgasemissionen im Bereich Landwirtschaft – werden zusätzliche Maßnahmen weiterhin für notwendig und möglich erachtet. Gleichzeitig muss die Landwirtschaft einen steigenden Bedarf an Lebensmitteln, Futtermitteln und Biomasse decken. Deshalb ist der Erhalt und – wenn möglich – Ausbau des Produktionsniveaus ebenfalls ein zentrales Anliegen. Die Einführung möglicher emissionsmindernder Maßnahmen darf nicht zu einer Verlagerung der Produktion in Länder führen, die weniger strenge Umweltauflagen haben. Zahlreiche Studien schlagen auf einem hohen Abstraktionsniveau optimierende Maßnahmen vor.

Die Umsetzung von Maßnahmen in die Landwirtschaft wird häufig behindert durch einen Konflikt divergierender Interessen, mangelnder Praxisnähe und/oder mit der Implementierung verbundene Kosten, sodass eine Lücke zwischen theoretisch verfügbaren Maßnahmen und deren Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis entsteht.

Aspekte von Umweltschutz, ökonomischer Rentabilität, steigender Nachfrage und gesetzlicher Auflagen müssen miteinander in Einklang gebracht werden.

Dies ist ein komplexer Prozess, der nicht allein durch weitere Forschung und Untersuchen von Maßnahmen gelingen kann. Vielmehr ist ein intensiver Kommunikationsprozess aller beteiligten AkteurInnen die Grundlage, um den in Österreich erfolgreich begonnenen Weg weiterzuführen.

FarmCLIM hat diesen Kommunikationsprozess als wesentlichen Projektbestandteil integriert. Während in zahlreichen rein wissenschaftlich orientierten Forschungsprojekten lediglich die Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse am Ende des Projekts erfolgt, findet in FarmCLIM bereits von Projektbeginn an eine Kommunikation aller Beteiligten auf Augenhöhe statt. Dies führt zur Integration unterschiedlicher Sichtweisen, Kompetenzen und Schwerpunkte und trägt damit der Komplexität der Thematik Rechnung.

Projektstruktur von FarmCLIM

Abb 1 zeigt die Projektstruktur von FarmCLIM und die intensive Interaktion zwischen den Arbeitspaketen. Arbeitspaket 2 „Stickstoff und Treibhausgase in der Tierhaltung“ erarbeitet mögliche Optimierungsansätze im Bereich der Tierhaltung und prüft auch das aktuelle Emissionsinventar auf Verbesserungsmöglichkeiten. In Arbeitspaket 3 „Stickstoff und Treibhausgase in der Pflanzenproduktion“ werden regionale Ertragsdaten von verschiedenen Feldversuchen mit Daten aus der offiziellen Statistik und mit OECD-Daten zur Stickstoffbilanz verglichen.

Weiters wird analysiert, ob im Bereich Düngung Optimierungsmaßnahmen möglich sind. Darüber hinaus werden in AP3 Änderungen in der Fruchtfolge analysiert und ob dadurch der Bedarf an mineralischer Stickstoffdüngung optimiert werden kann. Arbeitspaket 4 „Modellierung von N₂O-Emissionen aus österreichischen Böden“ hat zwei Modellregionen definiert und bereitet für diese eine Datenbasis vor, mit der regional spezifische N₂O-Emissionsfaktoren berechnet werden können.

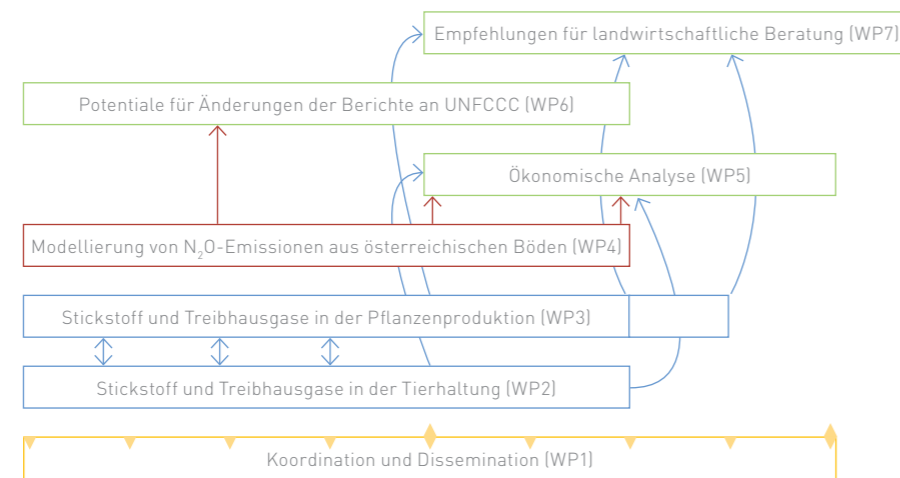


Abb. 1

Projektstruktur von FarmCLIM während der 24-monatigen Projektdauer. Dreiecke kennzeichnen Projekttreffen, Rhomboide stehen für den Workshop am Ende des ersten Projektjahres und den Stakeholder-Workshop am Ende des Projekts. Die Pfeile zeigen die Interaktionen zwischen den Arbeitspaketen.

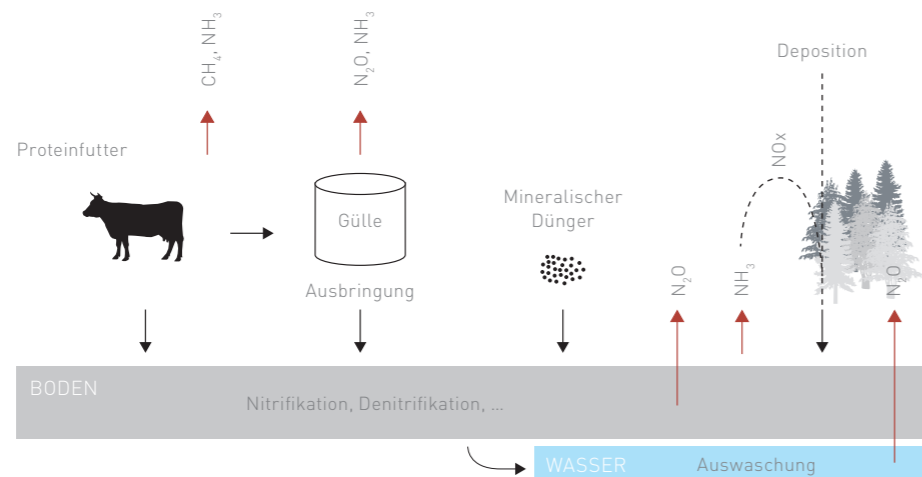


Abb. 2

Verlustquellen für NH_3 , CH_4 und N_2O aus landwirtschaftlichen Prozessen

Arbeitspaket 5 „Ökonomische Analyse“ wird die ökonomischen Auswirkungen möglicher Optimierungsansätze analysieren. Arbeitspaket 6 widmet sich der detaillierten Analyse des aktuellen Emissionsinventars und schlägt Maßnahmen vor, die zur Verbesserung des Inventars und Reduktion der Unsicherheiten geeignet sind. Parallel wird der Übergang zur Berichterstattung nach den IPCC 2006 Richtlinien vorbereitet. Arbeitspaket 7 widmet sich abschließend der Erarbeitung von Grundlagen, die nach Abschluss des Projekts als Basis verwendet werden können, auf der eine landwirtschaftliche Beratung aufbauen kann.

Ausblick auf den weiteren Projektverlauf

Das Projekt FarmCLIM ist durch eine hohe Motivation aller Beteiligten gekennzeichnet. Bislang fanden fünf Projekttreffen statt, zu der alle PartnerInnen jeweils vollzählig erschienen und umfangreiche Beiträge lieferten. Eine positive und konstruktive Diskussionskultur stärkt das Verständnis füreinander und führt zu neuen Sichtweisen und Erkenntnissen. Die Arbeitspakete „Tierhaltung“ und „Pflanzenbau“ kristallisierten mögliche Maßnahmen heraus, die im weiteren Projektverlauf intensiv beleuchtet und bewertet werden müssen. Dem Arbeitspaket „Ökonomie“ wurden bereits Daten für die Bewertung der ökonomischen Auswertung zur Verfügung gestellt. Die Arbeitspakete „ N_2O -Emissionen aus Böden“ und „Emissionsinventar“ arbeiten eng zusammen. Die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 2 bis 6 werden im zweiten Projektjahr in Arbeitspaket 7 zusammengefasst und aufbereitet. Gleichzeitig wird der inter- und transdisziplinäre Ansatz von FarmClim eng mit internationalen Arbeiten verknüpft. Dies wird durch die aktive Mitarbeit von FarmCLIM-PartnerInnen in entsprechenden Arbeitsgruppen möglich.

Der Ansatz der nachhaltigen Intensivierung und Verbesserung der Stickstoffeffizienz kann auch für Aktivitäten in anderen Ländern eine Richtschnur sein, da diese Problematik einer nationalen und einer internationalen Lösung bedarf, um die wachsende Nachfrage unter weitgehender Vermeidung von Umweltschäden befriedigen zu können.

Barbara Amon



Projektleitung

Dr. Alois Leidwein

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Bereichsleiter Wissenstransfer & Angewandte Forschung



Beteiligte Institutionen

- ÖVAF – Österr. Vereinigung für Agrar-, Lebens- und Umweltwissenschaftliche Forschung
- BOKU – Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
- LKÖ – Landwirtschaftskammer Österreich
- PLUS – Universität Salzburg, Fachbereich Materialforschung & Physik
- AMA – Agrarmarkt Austria
- AWI – Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien



Gute Gründe für das Projekt

- Politische Weichenstellungen und globale Ressourcenverknappungen beeinflussen die Ernährungssicherung in Österreich weit stärker als der Klimawandel in und um Österreich.
- Intensivierungs- bzw. Extensivierungsstrategien der österreichischen Landwirtschaft führen unter dem Aspekt „Ernährungssicherung“ zu anderen Ergebnissen als unter dem Aspekt „Umwelt“.
- Ein wesentliches Risiko für die Sicherung der Ernährung ist die Abhängigkeit der Landwirtschaft von fossiler Energie.

Food Security

Klimawandelbedingte Risiken für die Ernährungssicherheit in Österreich

Die Ernährungssicherung (Food Security) stellt eine globale Herausforderung dar, mit der sich die EU und Österreich künftig verstärkt befassen werden.

Der Klimawandel wird das landwirtschaftliche Produktionspotenzial sowohl in Österreich als auch in Regionen, aus denen Österreich Lebens-, Futter- und Betriebsmittel importiert, beeinflussen. Darüber hinaus wird die Versorgung Österreichs mit Lebensmitteln etwa durch die globale Bevölkerungsentwicklung, politische Konflikte, soziale und politische Unruhen in Exportstaaten und durch den global steigenden Wettbewerb um Lebens- und Futtermitteln, Land aber auch Energie und Produktionsmitteln beeinflusst.

Ziel des Projekts ist es, potenzielle Risiken der Ernährungssicherung zu bewerten und deren mögliche Auswirkungen auf Österreich abzuschätzen. Dazu wurde die Situation in Österreich für die Jahre 2030 und 2050 anhand zweier Simulationsmodelle auf Basis von Versorgungsbilanzen analysiert.

Das Projekt beruht auf einer mehrstufigen Risikoanalyse. Im ersten Schritt wurden die Versorgungsbilanzen und Importströme nach Österreich analysiert und die politischen und sozioökonomischen Bedrohungen für Regionen, aus denen Österreich Lebens- und Futtermittel, Energie und andere für die landwirtschaftliche Produktion relevante Betriebsmittel importiert, identifiziert und bewertet. In einem zweiten Schritt wurden die identifizierten Bedrohungen sowie weitere Einflussfaktoren der Versorgungssicherung zu Szenarien zusammengefasst und diese Szenarien (d.h. bestimmte Sets von unterschiedlichen Annahmen) mithilfe von Simulationsmodellen analysiert.

Die klimawandelbedingten Änderungen in den Simulationsmodellen beruhen auf Ertragsprognosen, die mithilfe von Klimamodellen für die betrachteten Produkte erstellt wurden. In die Simulationsmodelle werden auch unterschiedliche agrarpolitische Ausrichtungen, dargestellt in Form von unterschiedlichen Intensitätsgraden (Intensivierung, Extensivierung), eingearbeitet.

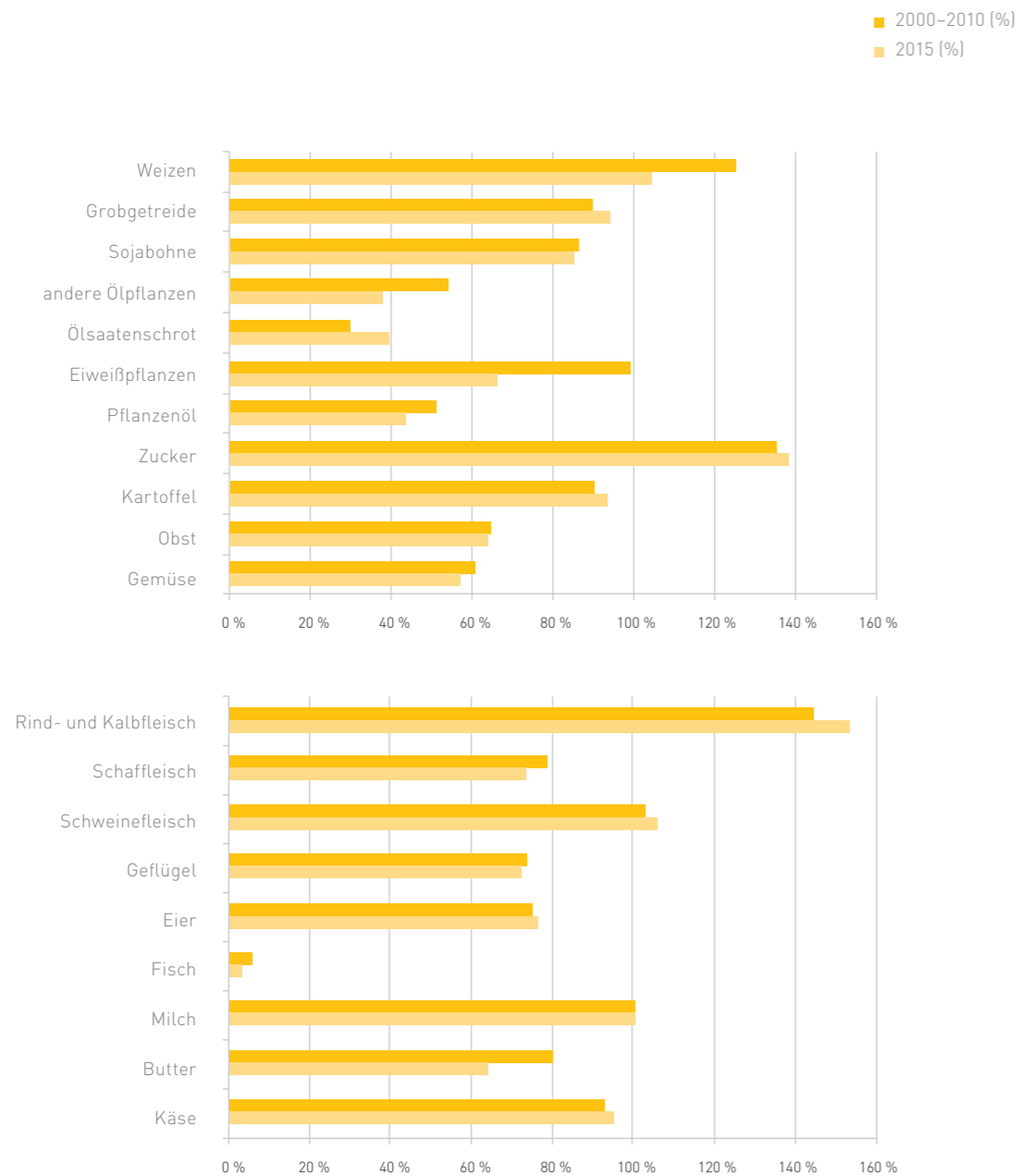


Abb. 1 + 2

Selbstversorgungsgrade in Österreich 2002-2012 und 2015

Selbstversorgungsgrade

Ausgangslage 2000 bis 2010 und 2015

Im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2010 war Österreich bei den meisten Nahrungsmitteln Nettoimporteur; bei Rind- und Kalbfleisch, Zucker, Weizen, Schweinefleisch und Milch hingegen lagen die Selbstversorgungsgrade (SVG) über 100 % (d.h. Nettoexporte). Werte für 2015 wurden mithilfe von Projektionen, die sich am Outlook der OECD orientieren, ermittelt. **Abb. 1 + 2**

Globale Lebensmittelproduktion

Entsprechend der mittleren UN-Prognose wird die Erde im Jahr 2050 rund 9,3 Milliarden Menschen zu ernähren haben. Viele internationalen Studien zeigen, dass das Produktionspotenzial der Erde ausreichen würde, die Menschheit zu ernähren und gleichzeitig auch Flächen für die stoffliche und energetische Nutzung bereitzustellen, wenn es gelingen würde, Ernte-, Logistik- und Lagerverluste zu vermeiden und die schon jetzt bestehenden Ertragspotenziale auszunutzen. **Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ziel erreicht wird, ist allerdings mäßig, da große Produktionspotenziale in gesellschaftlich und politisch instabilen Ländern liegen.**

Importabhängigkeiten Österreichs

Die wichtigsten Importabhängigkeiten und Lieferländer Österreichs in Bezug auf die Ernährungssicherung sind:

Energie:

- Rohöl: Kasachstan, Libyen und Nigeria
- Diesel: EU, wichtigste Vorlieferanten für die EU sind Russland und Venezuela
- Erdgas: Norwegen, Russland

Betriebsmittel:

- Phosphate: Marokko (90%), Syrien und Jordanien
- Kalium: Deutschland, Weißrussland und Russland
- Pflanzenschutzmittel: Wirkstoffe kommen vorwiegend aus China und Indien
- Vitamine, essenzielle Aminosäuren: China, Japan und USA

Lebensmittel:

- Bananen: Costa Rica, Ecuador und Kolumbien
- Gemüse, Kaffee

Futtermittel:

- Sojabohnen: Brasilien, USA und Argentinien

Im Rahmen des Projekts wurden die *Social Resilience* und die *Political Resilience* (zusammengefasst als *National Resilience*) der wichtigsten Lieferländer Österreichs analysiert.

Kalium, Pflanzenschutzmittel, Vitamine und essenzielle Aminosäuren wurden im Folgenden nicht näher berücksichtigt, da Deutschland als größter Kaliumlieferant für Österreich mit großen Kaliumlagerstätten

als zuverlässiger Lieferant eingestuft wurde. Pflanzenschutzmittel, Vitamine und essenzielle Aminosäuren könnten durchaus auch dann in Mitteleuropa wieder kurzfristig industriell produziert werden, wenn Versorgungsströme zusammenbrechen sollten.

Bananen wurden als nicht relevant für die Ernährungssicherung eingestuft. Gemüse kann im Falle von Lieferengpässen durch zusätzlichen Energieaufwand (Gewächshäuser, Bewässerung) auf überschaubarer Fläche in Österreich produziert werden. Die Versorgungssicherung mit Kaffee wurde nicht bewertet.

Aufgrund der National Resilience-Bewertungen wurden die höchsten Risiken für die Ernährungssicherung im Bereich der Rohöl- und Phosphatversorgung sowie für Sojaimporte ermittelt. Österreich bezieht Rohöl vorwiegend aus Kasachstan, Libyen bzw. Nigeria und Erdgas aus Norwegen bzw. Russland. Kasachstan und Russland sind aufgrund der gegebenen politischen Systeme als relativ stabile Lieferländer einzustufen. Die politische und sozioökonomische Situation von Libyen und Nigeria ist aber problematisch.

Aufgrund der zunehmenden Nachfrage nach der begrenzten Ressource fossiler Energie ist anzunehmen, dass Energie jedenfalls teurer und damit die relative Wettbewerbsfähigkeit von biogenen Rohstoffen steigen wird. Dies dürfte sich insbesondere auf Mobilitätsenergie (Diesel) auswirken. Hinsichtlich Düngemittel hängt die Stickstoffdüngemittelversorgung gleichfalls von der Versorgungssicherheit des fossilen Energieträgers Erdgas ab. Obwohl die Erdgasversorgung in den nächsten Jahren als stabil angesehen werden kann, ist auch hier mit steigenden Preisen zu rechnen.

Die weltweiten Lagerstätten für Phosphate sind beschränkt. Im Jahre 2050 werden nur mehr wenige Regionen als Exporteure übrig bleiben – darunter Jordanien, Syrien und Marokko. Österreich ist bei Phosphatdüngerimporten auf marokkanische Exporte angewiesen, was durch die monopolartige Stellung des Phosphatanbieters Marokko um das Jahr 2050 eine Herausforderung werden kann. Mangel an Phosphordünger wirkt sich hinsichtlich der Ertragssituation nicht unmittelbar, sondern über Jahre hinweg aus.

Österreich ist in Bezug auf Eiweißfuttermittel auf Sojabohnen- und Sojaschrotimporte angewiesen. Hauptexporteure sind Argentinien, Brasilien und die USA, wobei Brasilien und die USA als verlässliche Exporteure angesehen werden können. Ähnlich wie bei fossilen Energieträgern und Phosphaten ist aber mit einem zunehmenden globalen Wettbewerb um diese Eiweißfuttermittel zu rechnen.

Basierend auf Produktionsdaten, Versorgungsbilanzen und Importströmen wurde ein Baseline-Szenario für die Jahre 2030 und 2050 definiert und der Selbstversorgungsgrad mithilfe zweier Simulationsmodelle berechnet. Hierbei wurde ein technischer Fortschritt, der sich in Ertragssteigerungen widerspiegelt, angenommen. Die Auswirkungen des Klimawandels für die österreichische Landwirtschaft wurden als kulturartenspezifische Ertragsänderung (Hektarertrag) berücksichtigt. Der Klimawandel wird sich in Österreich bei den meisten Kulturen im Schnitt positiv auswirken, die jährlichen regionalen Ernteschwankungen können aber witterungsbedingt stärker ausschlagen. Die erhöhte Nachfrage nach biogenen Rohstoffen wurde je nach Szenario in unterschiedlichem Maß angenommen.

Szenarien

Im Folgenden wurden weitere Szenarien im Sinne der Ernährungssicherung (best case, most probable case und worst case) jeweils für die Jahre 2030 und 2050 definiert.

Die Festlegung der Szenarien erfolgte aufgrund einer ExpertInneneinschätzung basierend auf der Datengrundlage und den Risikoanalysen. Den Szenarienannahmen liegen in unterschiedlichem Ausmaß die beschriebenen Bedrohungen (Klimawandel, erhöhte Nachfrage nach Bioenergie aufgrund einer verringerten Verfügbarkeit von fossiler Energie, eine begrenzte Verfügbarkeit von Phosphordüngern und Eiweißfuttermitteln) zugrunde. Die Bevölkerungsentwicklung in Österreich wurde für die Modellrechnungen gemäß den Projektionen der Statistik Austria mit 9,3 Millionen Menschen im Jahr 2050 angenommen. Es wurde weiters unterstellt, dass die Ernährungsgewohnheiten weitgehend unverändert bleiben.

Baseline-Szenario:

Fortführung gegenwärtiger Entwicklungen, w.o.

Best-Case-Szenario:


Die österreichische Agrarpolitik setzt auf nachhaltige Intensivierung (+1 % jährlicher technischer Fortschritt), der Import von Produktionsmitteln ist nur wenig beschränkt. Die Nachfrage nach biogenen Rohstoffen (energetische stoffliche Nutzung) steigt auf 10 % der entsprechenden Fläche.

Most-Probable-Case-Szenario:

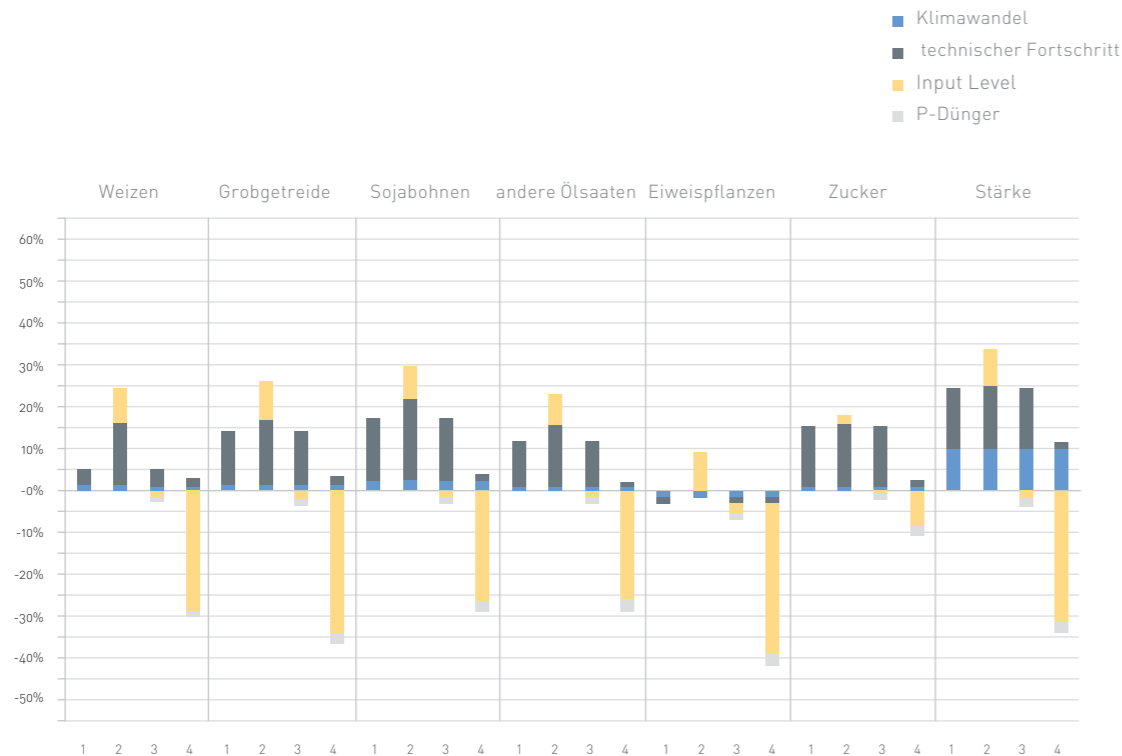
Die österreichische Agrarpolitik bewegt sich entlang der gegenwärtigen politischen Diskussion und stellt ein Fortschreiben der gegenwärtigen Entwicklung dar. Die Nachfrage nach biogenen Rohstoffen für stoffliche und energetische Nutzung steigt mittelmäßig. Es sind Versorgungsengepässe bei Eiweißfuttermitteln (-10 % Importe) gegeben, rund 50 % der potentiellen Ertragsrückgänge aufgrund eines Phosphormangels werden realisiert. Die Nachfrage nach biogenen Rohstoffen (energetische stoffliche Nutzung) steigt auf 12 % der entsprechenden Fläche.

Worst-Case-Szenario:

Die österreichische Agrarpolitik setzt auf eine vollkommene Extensivierung (Ertragsniveau im Schnitt rund -30 %), gleichzeitig treten Versorgungsprobleme bei Phosphatdüngern (Importe fallen weg) und Eiweißfuttermitteln auf, aufgrund der hohen Energiepreise steigt die Nachfrage nach Bioenergie stark und unkontrollierbar (40 % der entsprechenden Fläche).

Die szenarien- und zeitbezogenen Erträge sind das Ergebnis einer mehrstufigen Berechnung, in dem die Annahme zum Einfluss des Klimawandels, zu technologischem Fortschritt, zum Intensitätsniveau und zum Rückgang der Phosphordüngung zum Tragen kommen. Dadurch decken die Ertragsniveaus in den einzelnen Szenarien eine große Bandbreite ab. Beispielsweise steigen gegenüber dem Jahr 2015 die Erträge bei Weizen im Best-Case-Szenario im Jahr 2050 im Mittel um 47 % und sinken im Worst-Case-Szenario um 28 %. Das Most-Probable-Case-Szenario unterscheidet sich vom Baseline-Szenario nur geringfügig. 

2030
verglichen
mit 2015
[%]



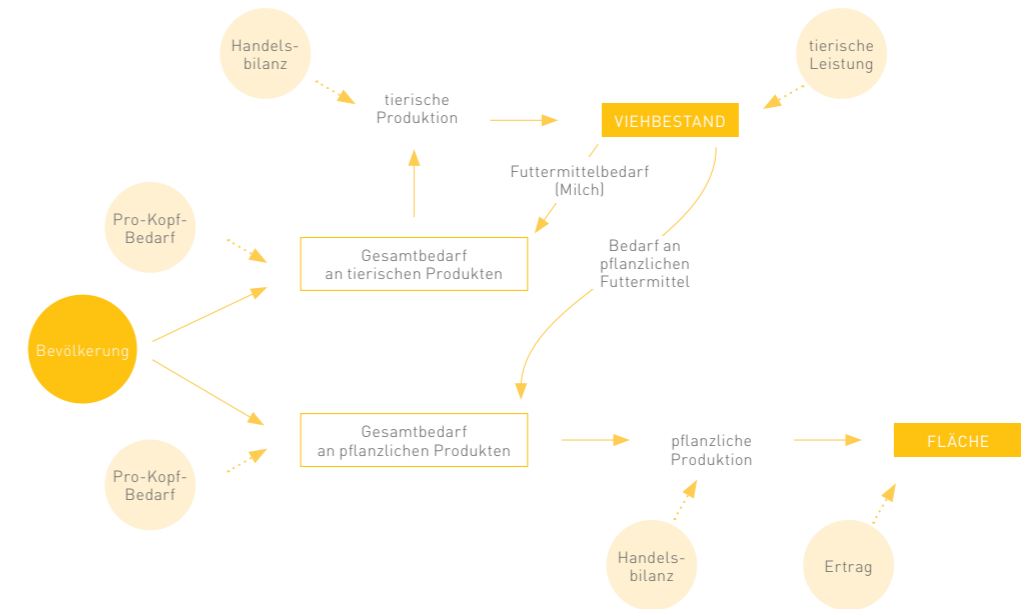
2050
verglichen
mit 2015
[%]



Abb. 3 und 4

Änderung der landwirtschaftlichen Erträge nach Szenario und Ursache.

1 = Baseline-Szenario, 2 = Best-Case-Szenario, 3 = Most-Probable-Case-Szenario, 4 = Worst-Case-Szenario



MODELL 1

Ermittlung des inländischen Produktionsniveaus bei gegebenem Konsum und Außenhandel: Darstellung des zusätzlichen Flächenbedarfs.

Das Modell 1 analysiert den Einfluss von (gegebenen) Änderungen im Lebensmittelverbrauch und Außenhandel auf die Produktion. Der Selbstversorgungsgrad wird de facto konstant gehalten. Das führt dazu, dass es im schlimmsten Fall unter der Annahme gegebener Handelsbilanzen zu relativ hohen Flächenansprüchen kommt, um die notwendige Produktion sicherzustellen. Letzten Endes müssen solche im Inland in der Realität nicht verfügbare Flächen als Flächenexport in Schwellen- und Entwicklungsländer interpretiert werden.

Die Simulationen zeigen, dass im Falle des Best-Case-Szenarios der Flächenverbrauch bis 2050 beispielsweise für die Weizenproduktion um 27 % bzw. für Futtergetreide um 34 % in Österreich bis 2050 sinken

würde. Im Falle des Worst Case-Szenarios würde hingegen der Flächenverbrauch für Weizen um 94 % bzw. für Grobgetreide um 115 % steigen. In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass bei einer Intensivierung (Best-Case-Szenario) der gesamte Flächenverbrauch um rund 240.000 ha gegenüber dem Most-Probable-Case-Szenario und um 129.000 ha gegenüber dem Baseline-Szenario reduziert werden kann. Bei einer Extensivierung steigt der Flächenverbrauch um rund 1.325.000 ha gegenüber dem Baseline-Szenario und um 1.213.000 ha gegenüber dem Most-Probable-Case-Szenario (jeweils Durchschnitt der Simulationsergebnisse). In dem Most-Probable-Case-Szenario, das sich an der gegebenen agrarpolitischen Diskussion orientiert (weitere Extensivierung, Nachfrage nach Bioenergie steigt nur mäßig) erhöht sich der Gesamtflächenbedarf (der im Modell berücksichtigten Produkte) um rund 105.000 ha gegenüber dem Baseline-Szenario und um rund 202.000 ha gegenüber dem Best-Case-Szenario.

		2030 rel. to 2015	2050 rel. to 2015
Weizen	baseline	-3%	-8%
	best-case	-16%	-28%
	most-probable	+6%	+2%
	worst-case	+86%	+90%
Grobgetreide	baseline	-16%	-26%
	best-case	-25%	-35%
	most-probable	-7%	-17%
	worst-case	+101%	+110%

Tabelle 1

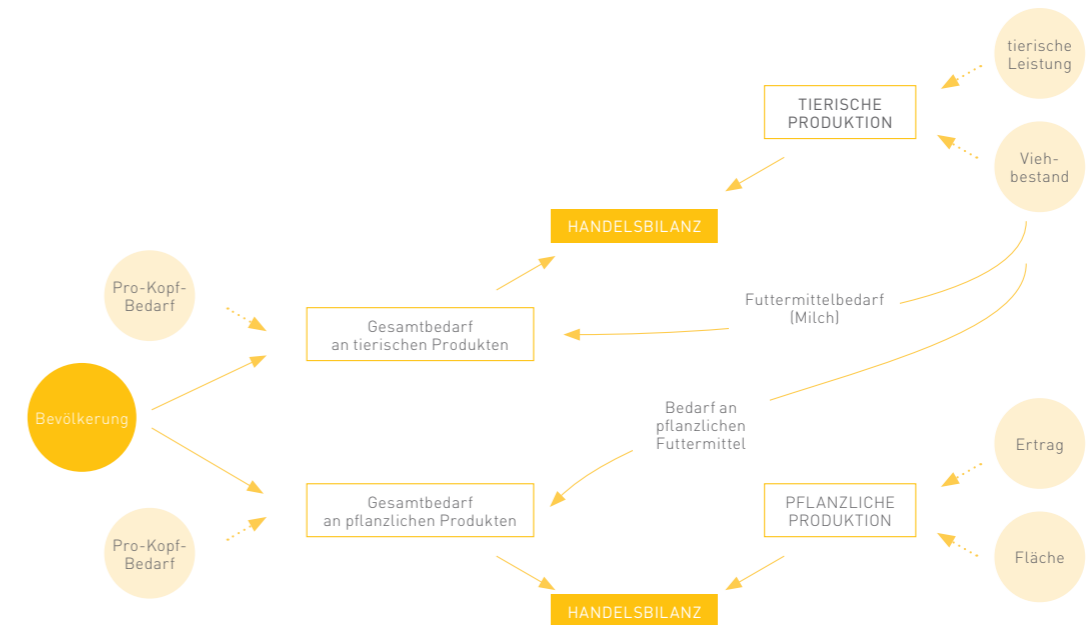
Flächenbedarf der unterschiedlichen Kulturen je Szenario in Modell 1

	2000-2010	diff. to 2015	2015		2030	diff. to 2015	2050	diff. to 2015
Weizen	125%	+21%	105%	baseline	120%	+16%	127%	+22%
				best-case	134%	+30%	157%	+52%
				most-probable	109%	+4%	113%	+8%
				worst-case	61%	-44%	60%	-45%
Grobgetreide	90%	-4%	94%	baseline	112%	+18%	129%	+35%
				best-case	118%	+24%	139%	+45%
				most-probable	102%	+8%	115%	+21%
				worst-case	50%	-44%	49%	-46%
Rind- & Kalbfleisch	144%	-9%	153%	baseline/most prob.	141%	-12%	138%	-15%
				best-case	154%	+1%	152%	-1%
				worst-case	127%	-26%	125%	-28%
				baseline/most prob.	102%	-4%	100%	-5%
Schweinefleisch	103%	-3%	105%	best-case	112%	+6%	110%	+4%
				worst-case	92%	-14%	90%	-15%
				baseline/most prob.	97%	-3%	95%	-5%
				best-case	106%	+6%	105%	+5%
Rohmilch	100%	0%	100%	worst-case	87%	-13%	86%	-14%

Tabelle 2+3

Selbstversorgungsgrad pflanzlicher Produkte (Modell 2) und tierischer Produkte (Modell 2)

Anmerkungen Tab 1-3: Die Tabelleneinträge entsprechen den Mittelwerten für die Jahre 2000–2010 sowie den Mittelwerten aus den Monte-Carlo-Simulationen für 2030 und 2050.



MODELL 2

Ermittlung des Selbstversorgungsgrades bei gegebener Flächenausstattung.

In Modell 2 werden die Auswirkungen von Änderungen in Verbrauch und Produktion auf den Handel analysiert. Dazu wird anstelle der Handelsbilanzen die Produktion (Flächenangebot) als gegeben angenommen.

Die Modellparameter wirken sich in diesem Modell direkt auf die SVGs aus und führen 2030 und 2050 zu beträchtlichen Änderungen gegenüber 2015. Insgesamt zeigen die Szenarien eine große Bandbreite an möglichen Werten der SVGs auf, wobei sich die höchsten SVGs im Best-Case-Szenario und die niedrigsten im Worst-Case-Szenario ergeben. Bezogen auf die pflanzliche Produktion liegen im Best-Case-Szenario die SVGs von Getreide, Stärkepflanzen, Zucker und Soja über 100%. Bei den tierischen Produkten trifft dies auf Rind- und Kalbfleisch, Schweinefleisch,

Rohmilch und Käse zu. Hingegen liegen mit Ausnahme von Rind- und Kalbfleisch im Worst-Case-Szenario die SVGs bei allen Produkten unter 100%, was einen Importbedarf und mögliche zukünftige Importabhängigkeiten bei Produkten impliziert, bei denen solche Abhängigkeiten bisher (2000–2010) nicht bestanden haben (z.B. bei Zucker, Weizen, Schweinefleisch oder Milch).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die Simulationsergebnisse keine Prognosen für 2030 und 2050 darstellen, sondern lediglich Änderungen von bestimmten Positionen der Versorgungsbilanzen zeigen, wenn die zugrunde gelegten Annahmen getroffen werden.

Alois Leidwein

Alle geförderten Projekte im Überblick

CLIMSOIL

Projektleitung	Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie, Wien
Kontakt	A.o.Prof. Dipl.Ing. Dr. Josef Eitzinger ; josef.eitzinger@boku.ac.at
Partner	Landwirtschaftliches Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein Bundesanstalt für Wasserwirtschaft Bio Forschung Austria AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 1. Ausschreibung
Dauer	1.1.2010 –1.1.2013
Budget	€ 290.630,00
Fördersumme	€ 236.642,00

ADA AgroDroughtAustria

Projektleitung	Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie, Wien
Kontakt	A.o.Prof. Dipl.Ing. Dr. Josef Eitzinger ; josef.eitzinger@boku.ac.at
Partner	Bundesanstalt für Wasserwirtschaft ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie Global Change Research Centre AS CR v.v.i.(CZ) National Drought Mitigation Center (USA)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 5. Ausschreibung
Dauer	1.3.2013 –1.3.2016
Budget	€ 377.525,00
Fördersumme	€ 299.806,00

ACC AustrianCarbonCalculator

Projektleitung	Umweltbundesamt GmbH, Abteilung Landnutzung und Biologische Sicherheit
Koordinator	Mag. Katrin Sedy ; katrin.sedy@umweltbundesamt.at
Partner	AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (Dr. Heide Spiegel) UFZ – Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Leipzig (Dr. Uwe Franko, Ralf Gründling) Bodenschutzberatung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich (DI Franz Hölzl) Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien (Dr Herbert Formayer) Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (DI Claudia Preinstorfer)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 4. Ausschreibung
Dauer	27.3.2012 –27.3.2015
Budget	€ 311.516,00
Fördersumme	€ 278.360,00

VitisClim

Projektleitung	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherung, Geschäftsfeld Ernährungssicherung
Kontakt	DI Robert Steffek ; robert.steffek@ages.at
Partner	AGES – Geschäftsfeld Ernährungssicherung (Mag. G. Strauss, Mag. H. Reisenzein, DI Th. Leichtfried) AGES – Fachbereich Daten, Statistik & Integrative Risikobewertung (Dr. I. Kopacka, Dr. J. Hofrichter, DI M. Schwarz) Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung Land- und Forstwirtschaft (DI J. Pusterhofer, Dr. J. Blaha, Ing. R. Biedermann, W. Renner) Steiermärkische Landwirtschaftskammer Weinbauabteilung (Ing. J.Klement, Ing. W. Luttenberger) Economica, Institute of Economic Research (Dr. A. Welzl, Dr. A. Kleissner, Dr. R. Alt)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 2. Ausschreibung
Dauer	1.4.2012 –1.5.2014
Budget	€ 194.039,00
Fördersumme	€ 138.760,00

FarmClim

Projektleitung	Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur
Kontakt	Priv.Doz.Dr. Barbara Amon ; barbara.amon@boku.ac.at, bamon@atb-potsdam.de
Partner	AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit; Landwirtschaftskammer NÖ; Umweltbundesamt; Universität Graz, Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung; Universität für Bodenkultur, Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften; Bundesforschungszentrum für Wald; Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 4. Ausschreibung
Dauer	1.5.2012 –1.5.2014
Budget	€ 318.498,00
Fördersumme	€ 301.905,00

FoodSecurity

Projektleitung	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Kontakt	DDr. Alois Leidwein ; alois.leidwein@ages.at
Partner	Österreichische Vereinigung für Agrar-, Lebens- und Umweltwissenschaftliche Forschung; Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie; Landwirtschaftskammer Österreich; Agrarmarkt Austria; Bundesanstalt für Agrarwissenschaft Wien
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austria Climate Research Programme, 3. Ausschreibung
Dauer	1.7.2011 –1.7.2014
Budget	€ 223.077,00
Fördersumme	€ 186.526,00

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 Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Druck

Druckerei Gugler (www.gugler.at)

Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

Gestaltung

Studio Deluxe (www.studiodeluxe.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



