

**ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-
VETERINÄR- UND AGRARWESEN**



**„KI als Wegbereiter für Effizienz und Nachhaltigkeit entlang der
landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette“**



Tagungsbericht 2024

BERICHT

ALVA – Jahrestagung 2024

„KI als Wegbereiter für Effizienz und Nachhaltigkeit entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette“

27. - 28. Mai 2024

Tagungsort

Hotel Heffterhof Salzburg
Maria-Cebotari-Straße 1-7,
5020 Salzburg 05

www.heffterhof.at

Impressum

Herausgeber

Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen

Präsident

Univ.-Doz. Dr. Gerhard Bedlan

Für den Inhalt verantwortlich

Die Autorinnen und Autoren

Zusammengestellt von

Mag. Astrid Plenk

ISSN 2791-5107 (online-Ausgabe)

VORWORT

Das Tagungsmotto der 78. ALVA-Tagung lautet „KI als Wegbereiter für Effizienz und Nachhaltigkeit entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette“.

Die künstliche Intelligenz in der Land- und Forstwirtschaft erweist sich als entscheidender Faktor zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Herausforderungen.

Selbstlernende Systeme können gezielte Eingriffe vornehmen, wo sie benötigt werden. Das findet vor allem Anwendung im Bereich des Pflanzenschutzes, wodurch Kosten reduziert und Umweltauswirkungen minimiert werden. So nutzen auch Pflanzenerkennungs-Apps die KI, um Schädlinge oder Krankheiten zu identifizieren. Darüber hinaus wird KI auch zur Steuerung von Präzisionslandwirtschaftsgeräten, wie etwa in der kamerabasierten Steuerung von Hackgeräten, eingesetzt, um Unkraut gezielt zu bekämpfen und dadurch den Einsatz von Herbiziden zu reduzieren.

Ein weiterer Punkt liegt in der Bestimmung optimaler Zeitpunkte für Aussaat und Ernte. Die Fortschritte in den Bereichen Big Data, Robotik, Internet der Dinge sowie der Einsatz kostengünstiger Sensoren, Kameras und Drohnen, ermöglichen diese Entwicklungen.

Auch bei Wettervorhersagen kommen KI-basierte Algorithmen zum Einsatz, die exakte Informationen liefern, um optimale Bedingungen für Aussaat, Pflanzenschutz und Ernte zu bestimmen. Handlungsempfehlungen werden zunehmend durch KI-Systeme generiert, um zum Beispiel effizientere Anbau- und Bewässerungsstrategien zu ermöglichen.

Die anderen Themen der Tagung kommen aber nicht zu kurz. So werden auch folgende Themen in eigenen Sektionen behandelt: innovative Agrartechnik und -produktion, Anwendungsfälle von KI in der Landwirtschaft, Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, nachhaltige Bodenbewirtschaftung, nachhaltiges Nährstoff- und Bodenmanagement, physikalische und-chemische Bodenindikatoren, Obst- und Weinbau, Weinaromatik, neue Herausforderungen im Pflanzenschutz, Klimawandel und vorbeugende Maßnahmen im Pflanzenschutz, Lebensmittel, Tierernährung und Futtermittel.

Abschließend ein herzliches Dankeschön an die Mitglieder des Vorstandes der ALVA, den vielen helfenden Händen für die organisatorische Arbeit, den Autorinnen und Autoren der Beiträge sowie den Sponsoren der Tagung.

HR Univ.-Doz. Dr. phil. Gerhard Bedlan
Präsident der ALVA

Inhaltsverzeichnis

ALVA-FORSCHUNGSPREIS

TRADE-OFFS ZWISCHEN AUSBREITUNGSFÄHIGKEIT UND NISCHENKONKURRENZ VON KOEXISTIERENDEN MIKROORGANISMEN IN DER PHYLLOSPHÄRE VON WEIZEN

Annika Hoffmann, Marina Müller und Carmen Büttner 11

ALVA-FÖRDERPREIS

ENTWICKLUNG EINES HERZHAFTEN SNACKPRODUKTES AUS 85 % NEBENPRODUKTEN AUS DER LEBENSMITTELPRODUKTION

Barbara Spießberger* und Kathrin Heim 16

PLENARVORTRÄGE

DIE RESSORTFORSCHUNG DES BMEL AUF DEM WEG IN DAS KI-ZEITALER NEUE WEGE BEIM AUFBAU VON KOMPETENZ UND INFRASTRUKTUR

Steffen Kecke 21

VORTRÄGE

FLÄCHENSPEZIFISCHE ERTRAGSERFASSUNG IM GRÜNLAND SOWIE IN ACKERFUTTERBESTÄNDEN MITTELS SENSORTECHNIK AM SELBSTFAHRENDEN FELDHÄCKSLER

Maria Schneider, Juliana Macuhová und Stefan Thurner 29

DIGITALE LANDWIRTSCHAFT: TECHNOLOGIEN, WISSENSTRANSFER UND PRAXISANWENDUNGEN AM BEISPIEL VON TERRAZO UND INNOVATION FARM

Stefan Geyer, Peter Prankl, Markus Gansverger 34

EINFLUSS VON UMWELT- UND MANAGEMENTFAKTOREN AUF DIE QUALITÄT VON DAUERWIESENFUTTER

Reinhard Resch 37

SAATGUTMISCHUNGEN FÜR DIE INTENSIVE GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER SICH ÄNDERNDEN KLIMATISCHEN RAHMENBEDINGUNGEN

Samuel Winkler 42

UMWELTWIRKUNGEN BEI DIFFERENZIIERTER GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG

Markus Herndl, Sebastian Wieser und Christian Fritz 46

AUSBREITUNG DES STECHAPFELS UND DIE ZUNEHMENDE GEFAHR DER VERUNREINIGUNG DER ERNTE MIT TROPANALKALOIDEN

Swen Follak, Elisabeth Reiter, Peter Riegler-Nurscher, Michael Treiblmeier, 51

JAPANKÄFER - EIN NEUER SCHÄDLING AUF DEM VORMARSCH

Anna Moyses, Christina Topitschnig 52

ERFAHRUNGEN BEI DER HERSTELLUNG VON TEILWEISE ENTALKOHOLISIERTEN WEINEN MITTELS HYDROPHOBER MEMBRAN

Harald Scheiblhofer, Herbert Schödl, Michael Winkler, Andreas Lobe, Margarete Jäger, Michaela Kiss, Elsa Patzl-Fischerleitner, Christian Philipp 53

KELLERWIRTSCHAFTLICHE CHARAKTERISIERUNG NEUER ROTER PIWI SORTEN

Harald Scheiblhofer, Herbert Schödl, Michael Winkler, Klaus Schmuckenschlager, Sebastian Hediger, Elsa Patzl-Fischerleitner, Christian Philipp 58

NÄHRWERT-KENNZEICHNUNG UND ZUTATENLISTE FÜR WEIN IN DER PRAXIS UMSETZEN

Harald Scheiblhofer, Elsa Patzl-Fischerleitner 63

| | |
|---|-----|
| ENTWICKLUNG EINES HERZHAFTEN SNACKPRODUKTES AUS 85 % NEBENPRODUKTEN AUS DER LEBENSMITTELPRODUKTION | |
| Barbara Spießberger, Kathrin Heim ¹ | 68 |
| TERRAIN AWARE MONOPLOTTING FOR ORTHO UAV IMAGES | |
| Ufuk Can Bicici, Peter Riegler-Nurscher | 72 |
| EPIDEMIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM FELD ZU <i>RAMULARIA MALI</i>, AUSLÖSER DER KLECKSBARTIGEN LENTIZELLENFLECKEN | |
| Stefanie M. Primisser, Maximilian Mick, Sabine Oettl..... | 75 |
| KLIMABEDINGTE VERÄNDERUNGEN IM SCHÄDLINGSAUFTRETEN IN GEMÜSE-/ UND ACKERBAU - UNTERSUCHTE PROGNOSEMODELLE IM RAHMEN DES ACRP-Projektes RIMPEST | |
| Stephan Manhalter, Anna Moyses, Katharina Wechselberger | 80 |
| DO THEY HAVE A CHOICE: GEZIELTER EINSATZ VON <i>METARHIZIUM</i> IM ZUCKERRÜBENFELD GEGEN DEN RÜBENDERBRÜSSLER | |
| Maria Zottele, Chiara Cattani, Michael Brunner, Hermann Strasser..... | 85 |
| LABORVERSUCHE ZUR WIRKSAMKEIT DER ENTOMOPATHOGENEN PILZE <i>METARHIZIUM BRUNNEUM</i> UND <i>METARHIZIUM ROBERTSII</i> AUF DEN RÜBENDERBRÜSSLER <i>ASPROPARTHENIS PUNCTIVENTRIS</i> | |
| Matthias Wernicke, Katharina Wechselberger | 88 |
| MÖGLICHKEITEN ZUR ERKUNDUNG VON TROCKENSTRESS AN STADTBÄUMEN ALS BASIS FÜR EINE BEDARFSGERECHTE BEWÄSSERUNG | |
| Anna Zeiser, Thomas Weninger, Sebastian Rath, Peter Strauss..... | 92 |
| ZEITLICHE ENTWICKLUNG UND AKTUELLE BODENCHARAKTERISTIKA DER ACKERBAULICHEN BÖDEN IM MARCHFELD | |
| Armin Bajraktarevic, Heide Spiegel, Martin H. Gerzabek, Gereon Heller | 97 |
| EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER BEGRÜNUNGEN, BODENBEARBEITUNGS- UND PFLANZENSCHUTZSTRATEGIEN AUF DEN WACHSTUMSVERLAUF UND DIE ERTRAGSLEISTUNG VON KÖRNERMAIS | |
| Stefan Geyer, Peter Prankl, Markus Gansberger, Hans Gnauer | 102 |
| DÜNGUNG MITTELS CULTAN-VERFAHREN - EINE ALTERNATIVE IM ZUCKERRÜBENANBAU? | |
| Gereon Heller, Herbert Eigner..... | 107 |
| ENERGIEEFFIZIENZ DER KÖRNERMAISDÜNGUNG IN EINEM LANGZEITDÜNGUNGSVERSUCH AUF EINEM HOCHERTRAGSSTANDORT IN DER STMK. | |
| Gerhard Moitzi, Johannes Schantl, Manfred Drexler, Walter Jansel, Andreas Lamprecht, Christoph Hödl, Helmut Wagentristsl | 110 |
| HERBSTAUSSAAT VON SOMMERGERSTE - CHANCEN UND RISIKEN | |
| Marlene Gepp, Clemens Flamm, Wolfgang Deix | 115 |
| WINTERWEIZEN AM FELD UND IM LABOR: SORTENMISCHUNGEN UND ORGANISCH HETEROGENES MATERIAL (OHM) IM VERGLEICH ZUR REINSAAT | |
| Clemens Flamm, Silvan Strebel, Margot Visse-Mansiaux..... | 119 |
| TIERINDIVIDUELLE HITZEBELASTUNG BEIM MILCHVIEH - ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER TIERINDIVIDUELLEN ATEMFREQENZ UND DEM TEMPERATUR-FEUCHTE- INDEX BEI MILCHKÜHEN | |
| Sophia Sauter, Dr. Isabella Lorenzini, Sarah Hertle und Dr. Bernhard Haidn | 133 |
| ZUCHTFORTSCHRITT VON MAISHYBRIDEN IN DER ÖSTERREICHISCHEN SORTENWERTPRÜFUNG | |
| Martin Fuchs..... | 137 |

| | |
|---|-----|
| EINFLUSS VON TROCKENHEIT AUF DEN ERTRAG UND DIE WURZELBIOMASSE VON KNAULGRAS-SORTEN | |
| Lukas Gaier, Andreas Klingler, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer | 145 |
| VOPOKI-Projekt: Erkenntnisse aus dem Sortenversuch zur Potentialerhebung von Kichererbsen im Trockengebiet von Österreich | |
| Svenja Bomers, Philipp von Gehren, Elisabeth Reiter, Magdalena Wagner, Nathalie Runge, Sylvia Vogl, Anna Moyses, Astrid Plenk | 149 |
| NACHHALTIGKEIT ALS SORTENMERKMAL | |
| Klemens Mechtler, Clemens Flamm, Philipp Starnberger | 155 |
| REIFEVERZÖGERUNG: Reduktion des Zuckergehalts in den Beeren durch Weinbauliche Maßnahmen | |
| Martin Mehofer, Karel Hanak, Bernhard Schmuckenschlager | 159 |
| Walnussanbau in Österreich: Chancen und Risiken | |
| Mirjam Weißmann, Lothar Wurm | 164 |
| Möglichkeiten und Grenzen der Lagerfäulebekämpfung im biologischen Apfelanbau | |
| Mirjam Weißmann, Lothar Wurm | 167 |
| Inokulation von <i>Starmerella lactis-condensi</i>, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> und Orange Wine Geläger für die Orange Schaumwein Produktion | |
| Karin Mandl, Katrin Neulichedl, Jasmina Suljic, Herbert Schödl, Monika Schilcher, Karin Korntheuer, Manfred Grossmann | 170 |
| Prüfstelle im Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg - Qualitätsgesicherte Weinanalytik | |
| Elsa Patzl-Fischerleitner | 173 |
| | |
| POSTER | |
| Entwicklung eines herzhaften Snackproduktes aus 85 % Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion | |
| Barbara Spießberger, Kathrin Heim | 181 |
| Artenreiche Begrünungen im Weinbau – Projekt Life VineAdapt (Life19 CCA/DE/001224) | |
| Katharina Gassner-Speckmoser, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer | 182 |
| Grünlandregionen in Österreich | |
| Andreas Schaumberger | 187 |
| Reduktion der Anzahl an Behandlungen gegen den echten Rebenmehltau durch Anpassung an die Phänologie der Rebe | |
| Katharina Rößler, Magdalena Waldhör, Christian Redl, Florian Hanousek, Markus Redl | 192 |
| Optimierter biologischer Pflanzenschutz: Charakterisierung indigener entomopathogener <i>Metarhizium</i> Stämme | |
| Maria Felicitas Kofelenz, Maria Zottele, Hermann Strasser | 197 |
| Morphologie und Kultivierung neu auftretender Pilzpathogene im Südtiroler Apfelanbau | |
| Stefanie Primisser, Evi Deltedesco, Sabine Oettl | 199 |
| Der falsche Mehltau an Gartenkresse – ein Problem in der biologischen Saatgutproduktion | |
| Astrid Plenk | 207 |
| „Entwicklung eines Gemüseproduktes aus ungenutzten Bio-Pflanzenabschnittsteilen für die Zielgruppe der 10- bis 14-Jährigen.“ | |
| Alexandra Katschthaler, Kathrin Heim | 209 |

| | |
|---|-----|
| WURZELKONKURRENZ AUF ACKERFLÄCHEN DURCH AGROFORSTANLAGEN | |
| Eva Erhart, Dieter Haas, Marion Bonell und Wilfried Hartl | 213 |
| AUSWIRKUNGEN VON PHOTOVOLTAIK FREIFLÄCHENANLAGEN AUF BÖDEN | |
| Erich Inselebacher | 217 |
| ÖKOBILANZIERUNG BEI LANDWIRTSCHAFTLICHEN PIONIEREN – WEGE DES NACHHALTIGEN MANAGEMENTS | |
| Magdalena Bieber, Hannah Uhl, Stefan Hörtenhuber, Werner Zollitsch, Christoph Rosinger, Katharina Keiblinger, Bernhard Scharf und Gernot Bodner | 222 |
| EINSATZ VON REGIONALEN EIWEIFALTERNATIVEN IN STICKSTOFF-REDUZIERTEN SCHWEINEMASTRATIONEN | |
| Reinhard Puntigam, Julia Slama, Stefan Hörtenhuber, Wolfgang Wetscherek | 226 |
| REDUKTION AN SOJAEXTRAKTIONSSCHROT IN DER SCHWEINEMAST: EFFEKT AUF LEISTUNG SOWIE AUSGEWÄHLTE UMWELTPARAMETER | |
| Reinhard Puntigam, Julia Slama, Stefan Hörtenhuber, Wolfgang Wetscherek | 230 |

**ALVA-
FORSCHUNGSPREIS**



ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR-
UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 1. März 2024 beschlossen

Frau Dr. rer. agr. Annika Hoffmann M.Sc.

den

ALVA-Forschungspreis 2024

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrte
Frau Dr. rer. agr. Annika Hoffmann M.Sc.,
eine hervorragende Dissertation abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Salzburg, am 27. Mai 2024

Univ.-Doz. Dr. Gerhard BEDLAN
Präsident

Mag. Astrid PLENK
Vizepräsidentin

Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Trade-offs zwischen Ausbreitungsfähigkeit und Nischenkonkurrenz von koexistierenden Mikroorganismen in der Phyllosphäre von Weizen

Trade-offs between dispersal ability and niche competition of phytopathogenic fungi in the phyllosphere of wheat

Annika Hoffmann^{1, 2*}, Marina Müller¹ und Carmen Büttner²

Einleitung

Pflanzen werden von einer Vielzahl von Mikroorganismen besiedelt, die zusammenfassend als Pflanzenmikrobiom bezeichnet werden und die auf vielfältige Weise die Bedingungen von Pflanze, Boden und Agrarökosystem beeinflussen, aber auch von diesen beeinflusst werden. Die Erforschung der Mikroorganismen, die den oberirdischen Teil der Pflanze, die Phyllosphäre, besiedeln, steht nach wie vor im Schatten der Erforschung der Mikroorganismen, die den Wurzelbereich und den Boden (Rhizosphäre) besiedeln. Es ist jedoch ebenso wichtig, die Wechselwirkungen und die Zusammensetzung der auf der Pflanze lebenden Organismen zu verstehen, zumal sich unter ihnen eine große Zahl von Krankheitserregern befindet.

Weizen, eine der weltweit häufigsten angebauten Nutzpflanzen, wird von einer Vielzahl von Krankheiten befallen. Die durch Fusarien verursachte Ährenfusariose stellt jedoch eine besondere Bedrohung dar, da sie weit verbreitet ist, hohe Ertragsverluste verursacht und zudem giftige Stoffwechselprodukte, so genannte Mykotoxine, produziert. Zusammen mit anderen pflanzenpathogenen Pilzen wie Alternarien besiedelt er die Ähren des Weizens. Trotz zahlreicher Studien zu *Fusarium* sind noch viele ökophysiologische Fragen zu seiner starken Durchsetzungsfähigkeit und erfolgreichen Etablierung im Weizenmikrobiom offen, die sein heterogenes Verbreitungsmuster erklären.

Material und Methoden

Dieses Projekt befasst sich mit der kompetitiven Koexistenz von Mikroorganismen, die Weizenähren besiedeln. Ziel war es, die Beziehungen zwischen Ausbreitungsfähigkeit, lokalen Interaktionen innerhalb der pflanzlichen Mikrobiota und regionalspezifischen Umweltfaktoren zu verstehen. Gegenstand des ersten Kapitels war die Untersuchung der Rolle der Windausbreitung von Sporen verschiedener *Fusarium*-Arten bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten. Im zweiten Kapitel wurden Pilzgemeinschaften auf Weizenähren in drei Regionen untersucht, um Mechanismen der Umweltfiltration zu identifizieren. Das dritte Kapitel befasste sich mit dem Einfluss von Prioritätseffekten auf die Besiedlung von Weizenähren und deren Auswirkungen auf das Wachstum und die Mykotoxinproduktion phytopathogener Pilze.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse wurden auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen erzielt. Es wurden neue Ausbreitungswege von *Fusarium* über Konidiosporen identifiziert und Hinweise auf Filtermechanismen in der Landschaft gefunden, die zur Erklärung heterogener Verteilungsmuster herangezogen werden können. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass Interaktionen zwischen Mikroorganismen zeitabhängig sind und dass die Mykotoxinproduktion und das *Fusarium*-Wachstum in Abhängigkeit von den vorhandenen Populationen beeinflusst werden können.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die hier vorgestellten Ergebnisse wesentlich zu unserem Verständnis der Ökophysiologie und Agrarökologie von Pilzen beitragen. Darüber hinaus konnten wir Wege aufzeigen, wie dieses Wissen in Managementstrategien und Prognosemodelle für eine zukünftige nachhaltige Landwirtschaft einfließen könnten. Dieses Projekt und die gewonnenen Erkenntnisse über die phytopathogene Pilzgemeinschaft in der Phyllosphäre von Weizen sind daher sowohl von ökologischem als auch von agronomischem Wert.

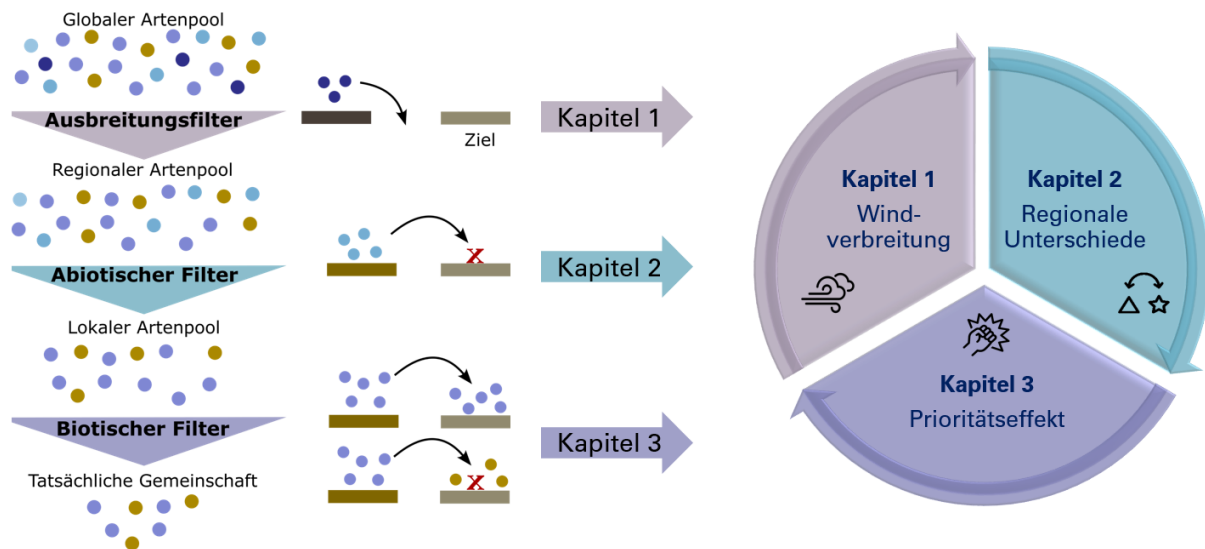


Abbildung 1: Die Zusammensetzung der Arten wird zunächst durch ihre Ausbreitungsfähigkeit und ihr Potenzial, einen neuen Standort zu erreichen, bestimmt (Ausbreitungsbeschränkung). Anschließend bestimmen die Umweltbedingungen am neuen Standort, ob eine Art überleben kann (Umweltfilterung). Schließlich bestimmt die Konkurrenz mit den am neuen Standort bereits vorhandenen Arten, ob sich die neue Art etablieren kann (biotische Filterung). Die resultierende Zusammensetzung der Gemeinschaft ist das Ergebnis der Wirkung aller drei Filter. Die folgende Abbildung zeigt eine Kombination und Anpassung der Ergebnisse von Kraft et al. (2015) und Funk (2021).

Abstract

Plants are colonized by a wide variety of microorganisms, collectively referred to as the plant microbiome, which influence and are influenced by plant, soil, and agroecosystem conditions in many ways. Research on the microorganisms that colonize the aboveground parts of the plant, the phyllosphere, still lags research on the microorganisms that colonize the root and soil zones (rhizosphere). However, it is equally important to understand the interactions and composition of the organisms living on the plant, especially since there are a large number of pathogens among them.

Wheat, one of the world's most widely grown crops, is affected by a wide range of diseases. However, *Fusarium* head blight poses a particular threat because of its widespread distribution, its severe impact in terms of high yield losses, and the additional danger posed by the formation of toxic metabolites known as mycotoxins. Together with other phytopathogenic fungi such as *Alternaria*, they colonize the ears of wheat. Despite the large number of studies on *Fusarium*, there are still many unanswered ecophysiological questions about its strong assertiveness and successful establishment in the wheat microbiome that explain its heterogeneous distribution patterns.

This project addresses the competitive coexistence of microorganisms colonizing wheat-ears. The aim is to explore the relationships between dispersal ability, local interactions within the plant microbiota, and region-specific environmental actors. In the first chapter, the role of wind dispersal of spores of different *Fusarium* species at different wind speeds was investigated. The second chapter examined fungal communities on wheat-ears in three regions to identify mechanisms of environmental filtration. The third chapter dealt with the influence of priority effects on the colonization of wheat-ears and their impact on the growth and mycotoxin production of phytopathogenic fungi.

Results were obtained at different temporal and spatial scales. New dispersal pathways of *Fusarium* via conidiospores were identified and evidence for filtering mechanisms in the landscape was found, which could be used to explain heterogeneous distribution patterns. In addition, interactions between microorganisms were shown to be time-dependent, and mycotoxin production and *Fusarium* growth could be influenced as a function of existing populations.

In summary, the results presented here contribute significantly to our understanding of fungal ecophysiology and agroecology. We have also been able to identify ways in which this knowledge could be incorporated into management strategies and forecasting models for future sustainable agriculture. This project and the knowledge gained about the phytopathogenic fungal community in the phyllosphere of wheat are therefore of both ecological and agronomic value.

Literatur

Schlägel, U.E.; Grimm, V.; Blaum, N.; Colangeli, P.; Dammhahn, M.; Eccard, J.A.; Hausmann, S.L.; Herde, A.; Hofer, H.; Joshi, J.; et al. Movement-mediated community assembly and coexistence. *Biol. Rev.* 2020, 95, 1073–1096, doi:10.1111/BRV.12600.

Kraft, N.J.B.; Adler, P.B.; Godoy, O.; James, E.C.; Fuller, S.; Levine, J.M. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Funct. Ecol.* 2015, 29, 592–599, doi:10.1111/1365-2435.12345.

Chapter 1

Hoffmann, A.; Funk, R.; Müller, M.E.H. Blowin' in the Wind: Wind Dispersal Ability of Phytopathogenic *Fusarium* in a Wind Tunnel Experiment. *Atmosphere* 2021, 12, 1653. <https://doi.org/10.3390/atmos12121653>

Chapter 2

Hoffmann, A.; Posirca, A.-R.; Lewin, S.; Verch, G.; Büttner, C.; Müller, M.E.H. Environmental Filtering Drives Fungal Phyllosphere Community in Regional Agricultural Landscapes. *Plants* 2023, 12, 507. <https://doi.org/10.3390/plants12030507>

Chapter 3

Hoffmann, A.; Lischeid, G.; Koch, M.; Lentzsch, P.; Sommerfeld, T.; Müller, M.E.H. Co-Cultivation of *Fusarium*, *Alternaria*, and *Pseudomonas* on Wheat-Ears Affects Microbial Growth and Mycotoxin Production. *Microorganisms* 2021, 9, 443. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020443>

Adressen der Autoren

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), 15374 Müncheberg, Deutschland

² Phytomedizin, Albrecht Daniel Thaer Institute, Humboldt-Universität zu Berlin, 10099 Berlin, Deutschland

* Ansprechpartner: Annika HOFFMANN, annika.hoffmann@uba.de

ALVA-FÖRDERPREIS



ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR-
UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 1. März 2024 beschlossen

Frau Barbara SPIEßBERGER B.A., M.A.

den

ALVA-Förderpreis 2024

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrte
Frau Barbara Spießberger B.A., M.A.,
eine hervorragende Masterarbeit abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Salzburg, am 27. Mai 2024

Univ.-Doz. Dr. Gerhard BEDLAN
Präsident

Mag. Astrid PLENK
Vizepräsidentin

Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Entwicklung eines herzhaften Snackproduktes aus 85 % Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion

Development of a savory snack product made from 85% by-products from food production

Barbara Spießberger* und Kathrin Heim

Einleitung

Laut FAO werden jährlich weltweit rund 1,3 Mrd. Tonnen genießbare Lebensmittel weggeworfen. Dies entspricht einem Drittel der für menschliche Konsumation produzierten Lebensmittel. (GUSTAVSSON 2011) Food Waste gilt als Hindernis um globale Ernährungssicherheit für Millionen von Menschen zu erlangen, (BAGHERZADEH, INAMURA und JEONG 2014) ist demnach sowohl ein ethisches als auch ein ökologisches Problem (WWF-WRAP 2020) und hat zudem ökonomische Folgen: Wirtschaftlich betrachtet entsteht jährlich ein geschätzter Verlust von 2,6 Billionen US-Dollar, verursacht durch Produktions-, Umwelt- und Sozialkosten (FAO 2014).

Um hohe Entsorgungskosten sowie potentielle Umweltprobleme verringern zu können, ist es für Lebensmittelhersteller*innen erstrebenswert, den maximalen Wert aus Nebenprodukten zu erzielen. (PETRARU und AMARIEI 2020)

Das Bewusstsein über globale Probleme wie den Klimawandel steigt bei Konsument*innen, weshalb ein ausgewogener, gesunder Lebensstil in den Vordergrund rückt. Darüber hinaus steigt das Bedürfnis nach vollwertigen, pflanzlichen Lebensmitteln, deren Funktion sich nicht nur auf den bloßen Nährwert beschränkt, sondern einen zusätzlichen Gesundheitswert beinhaltet. (ARENAS-JAL, SUNÉ-NEGRE, PÉREZ-LOZANO und GARCÍA-MONTOYA 2020)

Die Zunahme von Single-Haushalten, die Berufstätigkeit von Frauen mit Kindern und längere Arbeitszeiten bei gleichzeitiger Abnahme von Kochkenntnissen haben dazu geführt, dass traditionelle Essgewohnheiten innerhalb der Familie zunehmend in den Hintergrund treten und durch kleinere Mahlzeiten und Snacks zu individuellen Zeiten an individuellen Orten ersetzt werden. (BUCKLEY, COWAN und MCCARTHY, 2007)

Im Hinblick auf eine ressourcenschonendere Ernährung, in welcher die Reduktion und Prävention von Lebensmittelverschwendung eine bedeutende Rolle spielt, sollte daher ein pflanzliches Snack-Produkt entwickelt werden, welches zu mindestens 85 % aus Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht, als Ballaststoffquelle ausgelobt werden kann und von den Konsument*innen sensorisch akzeptiert wird.

Material und Methoden

Produktentwicklung: Auf Basis einer systematischen Versuchsplanung wurden in mehreren Versuchsreihen zuerst die Füllungen und anschließend die Hülle des ummantelten Snacks entwickelt und anschließend die idealen Frittierparameter ermittelt.

Vier entwickelte Varianten des ummantelten Snacks wurden in einer als Pretest angelegten Rangfolgeprüfung für die sensorische Abstimmung ausgewählt.

Studiendesign: Die vier gewählten Varianten in den Ausführungen Curry frittiert, Curry airfried, Garam Masala frittiert und Garam Masala airfried wurden zum sensorischen Test gereicht. Zur Akzeptanzermittlung kam ein hedonischer Akzeptanztest im Home-Use-Setting mit 69 Proband*innen zum Einsatz. Die Darreichung der vier Prototypen erfolgte blind, teilrandomisiert und sequenziell monadisch, unterstützt durch das Datenerhebungsprogramm RedJade®.

Ziel war es die geschmackliche Akzeptanz des neuen ummantelten Snacks zu erheben sowie Bewertungsunterschiede zwischen den Proben und ein etwaiges Optimierungspotenzial herauszuarbeiten. Beurteilt wurden das Aussehen und der Geschmack auf einer 9-Punkt-Hedonik-Skala. Mittels JAR-Skala wurde zudem das Optimum der Knusprigkeit, des Fettgehalts, des Salzgehalts des Verhältnisses aus Hülle und Fülle sowie der Konsistenz der Fülle ermittelt. Ergänzt wurde das Studiendesign um eine Frage zur Akzeptanzveränderung nach der Informationsgebung hinsichtlich des Einsatzes von 85 % Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion.

Statistische Datenauswertung: Die Beschreibung der gewonnenen Daten erfolgte über die deskriptive Statistik. Zur Datenanalyse wurde die einfaktorielle Varianzanalyse herangezogen. Außerdem wurde durch eine Penalty Analyse in XLStat® überprüft, inwiefern Optimierungspotenzial hinsichtlich der überprüften Produkteigenschaften der Proben gegeben ist. Als Signifikanzniveau wurde der Standardwert von 5 % angenommen.

Die Nährwerte wurden auf Basis von Nährwertangaben zu den einzelnen Zutaten aus der Literatur berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge der Versuchsdurchführung konnten vier verschiedene Rezepturen für ummantelte Snackbällchen entwickelt werden, welche sich in der Geschmacksrichtung sowie in der Zubereitungsmethode unterschieden. Die Bällchen bestanden aus einer gebackenen Füllung aus Karottentrester, Aquafaba, Sonnenblumen-Ölsediment, Weizenkleie, Curry bzw. Garam Masala sowie weiteren Würzzutaten. Die Füllungen wurden mit einem Backteig aus Sonnenblumen-Presskuchen, Altbrot und Aquafaba überzogen und in einer Panade aus Altbrot gewälzt. Anschließend wurden die Bällchen entweder durch Frittieren oder mithilfe eines Airfryers zubereitet. Die entwickelten Rezepturen wurden schließlich im Rahmen eines Akzeptanztests sensorisch beurteilt. Die im Airfryer zubereitete Variante in der Geschmacksrichtung Curry erreichte dabei die höchste mittlere Akzeptanzbewertung von 6,19 auf der 9-Punkte-Skala bei den unter 49-Jährigen Proband*innen. Ältere Testpersonen beurteilten den Geschmack aller Proben, wie in Abbildung 1 ersichtlich, tendenziell schlechter.

Die genannte Snackbällchen-Variante weist einen Gehalt an Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion von 86,23 % auf. Gleichzeitig kann diese Variante aufgrund des hohen Ballaststoffgehalts von 4,45 g / 100 g als „Ballaststoffquelle“ ausgelobt werden.

Die Kommunikation der Rohstoffherkunft führte zu einer leichten Akzeptanzsteigerung der Prototypen unter den Proband*innen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass Nebenprodukte aus der Lebensmittelproduktion zu wertvollen, innovativen und von Konsument*innen akzeptierten Lebensmitteln mit einem funktionellen Zusatznutzen verarbeitet werden können und dadurch ein Beitrag zu einer ressourcenschonenden Ernährung geleistet werden kann.

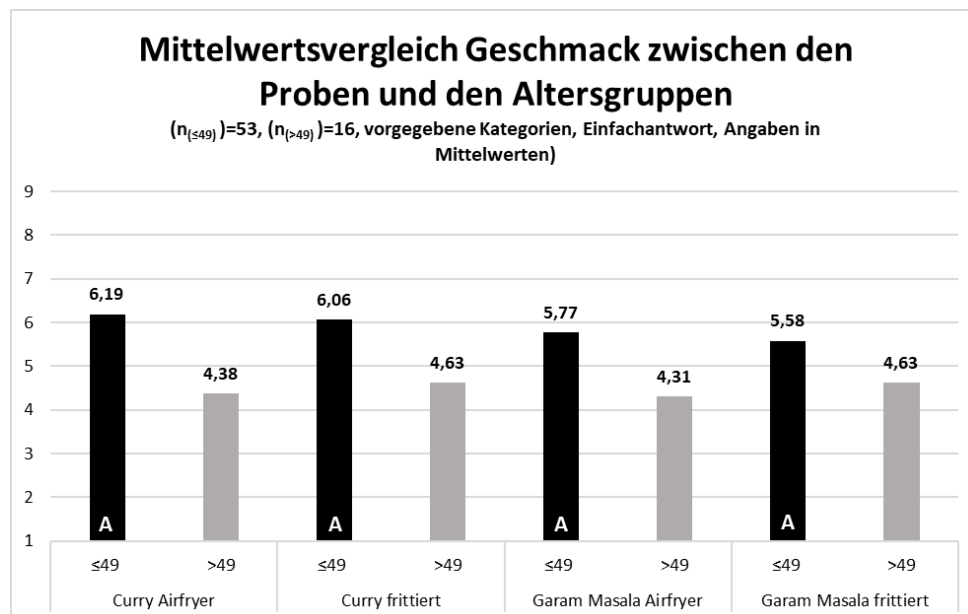


Abbildung 1: Vergleich der Geschmacksakzeptanzwerte zwischen den vier Prototypen sowie zwischen den Altersgruppen ≤49 und >49

Zusammenfassung

Diese Studie widmet sich der Entwicklung eines herzhaften, ummantelten Snackprodukts auf Basis von Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion. Die Forschungsfragen beschäftigten sich damit, inwiefern ein herzhaftes, ummanteltes Snackprodukt, welches zu mindestens aus 85 % Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht und zudem als Ballaststoffquelle ausgelobt werden kann, entwickelt werden kann. Zudem wurde evaluiert, inwiefern ein herzhaftes, ummanteltes Snackprodukt, welches zu mindestens 85 % aus Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht, von Konsument*innen geschmacklich akzeptiert wird.

Im Zuge der Versuchsdurchführung konnten vier verschiedene Rezepturen für ummantelte Snackbällchen entwickelt werden, welche aus einer gebackenen Füllung aus Karottentrester, Aquafaba, Sonnenblumen-Ölsediment, Weizenkleie, Curry bzw. Garam Masala sowie weiteren Würzzutaten bestanden. Die Füllungen werden mit einem Backteig aus Sonnenblumen-Presskuchen, Altbrot und Aquafaba überzogen und in einer Panade aus Altbrot gewälzt. Anschließend wurden die Bällchen entweder durch Frittieren oder mithilfe eines Airfryers zubereitet.

Die entwickelten Rezepturen wurden im Rahmen eines Akzeptanztests von 69 Konsument*innen sensorisch beurteilt. Die im Airfryer zubereitete Variante in der Geschmacksrichtung Curry erreichte dabei die höchste mittlere Akzeptanzbewertung von 6,19 auf der 9-Punkte-Skala bei den unter 49-Jährigen Proband*innen, weist einen Gehalt von 86,23 % an Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion auf und kann aufgrund des hohen Ballaststoffgehalts von 4,45 g / 100 g als Ballaststoffquelle ausgelobt werden.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass Nebenprodukte aus der Lebensmittelproduktion zu wertvollen, innovativen und von Konsument*innen akzeptierten Lebensmitteln mit einem funktionellen Zusatznutzen verarbeitet werden können und dadurch ein Beitrag zu einer ressourcenschonenden Ernährung geleistet werden kann.

Abstract

This study is dedicated to the development of a savory, coated snack product based on by-products from food production. The research questions dealt with the extent to which a savory, coated snack product can be developed that consists of at least 85 % by-products from food production and can also be advertised as a source of dietary fiber. In addition, the extent to which a savory, coated snack product consisting of at least 85 % by-products from food production is accepted by consumers in terms of taste was evaluated.

In the course of the trial, four different recipes for coated snack balls were developed, which consisted of a baked filling made from carrot pomace, aquafaba, sunflower oil sediment, wheat bran, curry or garam masala and other seasoning ingredients. The fillings are coated with a batter made from sunflower press cake, stale bread and aquafaba and rolled in a breadcrumb coating made from stale bread. The balls were then prepared either by deep-frying or using an airfryer.

The recipes developed were assessed by 69 consumers as part of an acceptance test. The variant prepared in the Airfryer in the curry flavor achieved the highest average acceptance rating of 6.19 on the 9-point scale among the test subjects under 49 years of age. It has a content of 86.23 % of by-products from food production and can be praised as a source of fiber due to its high fiber content of 4.45 g / 100 g.

Based on the findings, it can be concluded that by-products from food production can be processed into valuable, innovative foods with added functional benefits that are accepted by consumers, thereby contributing to a resource-conserving diet.

Literatur

GUSTAVSSON J, 2011: Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention: study conducted for the International Congress "Save Food!" at Interpack 2011 Düsseldorf, Germany. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

BAGHERZADEH M, INAMURA M und JEONG H, 2014: Food Waste Along the Food Chain. Hg. v. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers. Paris (No. 71).

WWF-WRAP, 2020: Halving Food Loss and Waste in the EU by 2030: the major steps needed to accelerate progress. Hg. v. WWF Deutschland. Berlin.

FAO, 2014: Food wastage footprint. Full-cost accounting : final report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

PETRARU A und AMARIEI S, 2020: Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review. In: Applied Sciences 10 (21), S. 7432. DOI: 10.3390/app10217432.

ARENAS-JAL M, SUNÉ-NEGRE J M, PÉREZ-LOZANO P und GARCÍA-MONTOYA E, 2020: Trends in the food and sports nutrition industry: A review. In: Critical reviews in food science and nutrition 60 (14), S. 2405–2421. DOI: 10.1080/10408398.2019.1643287.

BUCKLEY M, COWAN C und MCCARTHY M, 2007: The convenience food market in Great Britain: convenience food lifestyle (CFL) segments. In: Appetite 49 (3), S. 600–617. DOI: 10.1016/j.appet.2007.03.226.

Adressen der Autoren

¹Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Barbara Spießberger MA, barbara.spiessberger@gmail.com

PLENARVORTRÄGE

Die Ressortforschung des BMEL auf dem Weg in das KI-Zeitalter Neue Wege beim Aufbau von Kompetenz und Infrastruktur

Departmental research at the BMEL on the way into the age of AI New paths in the development of expertise and infrastructure

Steffen Kecke*

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland findet die öffentlich finanzierte Forschung außer an den Universitäten und Hochschulen sowie den Wissenschaftsgemeinschaften Leibniz, Max-Planck, Fraunhofer u.a. auch in den Ressortforschungseinrichtungen einzelner Bundesministerien statt. Das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) unterhält einen vergleichsweise großen Ressortforschungsbereich. Dieser besteht aus den vier Bundesforschungsinstituten „Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen“, „Friedrich-Löffler-Institut (FLI) – Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit“, „Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) – Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei“, „Max Rubner-Institut (MRI) – Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel“, dem „Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)“ sowie dem „Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ)“. Darüber hinaus finanziert das BMEL den Bundesanteil an fünf Leibniz-Instituten.

Alle diese forschenden Einrichtungen müssen sich den Herausforderungen der Digitalisierung von Forschungsprozessen stellen, wenn sie auch in Zukunft die Bundesregierung auf der Basis exzellenter Forschungsergebnisse wissenschaftlich begründet beraten wollen. Eine der im Jahr 2024 zentralen Herausforderungen ist die rasante Entwicklung und Verbreitung von Methoden und Werkzeugen der Künstlichen Intelligenz (KI).

Der Vortrag beleuchtet ausgehend von der Entstehung der Künstlichen Intelligenz als Teilgebiet der Informatik die Aktivitäten des BMEL, die „KI- und Datenkompetenz“ in seinem Ressortforschungsbereich mit dem Gemeinschaftsprojekt „KIDA“ zu entwickeln und zu stärken. Anhand einzelner exemplarischer Beispiele wird der heute schon breite KI-Einfluss auf die Forschungstätigkeit im JKI dargestellt, bevor abschließend der Focus auf die Fragen nach Chancen, Risiken und Verantwortung im Umgang mit dem mächtigen Werkzeug KI gelenkt wird.

Material und Methoden

Verwendet werden neben persönlichen Erfahrungen und Erkenntnissen aus Studium und langjähriger Tätigkeit in der Ressortforschung des BMEL Webseiten der genannten Forschungseinrichtungen sowie die Webseite und Materialien des KIDA-Projektes.

Von Expertensystemen zur Künstlichen Intelligenz

Das Tagungsmotto der ALVA-Jahrestagung 2024 lautet „KI als Wegbereiter für Effizienz und Nachhaltigkeit entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette“.

Die Abkürzung „KI“ scheint uns allen heute selbstverständlich und klar zu sein, denn sie begegnet uns gefühlt überall. Jeder Computer und jedes mobile Endgerät beinhaltet inzwischen KI. KI-unterstützte Chatbots, Alexa, Siri und Co. ersetzen immer häufiger die direkten Kontakte mit Menschen, und wie selbstverständlich nutzen wir auf Reisen Übersetzungsprogramme und machen uns kaum Gedanken darüber, wie viel KI bei der Bild- und Sprachanalyse, und dann für die Übersetzung in nahezu beliebige Sprachen selbst im Hintergrund nötig ist. Und spätestens seit dem selbst für viele KI-Expertinnen und –Experten überraschend frühen¹ Auftauchen von Chat-GPT ist das Thema KI in aller Munde.

Dabei ist die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz ein langer und zäher Prozess gewesen, der mit der Forschung an „Expertensystemen“ bereits in der Mitte des 20. Jahrhunderts begann. Erst in den letzten Jahren haben die nun ausreichend vorhandenen Speicher- und Rechenkapazitäten der Computer den Durchbruch der sogenannten großen Sprachmodelle (LLM - Large Language Models) auf der Basis

¹ Die Verfügbarkeit anwendbarer LLM wurde in der Fachwelt erst ab 2030 oder später erwartet.

unermesslicher Mengen an Trainingsdaten aus dem World Wide Web (WWW) ermöglicht. Damit schlug nun die Quantität in eine neue Qualität um.

Die jüngere Geschichte der KI-Forschung begann mit der Entwicklung sogenannter Expertensysteme. Im Zeitraum zwischen ungefähr 1960 bis 1980 versuchte man Computerprogramme zu entwickeln, die Menschen bei der Lösung komplexer Probleme wie ein Experte unterstützen können, indem sie Handlungsempfehlungen aus einer bestehenden Wissensbasis ableiten. Über Wenn-dann-Beziehungen kann damit menschliches Wissen dargestellt und deterministisch abgerufen werden.

Die Systeme kamen zum Beispiel in der medizinischen Diagnostik zum Einsatz und wurden kontinuierlich verbessert, indem ständig neues Wissen hinzugefügt wurde. Ein entscheidender Nachteil und damit eine unüberwindbare Grenze der Expertensysteme lag darin, dass sie außerstande waren, selbst aus ihren Daten zu lernen. Jeder Entscheidungsbaum musste vorher hineinprogrammiert und somit von Menschen „vorgedacht“ werden.

Das änderte sich später mit der Entwicklung Künstlicher Neuronaler Netze (KNN). Einhergehend mit dem exponentiellen Wachstum der verfügbaren Rechenkapazitäten erregten zum Beispiel die auf KNN basierenden Programme wie „AlphaGo“ und später „AlphaGo Zero“ der Firma Deepmind große Aufmerksamkeit. Erstmals waren neben der Öffentlichkeit auch die Entwickler selbst über das Maß der Fähigkeiten überrascht, praktisch jeden Gegner im Brettspiel Go zu schlagen. Niemand konnte mehr nachvollziehen, was genau die Software gerechnet hat. Das Geheimnis verbirgt sich seitdem in den Tiefen der Schichten und Knoten der verwendeten Neuronalen Netze, die sich mit jeder zu lösenden Aufgabe neu justieren. Diese besitzen erstmals die Fähigkeit, sich selbst zu trainieren – also zu lernen. Und das ist der entscheidende Unterschied zu den früheren Expertensystemen.

Trotzdem lohnt sich ein Blick auf die Expertensysteme, denn es wurden schon sehr früh die gleichen Ziele adressiert, die wir auch heute noch verfolgen.

Der folgende Auszug aus dem Artikel „Wissenschaft und Praxis in Expertensystemen der DDR“, erschienen in der Computerwoche am 11.05.1990 (COMPUTERWOCHE 1990), zeigt, dass sich Ziele und Aktivitäten selbst in den unterschiedlichen politischen Systemen kaum unterschieden:

„Seit knapp zwanzig Jahren wird in der DDR auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz geforscht. Eine Reihe von Expertensystemen, aber auch Sprachen, Tools und Shells sind mittlerweile entwickelt worden und finden in der Praxis ihre Anwendung.

...

Professor Hans-Friedrich Meuche von der Technischen Universität Dresden

... nennt als Bereiche für den Einsatz von Expertensystemen: "**Analyse chemischer Substanzen** durch **Interpretation chemischer und physikalischer Daten**, die Erdöl- und Mineraliensuche, die **Bildverarbeitung** im Zusammenhang mit dem Einsatz von Robotern sowie auf dem Gebiet der **Mustererkennung** und der **Flugbildinterpretation**, die medizinische **Diagnose von Infektionskrankheiten** und in der inneren Medizin,“ ... „und die **Zusammenstellung kompatibler Komponenten komplexer Computersysteme**.“

Wir erkennen vieles wieder, was uns auch heute antreibt und offensichtlich und zumindest in Teilen bis heute nicht gelöst ist. So fällt uns im Zusammenhang mit „Zusammenstellung kompatibler Komponenten komplexer Computersysteme“ das Stichwort „Interoperabilität“ ein, an der auch heute noch mit Hochdruck gearbeitet wird.

Die Künstliche Intelligenz, nach einer Definition aus Wikipedia (WIKIPEDIA – künstliche Intelligenz 2024) „ein Teilgebiet der Informatik, dass sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens und dem maschinellen Lernen befasst“, ändert nun alles und scheint uns der Lösung jahrzehntealter Fragen in rasantem Tempo näher zu bringen. Fragt man Chat-GPT (ChatGPT, persönliche Kommunikation, 10. Mai 2024) nach dem heutigen Stand der KI-Forschung, dann bekommt man zum Beispiel folgende Antwort:

„Der heutige Stand der KI-Forschung ist gekennzeichnet durch bedeutende Fortschritte in verschiedenen Bereichen. Neuronale Netze und tiefe Lernalgorithmen dominieren weiterhin viele Anwendungen, von Bilderkennung über Sprachverarbeitung bis hin zur autonomen Navigation. Fortschritte in der Verarbeitung natürlicher Sprache haben zu leistungsfähigen Chatbots und Übersetzungssystemen geführt.

Es gibt auch eine verstärkte Nutzung von KI in der Medizin, Finanzwesen, Automatisierung und anderen Bereichen. Darüber hinaus wird viel Aufmerksamkeit auf ethische Fragen und die Schaffung von KI-Systemen gelegt, die fair, transparent und verantwortungsbewusst sind. Trotz dieser Fortschritte bleiben jedoch Herausforderungen wie die Erklärbarkeit von Entscheidungen, Datenschutz und die Vermeidung von Bias bestehen. Die Forschung konzentriert sich auch auf neuere Ansätze wie transfer learning, reinforcement learning und die Entwicklung von KI-Systemen mit menschenähnlicher kognitiver Flexibilität.“

Das klingt noch hinreichend allgemein, verweist aber interessanterweise schon auf einige wichtige Herausforderungen, mit der wir Menschen uns zwingend beschäftigen müssen. Dazu mehr im letzten Abschnitt des Vortrags. Zunächst wollen wir den Blick auf ein aktuelles Projekt im Geschäftsbereich des BMEL richten, mit welchem ein vielversprechender Versuch unternommen wird, die landwirtschaftliche Forschung mit KI-Kompetenz zu stärken.

Vorstellung des Gemeinschaftsprojektes "KIDA - KI- und Daten-Akzelerator"

Das BMEL hat 2021 die Gelegenheit genutzt, verfügbare Haushaltsmittel aus dem Konjunkturpaket der Bundesregierung (Ziffer 43) für das Gemeinschaftsprojekt „KIDA - KI- und Daten-Akzelerator“ einzusetzen. Das Ziel besteht darin, die KI- und Daten-Kompetenzen in den forschenden Einrichtungen des Ressorts nachhaltig zu stärken. Dieses Ziel wird durch die folgenden Teilziele umgesetzt:

- KI- und Daten-Kompetenzen erhöhen
- Technologie-Infrastruktur ausbauen
- Nutzbarmachung von Daten für KI-Anwendungen und von KI-Modellen verbessern

In acht Initiativen (Arbeitspaketen) verfolgen die Projekt-Teams in den beteiligten Einrichtungen BfR, BVL, DBFZ, FLI, JKI, MRI und TI unter Federführung des BMEL und der Projektleitung (Dr. Nathalie Gottschalk) neben dem Aufbau KI-fähiger IT-Infrastrukturen die Etablierung einer nachhaltigen KIDA-Serviceorganisation, welche den „KIDA Service-Kreislauf“ mit Leben erfüllen soll.



Abbildung 1: KIDA Service-Kreislauf (Quelle: Vortrag von Dr. Nathalie Gottschalk, Kaiserslautern, 25.04.2024)

Im Rahmen des Projektes wurden an allen beteiligten Einrichtungen KI-Expertinnen und -Experten eingestellt, die gemeinsam und eng vernetzt mit ihrer breit aufgestellten Fachexpertise für den KI-Einsatz in den relevanten Themenfeldern die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Ressort des BMEL unterstützen sollen. Damit leisten sie einen maßgeblichen Beitrag zum nachhaltigen Aufbau der KI- und Daten-Kompetenz in den Einrichtungen und bringen die Agrarforschung im Ressort des BMEL spürbar voran.

Nach der erfolgreichen Bearbeitung mehrerer Proof-Cases wurde die KIDA-Beratungsstelle am 30. April 2024 offiziell eröffnet und ist unter der URL <https://www.kida-bmel.de/services/beratungsstelle> für alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der beteiligten Einrichtungen zu erreichen. Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Eindruck über die Themenvielfalt.

15 abgeschlossene Beratungen, 17 laufen aktuell

| | | | | |
|---|---|---|--|-----|
|  Happy Chicken Computer Vision zur Erkennung gestresster Hühner |  NIRwana – NIR-Spectroscopy Charakterisierung von Heizsubstraten |  CADIMA Klassifikations-Tool zur Erstellung umfangreicher Übersichtsarbeiten |  Rasnex Extraktion von Firmennamen aus Gefahrenmeldungen mittels NLP | ... |
|  Biogasanlage Einsatz neuronaler Netze für Strompreisprognosen |  Proteom ML oder DL zur Aufarbeitung von Proteomexpressionsdaten |  Proteomics NLP & Computer Vision zum automatischen Extrahieren von Metadaten aus Publikationen |  Einzelbaumerkennung Klassifikation von Satellitenbildern für die Baumerkennung | ... |
|  Gefahr Abschwemmung NLP zur Erstellung strukturierter Daten aus Gesetzesauflagen |  Metabolomics Erkennung und Klassifikation von Features aus Spektraldaten |  ScrAlbe Weiterentwicklung eines Audiotranskriptionstools |  Multiklassifikation Wein Multi-Label Klassifikation im Bereich Foodauthentification und Foodfraud | ... |

Abbildung 2: Übersicht über erfolgte Beratungen der KIDA-Beratungsstelle (Quelle: Vortrag von Dr. Nathalie Gottschalk, Kaiserslautern, 25.04.2024)

Das KIDA-Projekt ist noch bis Ende 2025 finanziert, kann aber jetzt bereits die folgenden nachhaltigen Ergebnisse aufweisen:

- **KI-fähige Infrastrukturen – teils gemeinsam nutzbar**
Speicher- und HPC-Systeme in den beteiligten Einrichtungen
- **eng vernetzte KI-Expertinnen und –Experten in allen Einrichtungen**
- **KIDA-Beratungsstelle**

Die große und noch nicht gelöste Herausforderung besteht in der Verstetigung des Erreichten durch eine dauerhafte Finanzierung der erforderlichen Ressourcen. Das sind vor allem finanzielle Mittel zum dauerhaften Betrieb der aufgebauten IT-Infrastrukturen sowie Personalstellen für IT-Betrieb und KI-Beratung. Nur dann kann auch das im KIDA-Projekt erlangte Wissen für die landwirtschaftliche Forschung im Ressort des BMEL erhalten und weiterentwickelt werden.

Einsatz von KI-gestützten Methoden in aktuellen Forschungsvorhaben des Julius Kühn-Institutes

Unabhängig vom KIDA-Projekt werden mehr und mehr bereits laufende Forschungsvorhaben in der Ressortforschung des BMEL mit der KI-getriebenen Transformation der Forschungsprozesse konfrontiert. Sowohl die Hersteller von Agrar- als auch von Forschungstechnik setzen zunehmend auf Digitalisierung und KI. Kein moderner Schlepper fährt heute mehr ohne GPS-Unterstützung. Sensoren in großer Vielfalt und Menge sammeln zunehmend Daten, die heute ein bedeutendes Wirtschaftsgut sind. Moderne Sequenzierungstechnik, chemische Analysegeräte und bildgebende Verfahren mit immer leistungsfähigerer Sensor- und Kamertechnik bis zum Hyperspektralbereich sowie der Einsatz von Satelliten und Drohnen führen zu einem explosionsartigen Anstieg der Bedarfe an Speicherplatz und Rechenkapazität. Zur Verarbeitung und Nutzbarmachung der Daten bedarf es modernster Analysemethoden sowie neue Simulations- und KI-Modelle. Für diese Herausforderungen müssen sich alle Forschungseinrichtungen neu aufstellen.

Die Leitung des JKI hat 2023 im Zuge einer organisatorischen Neustrukturierung eine eigene Abteilung „Digitalisierung und Künstliche Intelligenz“ ins Leben gerufen. In dieser werden die IT, das Forschungsdatenmanagement sowie die Softwareentwicklung für gesetzliche Aufgaben und Forschungsvorhaben zusammengefasst und bilden damit eine schlagkräftige Basis für den Aufbau der benötigten Infrastruktur und Kompetenz.

Die AG Bioinformatik, ein neu gegründetes Befliegungsnetzwerk, das Forschungszentrum landwirtschaftliche Fernerkundung sowie der Aufbau einer Geodaten-Infrastruktur (GD) sind nur einige der aktuellen Digitalisierungsaktivitäten im JKI.

Auf der Ebene der gesamten Ressortforschung des BMEL reift zunehmend die Erkenntnis heran, dass künftig keine Einrichtung mehr alle diese Herausforderungen allein meistern kann. Deshalb rücken die IT-Abteilungen aller Einrichtungen in einer neu gegründeten Arbeitsgruppe im Auftrag des BMEL enger zusammen, um künftig an gemeinsam abgestimmten und arbeitsteilig aufgestellten Lösungen zu arbeiten.

Im Jahr 2023 wurden im Rahmen einer Abfrage in den 18 Fachinstituten des JKI insgesamt 54 KI-Einsatzfälle, davon 25 aktiv, 29 geplant und 10 als Bedarf ermittelt. Die Zahlen sind seither spürbar gestiegen.

Die genannten KI-Verfahren lassen sich in die drei Kategorien „Computer Vision (CV)“, „Natural Language Processing (NLP)“ und „Generative KI“ einteilen. Der KI-Einsatz findet im JKI aktuell schwerpunktmäßig in den Fachgebieten Genomanalyse, Phänotypisierung, Satellitenfernerkundung und Evidence Synthesis statt. Die nachgefragte Methodik ist breit gestreut.

Die folgende unvollständige Liste verdeutlicht das Spektrum der Einsatzfälle:

- Einsatz von NLP zur KI-gestützten Beschleunigung von Prozessen der Evidence Synthesis (CADIMA)
- Automatisierte Erkennung und Klassifizierung von Insekten im Rahmen von Biodiversitätsforschung
- Tree-based Models: Musteranalyse und Mustererkennung von Qualitätsparametern in Wein und Traubenmost
- Erkennung und Quantifizierung verschiedener Merkmale, z.B. von Hitzeschäden (SB, Sun Burn) an Einzelbeeren der Weinrebe in RGB-Bildern
- Mustererkennung von Massenspektren in Proben verschiedener Matrices mit selbstoptimierenden Algorithmen
- Deep Learning-Verfahren zur automatischen Erkennung von Unkrautarten auf Ackerflächen in verschiedenen Wachstumsstadien
- Erkennung von Schaderregern, Kulturen, Pflanzenschutzmitteln und Erfolgskontrolle pflanzenbaulicher Maßnahmen gegen Schaderreger
- Prognosemodell von ertragswirksamen Extremwetterereignisse
- Identifikation von Zellen in mikroskopischen Aufnahmen
- Simulationsmodell für „digitalen Zwilling“ des Waldes in Deutschland

Daraus folgen hohe Anforderungen die IT, welche die erforderlichen Netze, Speicher und Rechenkapazitäten bedarfsgerecht bereitstellen bzw. Wege dahin ermöglichen muss. Letzteres ist bezüglich der Nutzung von Cloud-Ressourcen mit Blick auf die Cybersicherheit mit immer höheren Aufwänden verbunden.

Trotz der Fülle der Möglichkeiten, die sich den Forschenden durch verstärkten KI-Einsatz bieten und die Konzentration auf die zu lösenden operativen Aufgaben zur Nutzbarmachung sollten sich alle Beteiligten aber hin und wieder mal zurücklehnen und mit etwas Abstand über das Thema KI nachdenken.

Herausforderungen, Chancen und Risiken des zunehmenden KI-Einsatzes in der landwirtschaftlichen Forschung

Wie eingangs in der Antwort von Chat-GPT erwähnt, muss trotz aller Begeisterung viel Aufmerksamkeit auf ethische Fragen und die Schaffung von KI-Systemen gelegt werden, die fair, transparent und verantwortungsbewusst sind. Mit den Herausforderungen wie die Erklärbarkeit von Entscheidungen, Datenschutz und die Vermeidung von Bias müssen sich alle Beteiligten auseinandersetzen.

Zunächst bietet der KI-Einsatz unverzichtbare Chancen.

Angesichts der weltweit exponentiell fortschreitenden „digitalen Revolution“ ergeben sich bei kompetenter Nutzung und Weiterentwicklung passgerechter KI-Methoden große Chancen, der Gesellschaft wissenschaftsbasiert und zeitnah Forschungsergebnisse bereitzustellen und sie bei der Bewältigung der vor uns liegenden Transformationsprozesse zu unterstützen.

Erhebliche Risiken ergeben sich im Umkehrschluss, wenn es nicht gelingt, die Digitalisierungsprozesse in Verwaltung und landwirtschaftlicher Forschung zügig zu etablieren oder aus Ressourcenmangel auf massiven und verantwortungsvollen KI-Einsatz zu verzichten.

Der entscheidende Hebel zur Vermeidung dieses größten Risikos des KI-Einsatzes ist die langfristige Sicherstellung der Finanzierung und Verstetigung von qualifiziertem Personal.

Alle bekannten Statistiken und Zahlen belegen, dass nur massiver Einsatz von Sach- und Personalressourcen zum Erfolg führt. Der Vorsprung der Tech-Konzerne ist nur damit zu erklären.

Die in der KI und ihrer Anwendung selbst liegenden Risiken wie zum Beispiel Manipulation der Trainingsdaten großer Modelle (z.B. LLM) müssen durch verantwortungsvollen und kritischen Umgang durch die Forschenden sowie auf regulatorischen Ebenen der Gesellschaft betrachtet und minimiert bzw. ausgeschlossen werden.

Wie wird die Zukunft bezüglich des Einzugs von KI viele Lebensbereiche aussehen? Dazu haben sich neben einer Reihe namhafter Science Fiction-Autoren, wie z.B. Stanislaw Lem und Isaac Asimov zum Beispiel mit den schon in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts postulierten „Robotergesetzen“, auch viele Natur- und Gesellschaftswissenschaftlerinnen und –Wissenschaftler schon sehr lange und sehr ausführlich Gedanken gemacht. So zum Beispiel auch der geniale Physiker Stephen Hawking in seinem letzten Buch „Kurze Antworten auf große Fragen“ (HAWKING 2018).

Seine Antwort auf die Frage „Wird uns KI überflügeln?“ lautet:

„Dass es einen qualitativen Unterschied zwischen dem Gehirn eines Regenwurms und dem eines Computers gibt, glaube ich nicht. Ich glaube darüber hinaus, dass es aufgrund der Evolution keinen qualitativen Unterschied zwischen dem Gehirn eines Regenwurms und dem eines Menschen gibt. Daraus folgt: Computer können im Prinzip menschliche Intelligenz nachahmen oder sie sogar verbessern.“ ... „Wenn Computer sich weiterhin gemäß Moores Gesetz und also ihre Geschwindigkeit und ihre Speicherkapazität alle 18 Monate verdoppeln, dann hat das zur Folge, dass Computer wahrscheinlich früher oder später in den kommenden 100 Jahren die Menschen in ihrer Intelligenz überholen werden. Wenn eine KI besser wird, als die Menschen bei der Konstruktion der KI, sodass sie sich rekursiv ohne menschliche Hilfe selbst verbessern kann, dann steht uns möglicherweise eine Intelligenzexplosion bevor, die letztendlich in die Maschinenintelligenz mündet.

Sie wird unsere Intelligenz in viel höherem Maß übertreffen, als unsere menschliche Intelligenz die von Schnecken.

...

Bevor es soweit ist, müssen wir sicherstellen, dass die Computer Ziele verfolgen, die auf einer Linie mit unseren Zielen liegen.“

Zusammenfassung

Der Vortrag vermittelt einen Überblick über die Aktivitäten im Ressort des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), um die Einrichtungen der Ressortforschung zu unterstützen, sich den Chancen und Herausforderungen des breiten KI-Einsatzes in der Forschung zu stellen.

In einer einführenden Betrachtung der Entwicklung heutiger KI-Werkzeuge über Expertensysteme bis hin zu neuronalen Netzen wird deutlich, dass sich bezüglich der adressierten Fragestellungen teilweise nicht viel geändert hat.

Im zweiten Teil wird über das Gemeinschaftsprojekt KIDA – KI- und Daten-Akzelerator berichtet. Dargestellt werden die Ziele, einzelne Lösungsansätze und die Herausforderungen der Verstetigung der Ergebnisse. Untersetzt werden die Fragen des KI-Einsatzes in der landwirtschaftlichen Forschung durch einen Blick auf das aktuelle Geschehen im Julius Kühn-Institut (JKI). Hier steigt die Zahl der in den Forschungsvorhaben nachgefragten und genutzten KI-Werkzeuge stetig. Genomanalyse, Phänotypisierung, Satellitenfernerkundung und Evidence Synthesis sind hier die fachlichen Schwerpunktbereiche

für den Einsatz von Methoden der Kategorien Computer Vision, Natural Language Processing und Generative KI.

Zum Abschluss wird der Blick auf die Fragen zu Chancen, Risiken und Verantwortung im Umgang von KI-Methoden gerichtet.

Abstract

The presentation provides an overview of the activities of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) to support the departmental research institutions in facing the opportunities and challenges of the broad use of AI in research.

In an introductory look at the development of today's AI tools, from expert systems to neural networks, it becomes clear that not much has changed in terms of the issues addressed.

The second part reports on the joint project KIDA - AI and Data Accelerator. The objectives, individual solution approaches and the challenges of stabilising the results are presented. The issues surrounding the use of AI in agricultural research are underpinned by a look at current activities at the Julius Kühn Institute (JKI). Here, the number of AI tools requested and utilised in research projects is constantly increasing. Genome analysis, phenotyping, satellite remote sensing and evidence synthesis are the specialist focus areas for the use of methods in the categories of computer vision, natural language processing and generative AI.

Finally, the focus will be on the opportunities, risks and responsibilities associated with the use of AI methods.

Literatur

HAWKING S (2018): Kurze Antworten auf große Fragen. Übersetzung: Susanne Held, Hainer Kober Klett-Cotta, Stuttgart 2018, ISBN 978-3-608-96376-2, 252 Seiten, ISBN 978-3-608-11510-9 (eBook)

WIKIPEDIA – Künstliche Intelligenz 2024:

Seite „Künstliche Intelligenz“. In: Wikipedia – Die freie Enzyklopädie.

Bearbeitungsstand: 11. Mai 2024, 17:04 UTC.

URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=K%C3%BCnstliche_Intelligenz&oldid=244879213

(Abgerufen: 13. Mai 2024, 14:38 UTC)

COMPUTERWOCHE (1990): Wissenschaft und Praxis in Expertensystemen der DDR,

URL: <http://www.cowo.de/a/1145774>

Adressen der Autoren

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Abteilung Digitalisierung und Künstliche Intelligenz, Erwin-Baur-Str. 27, D-06484 Quedlinburg

* Ansprechpartner: Dipl.-Math. Steffen KECKE, steffen.kecke@julius-kuehn.de

VORTRÄGE

Flächenspezifische Ertragserfassung im Grünland sowie in Ackerfutterbeständen mittels Sensortechnik am selbstfahrenden Feldhäcksler

Site-specific yield recording in grassland and forage crops using sensor technology on the self-propelled forage harvester

Maria Schneider^{1*}, Juliana Macuhová² und Stefan Thurner²

Einleitung

Die flächenspezifischen Erträge im Grünland sind aufgrund der Heterogenität der Standorte schwer zu schätzen. In der kleinstrukturierten Landwirtschaft in Bayern ist die Schätzung jedoch gängige Praxis. Die Optimierung des Grobfuttermanagements ist eine der größten Stellschrauben zur Erhöhung der Effizienz des eigenen Betriebs, welche durch die ganzjährige Erfassung der Erträge verbessert werden kann. Ziel ist dabei der Jahrestrockenmasseertrag in t/ha^{-1} , der dem Landwirt als Entscheidungsgrundlage für Optimierungen in der Grünlandbewirtschaftung dienen soll (WOREK und THURNER 2021). Die mehrmalige Ernte im Grünland macht es zudem komplizierter eine kontinuierliche Ertragserfassung umzusetzen (WOREK und THURNER 2022). Im Experimentierfeld DigiMilch wurde die sensorgestützte Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH) als eine Möglichkeit für die ganzjährige Ertragserfassung unter Praxisbedingungen getestet. Ziel der Untersuchungen war es, die Sensortechnik auf ihre Genauigkeit und Funktionalität zu überprüfen. Anschließend wurde die Praxistauglichkeit der Methode in Bezug auf die Erfassung der flächenspezifischen Erträge getestet.

Material und Methoden

Um die Genauigkeit der Sensoren am SFH zu überprüfen, wurde die Technik von vier verschiedenen Häckslerherstellern (Claas KGaA mbH, John Deere GmbH & Co. KG, Krone GmbH & Co. KG und CNH Industrial) verteilt auf neun bayerische Betriebe unter Praxisbedingungen getestet. Sensoren an den Vorpresswalzen am Einzug des SFH bestimmen über deren Auslenkungsgrad und Geschwindigkeit den Volumenstrom des Ernteguts, welcher mit der Frischmassemenge korreliert. Die Volumenstrommessung wurde immer zu Erntebeginn sowie wahlweise bei Schlag- und Fruchtartwechsel durch Gegenwiegung des Ernteguts auf einem Erntewagen mit dessen Nettogewicht kalibriert. Als Referenz zur Überprüfung der Genauigkeit der Volumenstrommessung wurden pro Erntetermin mindestens 20 Fuhren mithilfe von dynamischen Achslastwaagen (Intercomp, Typ LS630, Genauigkeit 2 – 3 % bei 6 $km\ h^{-1}$) oder statischen Fuhrwerkswaagen (auf den bayerischen Staatsgütern (BaySG), Genauigkeit +/- 10 kg) verwogen (WOREK und THURNER 2023). Mit dem Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)-Sensor am Auswurfkrümmer des SFH kann der Trockenmasse (TM)-Gehalt des Ernteguts bestimmt werden. Als Referenz zum Vergleich mit den SFH-Werten, wurden die gewogenen Fuhren zusätzlich nach dem Abladen im Silo repräsentativ beprobt (Stichprobenanzahl $n = 50$) (THURNER et al. 2011). Die Stichproben wurden anschließend gut vermischt, wovon zwei Teilproben für den Trockenschrank in Crispac-Beutel verpackt wurden. Diese wurden vor Ort gewogen, um zuletzt den TM-Gehalt durch Verrechnen mit dem Gewicht nach vollständiger Trocknung zu ermitteln. Insgesamt wurden in den Versuchsjahren 2020 bis 2023 691 Fuhren zu verschiedenen Schnittzeitpunkten verwogen und beprobt. Zur Überprüfung der flächenspezifischen Ertragserfassung im Grünland wurden zwei unterschiedliche Projektbetriebe (Betrieb A in der Oberpfalz und Betrieb B in Oberbayern) ausgewählt, auf denen im Jahr 2022 und 2023 die Grünlandernten von mehreren Flächen und zu verschiedenen Schnittzeitpunkten komplett verwogen und beprobt wurden. Die Nettogewichte der einzelnen Fuhren wurden für die gesamte Fläche aufsummiert und die Stichproben je Fuhre zu einer Gesamtprobe je Schlag zusammengefasst. Die Referenzgewichte pro Fläche und der Referenz-TM-Gehalt (ermittelt im Labor mittels NIRS) wurden miteinander verrechnet und durch die Flächengröße geteilt, um einen Vergleichswert für den durch den SFH ermittelten TM-Ertrag in t/ha^{-1} zu erhalten. Insgesamt wurden auf 29 Flächen und an zehn verschiedenen Schnittterminen die flächenspezifische Ertragserfassung mit dem SFH überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der Häckslerdaten mit den Referenzwerten pro Wagenladung für die Volumenstrommessung (Abb. 1) zeigte eine sehr gute Übereinstimmung mit einem hohen Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,79$. Dies deutet folglich auf eine hohe Genauigkeit der Sensoren an den Vorpresswalzen des SFHs hin. Der Vergleich der Referenz-TM-Gehalte mit den vom NIRS-Sensor am SFH geschätzten TM-Gehalten brachte ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,71$ hervor. Auffällig waren die starken Abweichungen der Regressionsgeraden von der Nulllinie bei sehr geringen TM-Gehalten ($<27\%$) und bei sehr hohen TM-Gehalten ($>40\%$) (Abb. 2). Die NIRS-Technik ist zum einem ein Schätzverfahren, dessen Genauigkeit z. B. von der Beschaffenheit des Ernteguts und von der Menge des Gutstroms abhängig ist. Außerdem ist dessen Messwertbereich u. a. aufgrund der in der Kalibration hinterlegten Referenzproben limitiert, der bei sehr hohen und bei sehr niedrigen Werten eine genaue Schätzung nicht mehr zulässt (DLG 2019a, DLG 2019b, DLG 2014). Der Median der relativen Abweichung für die Frischmasseerfassung betrug $-1,53\%$ und für die TM-Gehalt Bestimmung $1,82\%$, was für ein sehr genaues Verfahren spricht. Der Vergleich der TM-Erntemenge pro Fuhre berechnet aus Häckslerdaten mit der TM-Erntemenge berechnet aus Referenzwerten in t TM ergab ebenfalls ein hohes Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,68$) (Abb. 3) und einen guten Konkordanz-Korrelationskoeffizienten von $0,82$ (Vertrauensintervall von $0,79$ bis $0,84$).

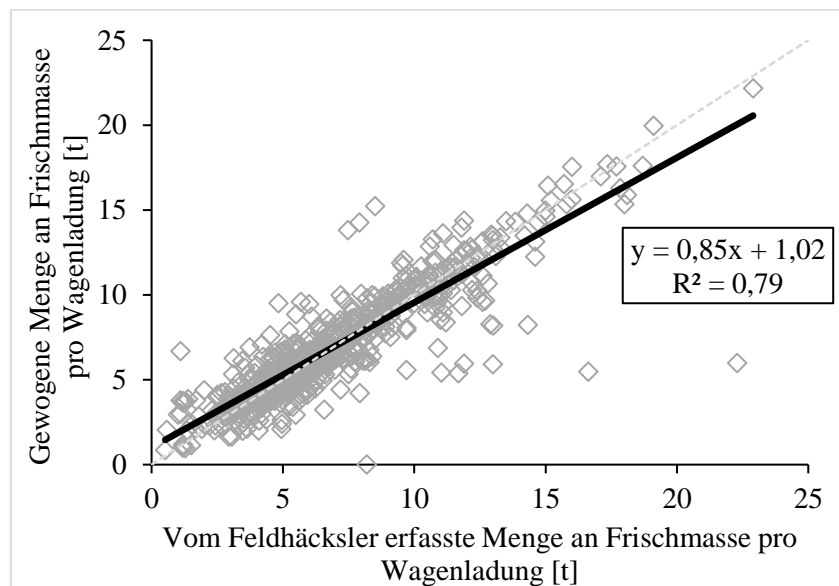


Abbildung 1: Vergleich der gewogenen Menge an Frischmasse (angewelktes Gras) mit der vom Feldhäcksler bestimmten Frischmasse pro Wagenladung, verschiedener Grünlandstandorte und Schnitzeitpunkte, Versuchsjahre 2020 bis 2023, neun bayerische Betriebe, vier SFH-Hersteller, $n = 691$

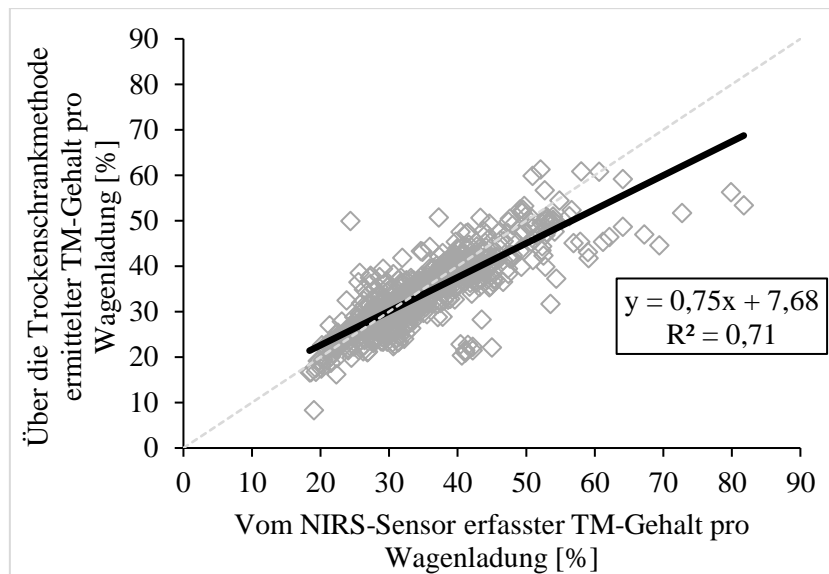


Abbildung 2: Vergleich der durch die Trockenschrankmethode ermittelten TM-Gehalte für angewelktes Gras mit den durch den NIRS-Sensor erfassten TM-Gehalte pro Wagenladung, verschiedener Grünlandstandorte und Schnittzeitpunkte, Versuchsjahre 2020 bis 2023, neun bayerische Betriebe, vier SFH-Hersteller, n = 691

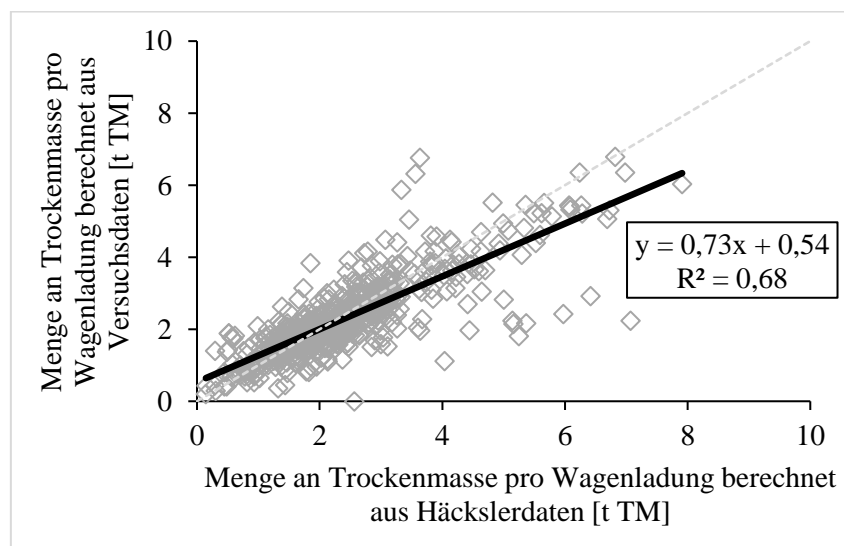


Abbildung 3: Vergleich der TM-Erntemenge (angewelktes Gras) pro Wagenladung berechnet aus Häckslerdaten mit der TM-Erntemenge pro Wagenladung berechnet aus Referenzdaten, verschiedener Grünlandstandorte und Schnittzeitpunkte, Versuchsjahre 2020 bis 2023, neun bayerische Betriebe, vier SFH-Hersteller, n = 691

Der Vergleich des flächenspezifischen TM-Ertrages in t/ha^{-1} aus den Häckslerdaten mit dem aus den Referenzwerten erzielte ähnlich gute Ergebnisse (Abb. 4). Ein sehr guter Konkordanz-Korrelationskoeffizient von 0,78 (Vertrauensintervall 0,66 bis 0,86) bestätigt ebenfalls die hohe Genauigkeit des Verfahrens.

Wie die Ergebnisse (Abb. 2 und Abb. 3) deutlich zeigen, stellen sehr trockene Erntebedingungen bei der Ernte für die Sensorsysteme am SFH eine Herausforderung dar. In einigen Regionen Bayerns (z. B. Mittelfranken oder Oberpfalz) sind geringe Erntemengen bei späteren Schnittterminen im Hochsommer (häufig zweiter oder dritter Schnitt je nach Region) nicht ungewöhnlich. Kleine Schwade führen dazu, dass ein nicht konstanter Gutstrom entsteht und somit die Sensoren nicht mehr genau erfassen können (WOREK und THURNER 2023). Hier ist es notwendig, die Messwertbereiche sowie die Kalibrierkurven der NIRS-Sensoren an die aktuell vorherrschenden Extremwetterbedingungen anzupassen. Mit ei-

ner flächenspezifischen sensorgestützten Ertragserfassung über mehrere Jahre hinweg können die Ertragspotentiale im Grünland aufgezeigt werden. Damit kann nicht nur die Qualität des Grobfutters beispielsweise durch eine an die Heterogenität der Grünlandstandorte angepasste Düngung und Bewirtschaftung erhöht werden, sondern auch Kosten z. B. infolge durch Optimierung des Ernteprozesses eingespart werden (WOREK und THURNER 2022).

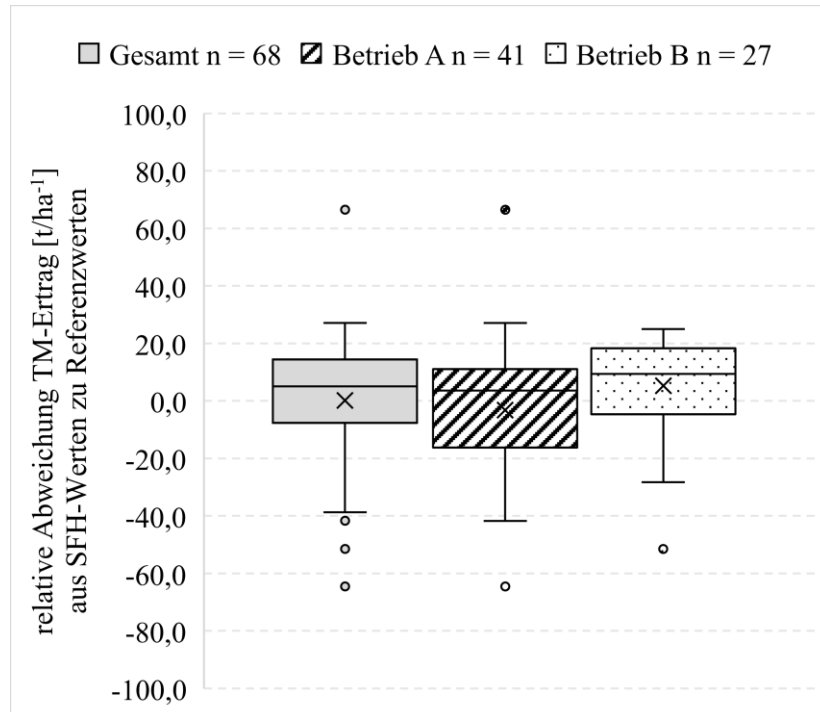


Abbildung 4: **Prozentuale Abweichung des aus SFH-Daten berechneten vom aus Referenzwerten ermittelten flächenspezifischen TM-Ertrags in t/ha⁻¹ bei verschiedenen Grünlandstandorten zu verschiedenen Schnitten und mehreren Grünlandernten, zwei SFH-Hersteller, zwei bayerische Betriebe (Betrieb A = Oberpfalz, Betrieb B = Oberbayern), Versuche 2022 und 2023**

Zusammenfassung

Um das Grobfuttermanagement zu verbessern, ist es notwendig die Erträge im Grünland zu kennen. Aufgrund der mehrmaligen Ernte im Grünland pro Jahr, ist es eine Herausforderung die Ertragserfassung ganzjährig durchzuführen. Im Experimentierfeld DigiMilch wurde die sensorgestützte Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH) unter Praxisbedingungen als Möglichkeit einer ganzjährigen Erfassung der Erträge getestet. Ziele der Versuche war es, die Sensoren am SFH auf ihre Genauigkeit und Funktionalität zu überprüfen sowie das gesamte Sensorsystem auf Praxistauglichkeit zu untersuchen. Das hohe Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,68$) beim Vergleich der Häckslerdaten mit den Referenzwerten in t TM pro Wagenladung und der gute Konkordanz-Korrelationskoeffizient (0,78), den der Vergleich des flächenspezifischen TM-Ertrages (t/ha⁻¹) aus Häckslerdaten mit dem aus Referenzdaten ergab, bestätigen die hohe Genauigkeit der Sensoren am SFH bei der Grünlandernte. Bei extremen Wetterbedingungen wie starke Trockenheit stoßen die Sensoren aufgrund des eingeschränkten Messwertbereichs an ihre Grenzen. Durch die flächenspezifische Ertragserfassung können die Ertragspotentiale der heterogenen Grünlandstandorte schlag- und teilschlagspezifisch aufgedeckt und damit die Grünlandbewirtschaftung effizienter gestaltet werden.

Abstract

To improve roughage management, it is necessary to know the yield of grassland. Because grassland is harvested several times a year, it is a challenge to record yields all year round. In the DigiMilch experimental field, sensor-based yield recording with the self-propelled forage harvester (SFH) was tested under practical conditions as a way of recording yields throughout the year. The aims of the study were

to test the accuracy and functionality of the sensors on the SFH and to check the practical suitability of the entire sensor system. The high coefficient of determination ($R^2 = 0.68$) when comparing the forage harvester data with the reference values in t DM per wagon load and the good concordance correlation coefficient (0.78), which resulted from the comparison of the site-specific DM yield (t/ha^{-1}) from forage harvester data with that from reference data, confirm the high accuracy of the sensors at the SFH in grassland harvesting. In extreme weather conditions such as extreme drought, the sensors reach their limits due to the limited range of measured values. The yield potential of the heterogeneous grassland sites can be revealed on a site- and sub-site-specific basis through site-specific yield recording, thus making grassland management more efficient.

Literatur

- DLG (2019a): CLAAS NIR Sensor. Feuchtemessung in Gras. DLG-Prüfbericht 7020.
- DLG (2019b): New Holland NIR Sensor. Feuchtemessung in Mais. DLG-Prüfbericht 7032.
- DLG (2014): KRONE BiG X 700. Feuchtemessung in Mai smit einem NIR-Sensor am Auswurfbogen eines Feldhäckslers. DLG-Prüfbericht 6237F.
- THURNER S, FRÖHNER A, KÖHLER B, DEMMEL M (2011): Online measurement of yield and dry matter content of wilted grass with two forage harvesters - comparison with and verification of reference measurements. In: J. V. Stafford (ed.) Precision Agriculture '11. 8th ECPA, 11.-14. Jul., Prag, Tschechische Republik, 628-637
- WOREK F, THURNER S (2023): Ertrags- und Qualitätsermittlung am Feldhäcksler im praktischen Einsatz. In: Tagungsband "Land.Technik für Profis 2023", 14.-15. Feb., Grieskirchen, Österreich, 5 Seiten.
- WOREK F, THURNER S (2022): DigiMilch – Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz. In: H. Laser & M. Wolf (eds.) Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung. 65. Jahrestagung der AGGF, 25.-27. Aug., Soest, Deutschland, 38-41
- WOREK F, THURNER S (2021): Yield measurement of wilted forage and silage maize with forage harvesters. In: J. V. Stafford (ed.) Precision Agriculture '21. 13th ECPA, 19.-22. Jul., Budapest, Ungarn, 103-110.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE112A18.

Adressen der Autoren

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof-Dürnwächter-Platz 2, D-85586 Poing-Grub

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, D-85354 Freising

* Ansprechpartnerin: Maria SCHNEIDER, maria.schneider@lfl.bayern.de

Digitale Landwirtschaft: Technologien, Wissenstransfer und Praxisanwendungen am Beispiel von TerraZo und Innovation Farm

Digital Agriculture: Technologies, Knowledge Transfer, and Practical Applications Illustrated by TerraZo and Innovation Farm

Stefan Geyer^{1*}, Peter Prankl² und Markus Gansberger²

Einleitung

Die Digitalisierung führt auch in der Landwirtschaft in vielen Bereichen zu grundlegenden Veränderungen. Einerseits gibt es die technologische Entwicklung wie beispielweise Smart Farming oder Precision Farming, die zunehmend auf landwirtschaftlichen Betrieben Einzug hält. Andererseits findet auch der Wissenstransfer in der Landwirtschaft vermehrt in digitaler Form statt. So gibt es digitale Formate wie Online-Schulungen, Webinare und Farminare die Landwirtinnen und Landwirten dabei helfen, Zugang zum neusten Stand des Wissens zu erlangen. Andererseits halten digitale Technologien auch immer mehr in der landwirtschaftlichen Produktion, Betriebsführung und Vermarktung Einzug. So liefern neue digitale Technologien in der Land- und Forstwirtschaft Instrumente die von der teilflächenspezifischen Düngung über digitale Tierwohlüberwachung und diverse Robotersysteme bis hin zur Etablierung von e-commerce im Bereich der Diversifizierung gehen. Es herrscht jedoch Uneinigkeit darüber, ob die Verbreitung von digitalen Technologien (DT) in der Landwirtschaft hinter den Erwartungen zurückbleibt oder nicht (Lowenberg-DeBoer und Erickson, 2019).

Material und Methoden

In Österreich wurde um die Digitalisierung in der Landwirtschaft voranzutreiben das Projekt „Innovation Farm“ im Jahr 2020 gestartet. Ziel ist bereits vorhandene, marktreife, digitale Agrartechnologien für die landwirtschaftliche Praxis anschaulich zu machen. Das Konsortium der Innovation Farm bündelt dabei die Kompetenzen im Bereich der Digitalisierung, um eine umweltgerechte Weiterentwicklung der Landwirtschaft mit Hilfe neuer Technologien zu fördern. Aufgabe ist dabei die praktische Erprobung, Optimierung und Vermittlung von modernen, technischen Entwicklungen, Produkten und Konzepten in der Innenwirtschaft (Tierhaltung) als auch der Außenwirtschaft (Ackerbau, Grünland). Die Innovation Farm hat das grundlegende Ziel, den Nutzen neuer technischer Lösungen für die österreichische Landwirtschaft herauszuarbeiten und den Zugang zu neuen Entwicklungen für Landwirtinnen und Landwirte zu erleichtern, womit sie einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige Landwirtschaft liefert. Durch das Zusammenspiel von Hersteller und Forschung sollen praxistaugliche Lösungen für den modernen landwirtschaftlichen Betrieb evaluiert und auch bereitgestellt werden. Der Begriff Landwirtschaft 4.0 muss für Anwenderinnen und Anwender greifbar und anwendbar gemacht werden. Dabei sollen Chancen, aber auch Risiken aufgezeigt, Trends analysiert und mit dem vorhandenen Know-how eine effiziente und nachhaltige Bewirtschaftung sichergestellt werden.

Dazu wurden in aktuell 56 Use-cases Technologien in den Bereichen Ackerbau, Grünland und Innenwirtschaft getestet.

Standorte: Wieselburg, Raumberg-Gumpenstein und Mold

Die Versuche zur Evaluierung von TerraZo wurden 2020 und 2021 an vier Standorten (Raum Graz, Oberösterreichisches Alpenvorland, Niederösterreichisches Alpenvorland und Raum Hollabrunn) angelegt. Verglichen wurde die variable Stickstoffdüngung im Vergleich zur konstanten im Winterweizen.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Beispiel für den digitalen Wissenstransfer stellt das digitale Online-Düngeberatungstool TerraZo dar. Mit Hilfe einer WebApp soll es Landwirtinnen und Landwirten erleichtert werden ohne hohe Anschaffungskosten für neues Gerät und teure Software, teilflächenspezifisch zu düngen. Ziel ist die Steigerung der Stickstoffeffizienz durch die Anpassung der Nährstoffmengen an das tatsächliche Pflanzenwachstum. Neben Technologien wie Sensoren zur Erfassung von Pflanzenzuständen auf Drohnen, Traktoren und Maschinen, GPS-Technologien, sowie neue Methoden der Datenanalyse scheinen Satellitendaten besonders interessant zu sein, da diese derzeit über das Copernicus Programm der ESA frei zur

Verfügung gestellt werden. Die HBLFA Francisco Josephinum beschäftigt sich seit einigen Jahren intensiv mit der Verwendung von Satellitendaten für ein gezieltes Nährstoffmanagement.

Grundlage, um mit der Düngung (im speziellen der N-Düngung) auf den jeweiligen Pflanzenstandort reagieren zu können, ist eine Prognose des Wachstums sowie eine Prognose der Nährstoffmineralisierung im Boden. Je leichter ein Pflanzenstandort ist (geringere Wasserspeicherkapazität) und je weniger Teilgaben einer Kultur gegeben werden, desto unsicherer ist die Schätzung der erforderlichen Stickstoffmenge. So ist es leichter, Getreide mit einer genau auf den Pflanzenstandort abgestimmten N-Menge zu versorgen als beispielsweise Körnermais.

Modelle müssen daher die Standortreaktionen möglichst gut abbilden. Was eine hohe Herausforderung darstellt, da diese Standortreaktion neben der Witterung auch durch alle Managementmaßnahmen eines Betriebes (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Nährstoffmanagement, Pflanzenschutz etc.) beeinflusst werden. Die Komplexität eines Modells darf sich allerdings nicht in der Komplexität der Anwendung widerspiegeln.

Mit TerraZo (www.terrazo.at) können Betriebe unabhängig der betrieblichen Ausstattung eine standortspezifische Düngung umsetzen. Derzeit ist ein einfaches Modell für die Getreidedüngung verfügbar. Ein erstes Modell für die standortangepasste Düngung von Mais ist in Ausarbeitung. Die Modelle werden permanent weiterentwickelt und in der landwirtschaftlichen Praxis auf Betrieben in allen Klimaregionen Österreichs getestet. Über TerraZo soll die Lücke zwischen Wissenschaft und Praxis möglichst geschlossen werden. Werden Düngealgorithmen verbessert, so kommt der Landwirt bei der Anwendung von TerraZo unmittelbar in Genuss dieser Verbesserung. Das System kann direkt angewendet werden, ist aber auch über eine Schnittstelle in Farmmanagementsysteme integrierbar, wie das beispielsweise die Firmen LAT Nitrogen (Nutriguide) und Farmdok umgesetzt haben.

Das TerraZo-Modell zur Getreidedüngung wurde über in Innovationfarm (www.innovationfarm.at) an mehreren Standorten in Österreich bei der Kultur Winterweizen überprüft. Im Durchschnitt konnte durch die Anwendung der standortangepassten Düngung im Vergleich zur Referenz mit konstanter Düngung 15 kg N/ha (entspricht 8,7%) gespart werden. Die maximale Einsparung lag bei 17,2% die minimale bei 4,8%. Neben der N-Einsparung konnte durch die standortangepasste Düngung auch ein durchschnittlicher Ertragsvorteil von 280 kg/ha erzielt werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Versuchsergebnisse zur standortangepassten Düngung, Versuche 2020 und 2021

| | Graz | Alpenvorland Niederösterreich | Hollabrunn | Alpenvorland Oberösterreich |
|----------------------------|-------|----------------------------------|------------|--------------------------------|
| | 2021 | 2020 | 2021 | 2021 |
| kg N pro ha | | | | |
| Konstante Düngung | 157 | 210 | 145 | 202 |
| Standortangepasste Düngung | 144 | 200 | 120 | 187 |
| Einsparung N | 13 | 10 | 25 | 15 |
| % Einsparung N | 8,28 | 4,76 | 17,24 | 7,43 |
| kg Weizen pro ha | | | | |
| Konstante Düngung | 7.884 | 9.981 | 5.900 | 9.086 |
| Standortangepasste Düngung | 8.364 | 10.476 | 5.950 | 8.978 |
| Differenz | 480 | 495 | 50 | -108 |
| % Ertragsdifferenz | 6,09 | 4,96 | 0,85 | -1,19 |

Eine von Dr. Franz Sinabell (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung) (Sinabell, 2023) auf Basis der vorliegenden Versuchsergebnisse durchgeführten Kalkulation ergibt bei der Verwendung der standortangepassten Düngung eine Erhöhung der Bruttomarge um 11%, vorausgesetzt es fallen keine zusätzlichen Kosten der Anwendung an.

In TerraZo wird über einen Ausbringmodus die erforderliche Düngemenge am jeweiligen Pflanzenstandort am Display angezeigt. Somit kann eine standortangepasste Düngung unabhängig der betrieblich verfügbaren Anwendungstechnik durchgeführt werden. Natürlich stehen die Applikationskarten auch über einen Download zur Verfügung, um diese in ein Düngerstreuerterminal zu integrieren.

Bei Getreide wird auf Basis aktuell verfügbarer Vegetationsdaten, bisher gedüngten Stickstoffmengen und des geschätzten mittleren Ertrages auf den weiteren Nährstoffaufnahmeverlauf geschlossen und so

die spezifischen Applikationskarten generiert. Um über aktuelle Reflexionsmessdaten aus Satelliteninformationen (Remote Sensing) auf den Pflanzenernährungszustand schließen zu können, muss ein ausreichender Bewuchs vorhanden sein. Da dies bei Mais nicht möglich ist, muss über standort- und kulturpflanzen-spezifische Ertragspotenziale gearbeitet werden. In TerraZo wird derzeit an einem derartigen Modell gearbeitet.

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft steht heute vor der Herausforderung die steigende Weltbevölkerung zu ernähren, während gleichzeitig Umweltauswirkungen minimiert und Ressourcen effizient genutzt werden müssen. Mit dem Projekt Innovationfarm sollen passende digitale Lösungen für die österreichische Landwirtschaft entwickelt und geprüft werden. Ein Beispiel ist die standortangepasste Düngung. Diese ist ökologisch jedenfalls eine sinnvolle Maßnahme und zeigt unter den bisher getesteten Bedingungen immer eine höhere Stickstoffeffizienz. Sofern Systeme wie TerraZo kostenlos zur Verfügung stehen, ist auch aus ökonomischer Sicht der Einsatz zu empfehlen. Ein entscheidender Aspekt ist jedenfalls die einfache Bedienung und leichte Integration in das bestehende Betriebskonzept. Ein Auseinandersetzen mit diesen neuen Technologien ist dennoch erforderlich. Es ist ein elektronisches Hilfsmittel und ersetzt nicht das Wissen des Anwenders!

Abstract

The agriculture sector is facing the challenge of feeding the growing world population while simultaneously minimizing environmental impacts and efficiently utilizing resources. The Innovationfarm project aims to develop and evaluate suitable digital solutions for Austrian agriculture. One example is location-specific fertilization, which is ecologically sensible and consistently shows higher nitrogen efficiency under the conditions tested so far. If systems like TerraZo are available for free, their use is also economically advisable. Crucial aspects include user-friendly operation and easy integration into existing farm management concepts. However, engaging with these new technologies is necessary. They are electronic aids and do not replace the knowledge of the user!

Literatur

LOWENBERG-DEBOER, J., & ERICKSON, B. (2019). Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption. *Agronomy Journal*, 111(4), 1552–1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
SINABELL F., KASTENHOFER P. & PRANKL P. (2023). DISUCO Working Paper 1

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg, Rottenhauser Str. 1, 3250 Wieselburg

² HBLFA Francisco Josephinum, Schloss Weinzierl 1, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: DI Stefan GEYER, stefan.geyer@josephinum.at

Einfluss von Umwelt- und Managementfaktoren auf die Qualität von Dauerwiesenfutter

Impact of environmental and management factors on the quality of permanent grasslands

Reinhard Resch

Einleitung

Die Pflanzenarten des Grünlandes und deren Mischungen manifestieren nach NELSON und MOSER (1994) die Grundfutterqualität in Abhängigkeit der Wachstums- und Erntebedingungen, sowie des Managements. Leguminosen und Kräuter entwickeln sich im Vergleich zu Gräsern in ihrer Ontogenese unterschiedlich (NULTSCH, 2001). Dikotyle Pflanzen enthalten aufgrund ihrer Morphologie mehr Protein und Mineralstoffe als Gräser, daher ist in punkto Futterqualität eine Typisierung von Wiesenbeständen nach RESCH *et al.* (2015) sinnvoll. Das Reifestadium beeinflusst die Morphologie der Pflanzen über das Verhältnis von Blätter : Stängel, sowie über die Qualität der Stängel und deren Verdaulichkeit (ALBRECHT *et al.*, 1987).

Viele hochwertige Pflanzenarten des Dauergrünlandes sind nur bedingt in der Lage einem hohen Nutzungsdruck nachhaltig standzuhalten, daher stellt sich die Frage nach Grenzen der Nutzungsintensität. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Ertragsbildung bei früher Nutzung nicht voll ausgeschöpft werden kann, d.h. es gibt einen gewissen Konflikt zwischen Futterqualität, Biodiversität und TM-Ertrag (ISSELSTEIN und KOMAINDA 2023). Eine Synthese zwischen Futterqualität und TM-Ertrag wäre ein Optimum zwischen beiden im Sinne eines standortspezifischen Qualitätsertrages (KLINGLER 2023). In Österreich beträgt die Grünlandfläche an der LN ca. 50 % (BML, 2023) und es existiert noch ein hoher Anteil an alten Dauerwiesen in einer sehr heterogenen klimadifferenten Regionskulisse.

Es stellt sich daher die Frage wie sich eine differenzierte Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen auf unterschiedlichen Standorten langfristig auf die Futterqualität der Aufwüchse auswirkt. In diesem Beitrag wurde ein umfassender Datensatz des DW-NET Projektes (19 Standorte, Laufzeit 2002 bis 2021) ausgewertet und dargestellt, um zu zeigen welche Wirkungen auf die Nährstoff- und Mineralstoffgehalte, sowie auf die OM-Verdaulichkeit und Energiekonzentration im österreichischen Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einflussfaktoren zu erwarten sind.

Material und Methoden

Im gegenständlichen DW-NET Projekt wurden ab 2002 drei Bewirtschaftungsintensitäten auf alten Dauerwiesenbeständen verglichen: 2-Schnittsystem, 3-Schnittsystem, 4-Schnittsystem. Nach BOCKHOLT *et al.* (1996) entspricht das 2-Schnittsystem einer halbintensiven und das 3- bzw. 4-Schnittsystem einer intensiven Graslandnutzung. Die Beschreibung des Versuchsdesigns, der Standorte, Versuchsdüngung, Analysemethoden und anderer relevanter Informationen zum Forschungsprojekt DW-NET ist in RESCH *et al.* (2023) zu entnehmen. Die Analysen wurden prinzipiell nach VDLUFA-Methodenbuch III (VDLUFA, 1976) durchgeführt.

Beschreibung des generalisierten linearen Modells für die Datenauswertung:

$$y_{ijklmnop} = \mu + J_i + ST_j + C_k + A_l + G_m + L_n + T_o + PR_p + \epsilon_{ijklmnop}$$

$y_{ijklmnop}$ = Beobachtungswert der abhängigen Variable (TM-Gehalt, Rohnährstoffe, Mineralstoffe)

μ = gemeinsame (mittlere) Konstante

J_i = zufälliger Effekt des Jahres (2002 bis 2021)

ST_j = zufälliger Effekt des Standortes (19 Stationen von Hohenems bis Güssing)

S_k = fixer Effekt des Schnittsystems (2- bis 4-Schnittsystem)

A_l = fixer Effekt des Aufwuchses (1. bis 4. Aufwuchs)

G_m = Effekt der Covariable Gräseranteil in Gewichtsprozent

L_n = Effekt der Covariable Leguminosenanteil in Gewichtsprozent

T_o = Effekt der Covariable Temperatursumme (Stationsdaten bis 2011 + INCA-Daten ab 2012)

PR_p = Effekt der Covariable Niederschlagssumme (Stationsdaten bis 2011 + INCA-Daten ab 2012)

$\epsilon_{ijklmnop}$ = nicht erklärter Rest der Streuung

Die Datenanalyse wurde mittels linearer Modellierung durchgeführt, um die Effekte der Einflussfaktoren mit entsprechenden P-Werten bzw. Koeffizienten beschreiben zu können. Für die lineare Modellierung wurde mit GLM (General Linear Model) und der Software Statgraphics Centurio XVII gearbeitet. Für die Mittelwertvergleiche wurde Tukeys HSD-Methode gewählt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Mittelwerte und Streuungskennwerte zeigen in RESCH (2023), dass die Daten normal verteilt vorlagen. Die Rohaschegehalte und deren Verteilung wiesen ca. 25 % mit Erde verschmutzte Proben auf, daher wurden diese auf Referenzwerte korrigiert – Details dazu unter Punkt Rohasche in RESCH (2023). Die Wertebereiche der einzelnen Parameter deckten weitestgehend bekannte Qualitäten aus anderen Quellen wie z.B. RESCH *et al.* (2017) ab, die von Futterprobenanalysen aus Dauerwiesen-Grünfütter in Österreich für extensives bis mittelintensives Grünlandmanagement (2- bis 4-Schnittsystem) vorliegen. Die im GLM berücksichtigten Faktoren lassen sich folgenden Bereichen zuordnen: Umweltfaktoren (Standort, Jahr, Temperatursumme, Niederschlagssumme), Managementfaktoren (Schnittsystem, Aufwuchs) und Pflanzenbestand (Anteil Gräser bzw. Leguminosen).

Tabelle 1: Auswirkung von Faktoren und Covariablen auf Qualitätsparameter alter Dauerwiesen (GLM-Statistik zu Daten aus DaFNE-Projekt DW-NET)

| Parameter | Kürzel | Einheit | n | \bar{x} | R ² | P-Werte Faktoren | | | | P-Werte Covariablen ¹ | | | | Koeffizienten ² | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|----------|------|-----------|----------------|------------------|----------|---------------|----------|----------------------------------|--------------|--------|-------------|----------------------------|--------------|--------|-------------|----|----|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | Jahr | Standort | Schnittsystem | Aufwuchs | Temperatur | Niederschlag | Gräser | Leguminosen | Temperatur | Niederschlag | Gräser | Leguminosen | | | | | | |
| Trockenmasse | TM | g/kg FM | 3838 | 243 | 39,7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 3,0 | -14,0 | 1,9 | -6,7 |
| Rohprotein | CP | g/kg TM | 3681 | 127 | 61,5 | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,6 | 0,7 | -0,9 | 1,4 |
| aNDFom | NDF | g/kg TM | 2282 | 502 | 54,5 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 2,5 | 1,8 | 9,6 | 0,7 |
| ADFom | ADF | g/kg TM | 2282 | 334 | 43,3 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 1,8 | 1,3 | 1,2 | 2,1 |
| ADL | ADL | g/kg TM | 2282 | 57,8 | 47,1 | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 1,3 | 0,0 | -1,1 | 1,2 |
| Rohfaser | CF | g/kg TM | 3681 | 261 | 46,6 | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 0,9 | 0,4 | 4,0 | 0,0 |
| Rohfett | CL | g/kg TM | 3681 | 20,3 | 57,0 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 0,2 | -0,7 | 0,0 | -0,3 |
| Rohasche | CA | g/kg TM | 3681 | 103,1 | 31,3 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,5 | 0,6 | -0,7 | 0,5 |
| OM-Verdaulichkeit | OMD | % | 3241 | 64,8 | 52,9 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,5 | -0,2 | -0,5 | -0,3 |
| Metabolische Energie | ME | MJ/kg TM | 3241 | 8,84 | 53,5 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,08 | -0,01 | -0,12 | -0,05 |
| Nettoenergie-Laktation | NEL | MJ/kg TM | 3241 | 5,11 | 53,2 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,06 | -0,03 | -0,07 | -0,03 |
| Calcium | Ca | g/kg TM | 3031 | 9,7 | 54,5 | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 0,03 | -0,2 | -0,5 | 0,2 |
| Phosphor | P | g/kg TM | 3681 | 3,4 | 69,0 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,04 | 0,03 | -0,06 | -0,03 |
| Magnesium | Mg | g/kg TM | 3031 | 3,3 | 55,6 | ** | ** | ** | ** | * | * | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 0,01 | -0,04 | -0,06 | 0,01 |
| Kalium | K | g/kg TM | 3681 | 20,1 | 49,6 | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,3 | 0,1 | -0,3 | -0,2 |
| Natrium | Na | mg/kg TM | 2654 | 229 | 45,7 | ** | ** | ** | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | 1,3 | 3,4 | 1,9 | -3,4 |
| Schwefel | S | g/kg TM | 180 | 2,1 | 30,1 | - | ** | ns | ** | ns | * | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | 0,02 | -0,05 | -0,09 | 0,05 |
| Eisen | Fe | mg/kg TM | 2268 | 1310 | 31,7 | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ns | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -1,6 | 129 | -24,9 | -56,4 |
| Zink | Zn | mg/kg TM | 2268 | 40,1 | 37,3 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 0,30 | 0,30 | -0,9 | -0,7 |
| Mangan | Mn | mg/kg TM | 2268 | 119 | 69,3 | ** | ** | * | ** | ns | ns | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | 1,8 | 3,7 | 1,1 | -2,0 |
| Kupfer | Cu | mg/kg TM | 2268 | 8,1 | 55,3 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** | -0,07 | 0,20 | -0,2 | -0,02 |

Signifikanzniveaus anhand P-Wert (P): ** hoch signifikant (P < 0,01), * signifikant (P < 0,05), ns = nicht signifikant (P > 0,05)

¹Mittelwerte Covariablen: Temperatursumme ~1050°C; Niederschlagssumme ~246 mm; Gräser ~ 58 Gew.%; Leguminosen ~9 Gew.%

²Koeffizienten Covariablen bei Erhöhung um: Temperatursumme 100°C; Niederschlagssumme 100 mm; Gräser 10 Gew.%; Leguminosen 10 Gew.%

Umweltfaktoren

Im GLM erwies sich der Faktor Versuchsstandort in allen untersuchten Parametern als hoch signifikanter Effekt. Die Differenzen zwischen den 19 Standorten wirkten sich besonders deutlich im Zink- und Mangangehalt aus (RESCH 2023). Darüber hinaus hatte die geologische Formation und der Boden des Standortes einen starken Einfluss auf den Calciumgehalt im Futter.

Der Jahreseffekt war mit Ausnahme des Schwefelgehaltes – es wurde nur in einem Jahr Schwefel untersucht – ebenso hoch signifikant in punkto Futterqualität ausgeprägt. Laut F-Statistik wurde der Rohfettgehalt stark durch das Versuchsjahr beeinflusst. In der Arbeit von RESCH (2023) wurden auch Regressionsanalysen durchgeführt, um trendmäßige Langzeiteffekte auf die Grünfutterqualität zu untersuchen. In der Tendenz gab es nach 20 Versuchsjahren lineare Erhöhungen in Gehaltswerten bei TM, aNDFom, ADFom, ADL und CF, d.h. das Dauerwiesenfutter enthielt 2021 um 40 g/kg FM mehr Trockenmasse, 35 g/kg TM mehr aNDFom, 23 g/kg TM mehr ADFom und um 10 g/kg TM mehr Lignin als 2002. Andererseits konnte eine lineare Abnahme der Eisen-, Phosphor- und Kupfergehalte beobachtet werden.

Der Effekt der Temperatur auf die Futterqualität ist nach BUXTON und FALES (1994) größer als andere Umweltfaktoren, weil für biochemische Prozesse Energie benötigt wird, damit Reaktionen geschehen können. Nach McWILLIAM (1978) determiniert die Strahlung die potentielle Produktivität, während Temperatur der Hauptfaktor für die Biodiversität ist. Die Zunahme der Temperatursumme um 100 °C bewirkte im DW-NET eine durchschnittliche Erhöhung des TM-Gehaltes um 3 g/kg TM. Die Strukturbestandteile nahmen in den Pflanzenzellwänden bei steigenden Temperaturen zu, d.h. durchschnittlich 2,5 g höhere aNDFom-Gehalte sind zu erwarten, wobei die Hälfte dieser Erhöhung auf Lignin (ADL) fiel. WILSON *et al.* (1991) fanden heraus, dass höhere Temperaturen insbesondere die Intensität der Lignifizierung erhöhen und dadurch die OMD verringert wird. Nach VAN SOEST (1994) fördern höhere Temperaturen eine schnellere metabolische Aktivität, welche einerseits Nitrat, Protein und lösliche Kohlenhydrate reduziert, aber andererseits strukturelle Zellwandbestandteile erhöht. Tendenziell wirkte sich die Temperatursumme weniger auf die Elementargehalte aus (Tabelle 1). Die Temperatureffekte spiegeln die Langzeiteffekte, weil in den vergangenen 20 Jahren die Temperatur in Österreich tendenziell um mehr als 1°C zunahm.

Unter trockeneren Bedingungen, d.h. bei Abnahme um 100 mm Niederschlag war im DW-NET in der Tendenz mit einer deutlichen Zunahme des TM-Gehaltes von 14 g/kg FM zu rechnen. Des Weiteren nahmen CP, aNDFom, ADFom, sowie CA und Fe bei weniger Niederschlag signifikant ab. Nach (MEISSER *et al.* 2015) wirkten sich Trockenperioden in einem erhöhten Anteil an abgestorbenen bodenbürtigen Pflanzenteilen aus, welche die Qualität der Gesamtpflanze beeinflussen können. Dürre führte nach SHEAFFER *et al.* (1992) zur Reduktion der N-Konzentration in den Blättern, währenddessen der N-Gehalt in den Grasstängeln zunahm, somit hatte die Trockenheit keinen Einfluss auf den N-Gehalt der Gesamtpflanzen. In Abhängigkeit des Pflanzenbestandes wurden in Studien sowohl CP-Abnahmen als auch CP-Zunahmen (GRANT 2016) nach Dürreperioden beobachtet. Andererseits bewirkten erhöhte Regenmengen nach WALTER *et al.* (2012) tendenziell eine Reduktion der Futterqualität. Im DW-NET waren die Effekte von Temperatur und Niederschlag teilweise kontroversiell, d.h. das Zusammenwirken von Umweltfaktoren ist auf unterschiedlichen Standorten durchaus komplex.

Managementfaktoren

In Bezug auf den starken Effekt des Erntezeitpunktes auf die Futterqualität herrscht in der Forschung schon lange Zeit Evidenz (REID *et al.* 1959), das konnte auch im DW-NET durch hoch signifikante Differenzen zwischen den verschiedenen Schnittsystemen bestätigt werden (Tabelle 1), d.h. spätere Ernte führt zu mehr Zellwandbestandteilen, in der Folge zu geringerer OMD bzw. Energie.

Alle qualitativen Parameter wurden durch den Faktor Aufwuchs hochsignifikant (P-Wert < 0,01) beeinflusst. Beispielsweise die Wirkung des Aufwuchses auf den Proteingehalt: 1. Aufwuchs: 105 g, 2.: 119 g, 3.: 132 g, 4.: 149 g CP/kg TM. Im Verlauf der Vegetationsperiode nahmen die Nährstoffe CP, CL, CA und Lignin, sowie die Elemente Ca, P, Mg, Fe, Zn, Mn und Cu tendenziell zu. Gegen Herbst kam es zu einer Abnahme von TM, aNDFom, ADFom, XF, OMD, ME und NEL, sowie von Kalium. Generell war zu beobachten, dass die alten Dauerwiesen im DW-NET deutlich geringere Futterqualitäten aufwiesen als jene von Wirtschaftswiesen (PÖTSCH und RESCH 2005). Grund dafür ist die Tendenz alter Dauerwiesen zu höheren NDF- bzw. ADF-Gehalten in Verbindung mit geringerer OM-Verdaulichkeit.

Pflanzenbestand - Artengruppenverhältnis

Nach ISSELSTEIN und KOMAINDA (2023) unterscheiden sich die funktionellen Gruppen (Gräser, Kräuter und Leguminosen) des Grünlandes in ihrer Futterqualität. Eine Erhöhung des Grasanteiles um 10 % bewirkte in DW-NET eine Reduktion des CP-Gehaltes um 0,9 g/kg TM, des CA-Gehaltes um 0,7 g/kg TM und des ADL-Gehaltes um 1,1 g/kg TM. Die OM-Verdaulichkeit sank dadurch um 0,5 %,

ebenso nahm ME und NEL geringfügig ab. Bei den Mineralstoffen führte ein höherer Gräseranteil mit Ausnahme von Na und Mn zu leichten Abnahmen der Elementgehalte (Tabelle 1). Diese Veränderungen stimmen mit den Ergebnissen von RESCH *et al.* (2015) für die Nährstoffgehalte und mit jenen von (RESCH *et al.* 2009) überein.

Zusammenfassung

Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein führte mit Partnern aus landwirtschaftlichen Schulen von 2002 bis 2021 ein umfangreiches Monitoring im Rahmen des DaFNE-Forschungsprojektes „DW-NET“ an bis zu 27 Standorten auf alten Dauerwiesen mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität durch. Die untersuchten Umwelt- und Managementfaktoren, sowie der Pflanzenbestand beeinflussten die meisten Parameter der Futterqualität (Nährstoffe, Verdaulichkeit, Mineralstoffe) auf hoch signifikante Weise. Höhere Lufttemperaturen führten hinsichtlich Futterqualität zu einer stärkeren Lignifizierung der Pflanzenzellen in Verbindung mit einer Abnahme der OM-Verdaulichkeit und der Energiedichte. Weniger Niederschläge resultierten in einer leichten Abnahme der Gerüstsubstanzen, wodurch die Verdaulichkeit und Energie sowie der Proteingehalt tendenziell zunahmen. In Regionen mit erhöhten Temperaturen und weniger Niederschlag erwiesen sich die alten Dauerwiesen als durchaus resilient im Pflanzenbestand, auch bei der intensiveren 4-Schnittnutzung. Standorteffekte waren aufgrund der Böden und der Wasserversorgung zum Teil stark ausgeprägt, wodurch beispielsweise der Calciumgehalt im Futter beeinflusst wurde. Bekanntermaßen stark wirkte der Erntezeitpunkt auf die Futterqualität, wobei alte Dauerwiesen auch bei 4-Schnittnutzung hinter den Erwartungen blieben. Langzeiteffekte wie die durchschnittliche Abnahme der Leguminosen um 3 % wirkten sich tendenziell senkend auf den Rohprotein-gehalt aus.

Abstract

From 2002 to 2021, AREC Raumberg-Gumpenstein and partners from agricultural schools carried out an extensive monitoring as part of the DaFNE research project "DW-NET" at up to 27 sites on old permanent grassland with different management intensities. Environmental and management factors, as well as the functional plant groups, had a highly significant influence on most parameters of forage quality (nutrients, digestibility, minerals). In terms of forage quality, higher air temperatures led to greater lignification of plant cells in conjunction with a decrease in OM digestibility and energy. Less precipitation resulted in a slight decrease in cell wall substances, which tended to increase digestibility, energy and protein content. In regions with higher temperatures and less precipitation, the old permanent pastures proved to be quite resilient, even with more intensive 4-cut utilisation. Location effects are discussed due to the soil and water supply, therefore for example lime-content was influenced in forage. We were able to confirm the harvest date as a strong influencing factor on forage quality, but old permanent grasslands falling short of expectations, even with 4-cut utilisation. At least, long-term effects, such as the average decrease in legumes by 3 % tended to have a lowering effect on the crude protein content.

Literatur

- ALBRECHT K, WEDIN W, BUXTON D (1987): Cell-Wall Composition and Digestibility of Alfalfa Stems and Leaves. *Crop Science* 27 (4), 735-741.
- BML (2023): Grüner Bericht 2023 – Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien 2023, 113 S.
- BOCKHOLT R, FUHRMANN U, BRIEMLE G (1996): Anleitung zur korrekten Einschätzung von Intensitätsstufen der Grünlandnutzung. *Natur und Landschaft* 71 (6), 249-251.
- BUXTON DR, FALES SL (1994): Plant environment and quality. In Fahey (Ed.): Forage quality, evaluation, and utilization, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison USA, 155-199.
- GRANT K (2016): Sensitivity of mesic temperate grassland to increased climate variability: biomass production, forage quality and plant-plant interactions. Dissertation, Universität Bayreuth, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Bayreuth, 247 S.
- ISSELSTEIN J, KOMAINDA (2023): Grünfütter und Grünfütterkonservate – Stellung in der Futterwirtschaft, 83-78. ALVA-Tagung, Hotel Heffterhof, Salzburg, 2024

87. In: DÄNICKE S. et al. (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRIMEDIA, Erling-Verlag, 744 S.
- KLINGLER A (2023): Klimatische Einflüsse und standortspezifische Faktoren: Analyse des Grünlandertrags in Österreich. Publikation zum Abschlussbericht des DaFNE-Forschungsprojektes Nr. 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 6 S.
- MEISSER M, DELEGLISE C, STEVENIN L, MOSIMANN E (2015): Auswirkung von Trockenperioden auf Wiesen. *Agrarforschung Schweiz* 6 (9), 400-407.
- McWILLIAM JR (1978): Responses of pasture plants to temperature In Wilson (Ed.): *Plant relations in pastures*, CSIRO: East Melbourne, Vic, Melbourne, Australia, 17-34.
- NELSON C.J., MOSER L.E. (1994): Plant factors affecting forage quality. In Fahey (Ed.): *Forage quality, evaluation, and utilization, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc.*, Madison, Wisconsin USA, 115-154.
- NULTSCH W (2001): Allgemeine Botanik, 11. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage, *Georg Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 133-140.
- PÖTSCH EM, RESCH R (2005): Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoffgehalt von Grünlandfutter. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchviehfütterung, Melkroboter, Züchtung, Ökonomik und Haltung", Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 13.-14. April 2005, 1-14.
- REID J, KENNEDY W, TURK K, SLACK S, TRIMBERGER G, MURPHY R (1959): Effect of growth stage, chemical composition, and physical properties upon the nutritive value of forages. *Journal of Dairy Science* 42 (3), 567-571.
- RESCH R, BUCHGRABER K, PÖTSCH EM, GRUBER L, GUGGENBERGER T, WIEDNER G (2009): Mineralstoffe machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. *Der fortschrittliche Landwirt* 15, ÖAG-Sonderbeilage Info 8/2009, 59-66.
- RESCH R, PERATONER G, ROMANO G, PIEPHOP HP, SCHAUMBERGER A, BODNER A, BUCHGRABER K, PÖTSCH EM (2015): Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1.-2. Oktober 2015, 61-75.
- RESCH R, GUGGENBERGER T, WIEDNER G, KASAL A, WURM K, GRUBER L, RINGDORFER F, BUCHGRABER K (2017): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *ÖAG-Infoschrift* 10/2017, überarbeitete Neuauflage, *Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG)*, Irdning-Donnersbachtal, 20.
- RESCH R (2023): Qualität von Wiesenfutter in Abhängigkeit diverser Einflussfaktoren. Teilpublikation zum Abschlussbericht DaFNE-Forschungsprojekt 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 33 S.
- RESCH R, KLINGLER A, GAIER L, GASSNER-SPECKMOSER K, BOHNER A, GRAISS W, EICHHORN T, FRITZ C, WIESER S, HERNDL M, SCHAUMBERGER A (2023): Abschlussbericht zum DaFNE-Forschungsprojekt Nr. 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 34 S.
- SHEAFFER C, PETERSON P, HALL M, STORDAHL J (1992): Drought effects on yield and quality of perennial grasses in the north central United States. *Journal of production agriculture* 5 (4), 556-561.
- VAN SOEST PJ (1994): Nutritional ecology of the ruminant, 2nd Edition, *Cornell University Press*, Ithaca und London, 476 S.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, *VDLUFA-Verlag*, Darmstadt.
- WALTER J, GRANT K, BEIERKUHNLEIN C, KREYLING J, WEBER M, JENTSCH A (2012): Increased rainfall variability reduces biomass and forage quality of temperate grassland largely independent of mowing frequency. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 148, 1-10.
- WILSON J, DEINUM B, ENGELS F (1991): Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39 (1), 31-48.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Saatgutmischungen für die intensive Grünlandbewirtschaftung unter Berücksichtigung der sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen

Seed mixtures for intensively managed grassland in consideration of changing climate conditions

Samuel Winkler

Einleitung

Grundfutter in bester Qualität hat deutlich positive Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes (HAMBRUSCH, 2019). Grundvoraussetzung sind hierfür ertragsstabile, harmonische sowie ausdauernde Pflanzenbestände, welche ideal an Standort sowie Nutzung angepasst sind. Im Zuge der sich verändernden klimatischen Bedingungen sind dynamische Pflanzengesellschaften, welche auch bei extremen Wetterbedingungen stabile Erträge erzeugen, wichtiger denn je. Im Seedmix-Projekt welches mit dem Projekt-Partner HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2019 an verschiedenen Standorten in Österreich unter anderem an zwei AGES-Standorten angelegt wurde, wurden verschiedene Grünland- und Feldfuttermischungen miteinander verglichen. Insgesamt drei unterschiedliche Fragestellungen wurden hierbei untersucht, **I:** Welche neuen Arten eignen sich für Grünland- und Feldfuttermischungen im österreichischen Anbauggebiet unter Berücksichtigung eines sich verändernden Klimas sowie häufigeren Extremwetterbedingungen, **II:** Welchen Mehrwert haben unterschiedliche Nachsaatregime in Bezug auf Nachsaatkomponenten, Nachsaatmenge sowie Nachsaattermin und **III:** Welchen Effekt haben unterschiedliche Nutzungsregime (4- und 5-Schnitt) bei verschiedenen Grünland- und Feldfuttermischungen auf Ertragsparameter und Besandeszusammensetzung.

Material und Methoden

Standortbeschreibung: Der „Seedmix“-Versuch wurde im Frühsommer 2019 an zwei Grünlandversuchsstandorten (Hagenberg und Grabenegg) der AGES angelegt. Der Versuchsstandort Grabenegg liegt im Mostviertel, Bezirk Melk (NÖ), auf 260 Höhenmetern, die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge liegt bei 704 mm und die Durchschnittstemperatur bei 10,3 °C. Der Bodentyp des Versuchsflächen lässt sich als kalkfreie, pseudovergleyte Braunerde auf Kalkmergelverwitterungsmaterial beschreiben (Bodenart: lehmiger Schluff).

Der zweite Versuchsstandort Hagenberg liegt im Mühlkreis (Bez. Freistadt OÖ), auf 463 Höhenmetern, mit einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von 772 mm und einer Durchschnittstemperatur von 9,1 °C. Der Bodentyp des Versuchsstandortes lässt sich als kalkfreie Feldbraunerde auf Granit beschreiben - Bodenart: lehmiger Sand bis sandiger Lehm (AGES, 2024).

Versuchsaufbau: Insgesamt wurden 25 verschiedene Grünland- und Feldfuttermischungen mit vier Wiederholungen an beiden Standorten zweifach angelegt um in zwei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten (4-Schnitt und 5-Schnitt) geführt zu werden.

Die verschiedenen Grünland- und Feldfuttermischungen setzen sich aus Dauerwiesenmischungen mit einer mittleren (D-Mittel) und einer intensiven (D-Intensiv) Nutzungsintensität, Wechselwiesenmischungen (W-Wiese), einer Dauerwiesenmischung für sehr trockene Standorte (*Südtiroler Mischung* – D-T), sowie Kleegrasmischungen (K-Gras) und Feldfutter-Intensivmischungen (F-Intensiv) zusammen. Um die Klimaanpassung verschiedener Arten in Grünland- und Feldfuttermischungen zu untersuchen, wurde des Weiteren bei allen Mischungen (ÖAG- Qualitätssaatgutmischungen) die Komponente **Wiesenschwingel** von 10-20 FL-% in der Mischung durch „eventuell klimastabilere und trockenresistentere“ Arten ersetzt – einerseits durch **Festulolium** (*xFestulolium braunii*) und andererseits durch **Rohrschwingel** (*Festuca arundinacea*). Zusätzlich wurden bei den Dauerwiesen- und Wechselwiesenmischungen zwei verschiedene Nachsaatvarianten (NIK: Nachsaatmischung für 4 und mehr Nutzungen-zweijährig und Rotkleenachsaat-jährlich) getestet.

Neben diversen Bestandsbonituren, wie Verunkrautung, Bestandslücken, Wuchshöhe, Pflanzenbestandsaufnahmen, wurde die Ertragsparameter für Grünmasse (GM), Trockenmasse (TM) sowie Rohprotein (RP) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Effekte der Substitution von Wiesenschwingel durch Festulolium bzw. Rohrschwingel

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die mittleren Trockenmasse- und Rohproteinträge der verschiedenen Grünland- und Feldfuttermischungen der Hauptnutzungsjahre 2020, 2021 und 2022 beider Standorte Grabenegg und Hagenberg.

Im Vergleich mit den durchschnittlichen Ertragsersparungen auf österreichischen Grünland- und Feldfutterbauflächen zeigten beide Versuchsstandorte überdurchschnittlich hohe Erträge für alle Mischungen. Teilweise konnte ein Mehrertrag von über 50 % erzielt werden (RESCH et al. 2022; PÖTSCH et al. 2008). Das Versuchsmittel für Trockenmasse- und Rohproteinträge über alle Versuchsjahre sowie Nutzungsintensitäten betrug am Standort Grabenegg 144 dt TM/ha bzw. 23 dt RP/ha sowie am Standort Hagenberg 186 dt TM/ha bzw. 28 dt RP/ha. Maximale Trockenmasseerträge wurden jeweils an beiden Standorten bei der Südtiroler Dauerwiesenmischung für sehr trockene Lagen (Südt.M.) mit einem sehr hohen Anteil an Rohrschwingel (40 FL-%) gemessen, 167 dt TM/ha (Gabenegg 5-Schnitt) und 208 dt TM/ha (Hagenberg 4-Schnitt). Die Erträge am Standort Hagenberg sind insbesondere vergleichbar mit dem Ertragsniveau von Silomais, welches an sehr guten Standorten bei etwa 237 dt TM/ha liegt (RESCH et al. 2022).

Vergleicht man die Ertragsdaten der Mischungen beider Standorte hinsichtlich der Nutzungsintensität (4- und 5-Schnitt) lässt sich eine Ertragssteigerung mit einer weiteren Schnittnutzung erkennen. Dieser Effekt war jedoch am Standort Grabenegg eindeutiger als am Standort Hagenberg, hinsichtlich der Trockenmasseerträge zeigte sich dieser Trend nicht. Vor allem der Rohproteintrag konnte mit einer höheren Schnittintensität (5-Schnitt) bei allen Mischungen gesteigert werden, wobei sich dieser Effekt ebenso besonders am Standort Grabenegg zeigte. Dies lässt sich mit dem früheren Schnittzeitpunkt im 5-Schnitt-Versuch und dadurch jüngerem und proteinreicherem Pflanzenmaterial auch aufgrund der erhöhten Stickstoffdüngergaben im 5-Schnitt-Versuch erklären. Im Vergleich zum 4-Schnitt-Versuch war die Gesamtstickstoffzufuhr im 5-Schnitt-Versuch um 70 kg N / ha und Jahr höher.

Im Hinblick auf den Effekt der Artensubstitution des Wiesenschwingels durch Festulolium bzw. Rohrschwingel in den Mischungen, konnten keine signifikanten Unterschiede im Trockenmasseertrag als auch im Rohproteintrag gemessen werden. Wie bereits erwähnt konnte die Dauerwiesenmischung-Trocken (Südt.M) mit einem sehr hohen Anteil an Rohrschwingel (40 FL-%) in der Mischung an beiden Standorten maximale Trockenmasseerträge und am Standort Hagenberg auch maximale Rohproteinträge erzielen. Diese hohen Ertragsersparungen von rohrschiwengelbetonten Mischungen decken sich mit den Erkenntnissen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zu Ertragsleistungen von Rohrschwingel und Festulolium (KALZENDORF and HINRICHSSEN 2017). Bei den Wechselwiesenmischungen mit einem höheren Artensubstitutionsanteil von 20 FL-% konnte hingegen kein eindeutiger Effekt von Festulolium oder Rohrschwingel in der Mischung gemessen werden. Lediglich am Standort Grabenegg ließ sich bei den Feldfuttermischungen (F-Intensiv sowie K-Gras) eine tendenzielle Verbesserung mit Rohrschwingel in den Mischungen erkennen, jedoch konnte die Verbesserung nicht als statistisch signifikant belegt werden.

Effekte der Nachsaatmaßnahmen

Im Vergleich der einzelnen Mischungsvarianten (ohne Nachsaat; mit NIK-Nachsaat; mit Rotklee-Nachsaat) konnte kein eindeutiger Unterschied in den Ertragsparametern festgestellt werden. Eine tendenzielle Ertragssteigerung im Rohprotein mit einer jährlichen Rotkleenachsaat zeigte sich für die Wechselwiesentypen sowie mittelintensive Dauerwiesenmischungen in der 5-Schnitt-Variante am Standort Grabenegg. Bei der Nachsaatvariante NIK (zweijährig) konnte im Vergleich zur Kontrollvariante keinerlei Steigerung im Rohprotein- oder Trockenmasseertrag beobachtet werden. Ein erwartungsgemäß positiver Effekt von Nachsaatmaßnahmen, wie Studien zu Nachsaat-Versuchen im Grünland zeigen (WEGGLER et al. 2020), konnte nach drei Hauptnutzungsjahren an keinem der beiden Versuchsstandorte festgestellt werden. Nach anfänglicher Keimung der Rotkleepflanzen in der Rotkleenachsaat-Variante, konnten sich diese jedoch nicht nachhaltig in den Beständen etablieren. Ein Grund dafür könnte die ausreichende Stickstoffversorgung im Boden sowie die hohe Nutzungsintensität der Bestände sein.

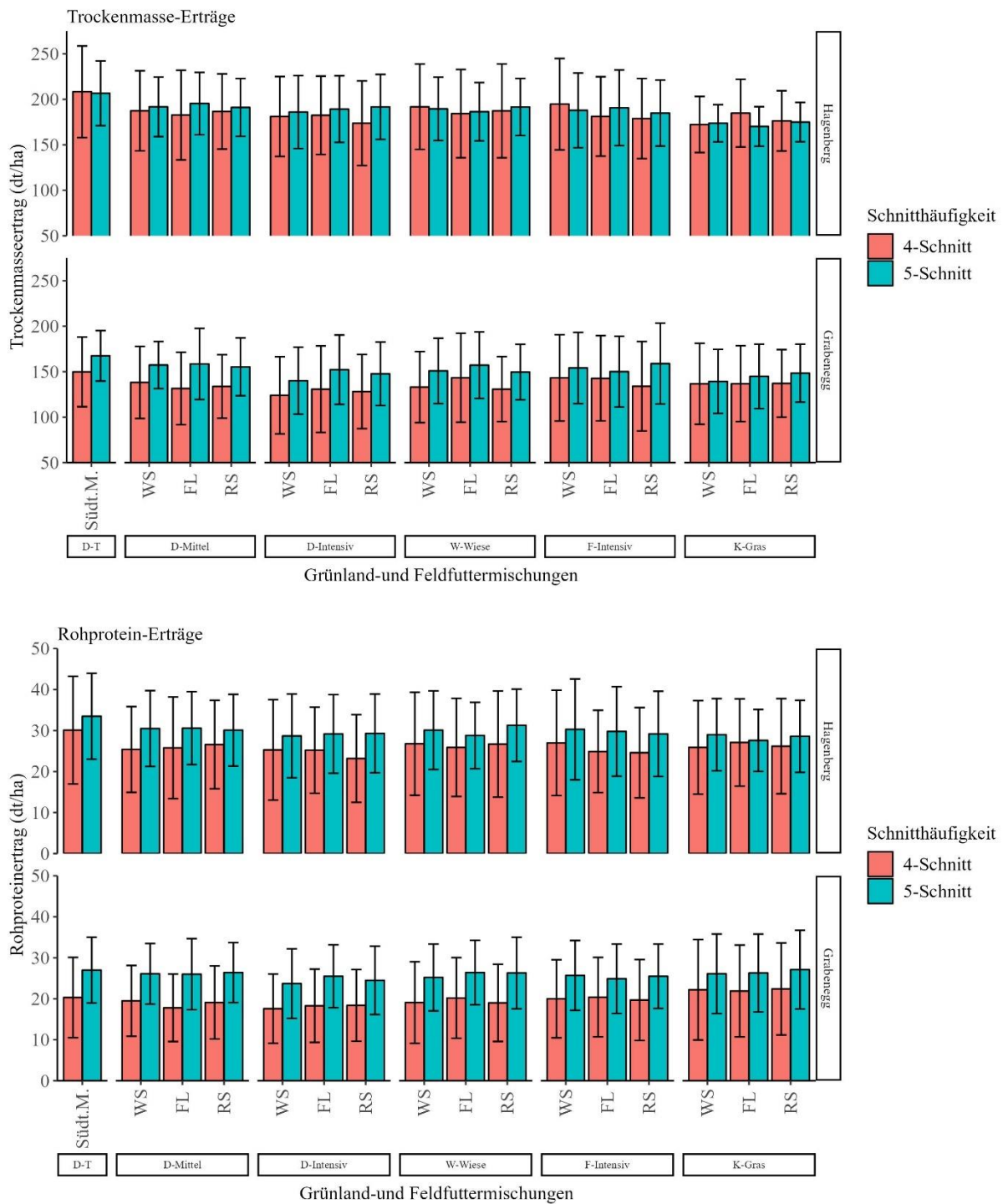


Abbildung 1 und 2: **Mittlere jährliche Trockenmasse- und Rohproteinерträge mit Standardabweichungen (2020-2022) verschiedener Grünland- und Feldfüttermischungen für beide AGES-Standorte.** Verglichen wurden die jeweiligen Standardmischungen (ÖAG-Qualitätssaatgutmischungen) mit Wiesenschwingel (WS), Substitution mit Festulolium (FL) und Substitution mit Rohrschwingel (RS) sowie einer Dauerwiesensmischung für extrem trockene Lagen (Südt.M) als zusätzliche Referenzmischung. Alle Mischungen wurden in zwei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten (4- und 5-Schnitt) geführt.

Zusammenfassung

Das Projekt Seedmix zielt darauf ab, wichtige Fragen für die zukünftige Grünlandbewirtschaftung in Österreich zu beantworten. Der Klimawandel und zunehmende Wetterextreme verlangen nach neuen klimaangepassten und trockenresistenten Arten für Grünland und Feldfutterbau. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer erhöhten Nutzungsintensität (5 Schnitte) und entsprechender Stickstoffversorgung die Trockenmasseerträge am Standort Grabenegg und die Rohproteinträge an beiden Standorten gesteigert werden konnten. Die Dauerwiesenmischung für sehr trockene Lagen (Südt.M) mit dem höchsten Gehalt an Rohschwingel (40 FL-%) zeigte auf beiden Standorten und unter beiden Nutzungsintensitäten die höchsten Trockenmasseerträge - **208** dt TM/ha und Jahr (Hagenberg 4-Schnitt) und **167** dt TM/ha und Jahr (Grabenegg 5-Schnitt) - sowie Rohproteinträge auf höchstem Level. Die Substitution des Wiesenschwingel bei den Grünland- und Feldfuttermischungen durch Festulolium (FL) oder Rohschwingel (RS) hatte keinen eindeutigen Effekt auf Trockenmasse- und Rohproteinträge. Der Einfluss der Nachsaatmaßnahmen auf die Ertragsleistung der Grünlandmischungen war an beiden Standorten gering und führte zu keiner signifikanten Steigerung der Trockenmasse- oder Rohproteinträge.

Abstract

The Seedmix project aims to answer important questions for future grassland management in Austria. Climate change and increasing weather extremes call for new climate-adapted and drought-resistant species for grassland and forage production. The results show that dry matter yields at Grabenegg and protein yields at both sites could be increased with a higher intensity of use (5 cuts) and appropriate nitrogen supply. The permanent meadow mixture for very dry sites (Südt.M) with the highest content of *festuca arundinacea* (40 FL-%) showed the highest dry matter yields - **208** dt DM/ha and year (Hagenberg 4-cut) and **167** dt DM/ha and year (Grabenegg 5-cut) - as well as protein yields at the highest level at both sites and under both land use intensities. The substitution of meadow fescue in the grassland and forage mixtures by *xfestulolium braunii* (FL) or *festuca arundinacea* (RS) had no clear effect on dry matter and protein yields. An effect of the reseeding measures on yield performance could not be clearly demonstrated and did not result in a significant increase in dry matter or protein yields.

Literatur

- AGES, Hrsg. (2024): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2024, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien.
- HABRUSCH J (2019): Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit der Milchschaafhaltung und Lämmerproduktion. In: Bericht über die 25. Wintertagung 2018 zum Thema Wer ernährt die Welt? HBLFA, Irdning, 33-36
- KALZENDORF C, HINRICHSEN H C (2017): Ertragsleistungen und Futterqualitäten von Rohschwingel, Festulolium, Lieschgras und Deutschem Weidelgras – dreijährige Untersuchungen in Nordwestdeutschland. In: Tagungsband der 61. Jahrestagung der AGGF in Berlin/Paulinenaue, 195-198
- RESCH R, KLINGER A, SCHAUMGBERGER A (2022): Trockenmasse- und Energieerträge bei unterschiedlicher Grundfuttermutzung in Abhängigkeit der Bodenklimazahl. In: 76. ALVA-Tagung, Steiermarkhof, Graz, 306-310
- PÖTSCH, E M (2008): Vergleich von Dauergrünland-, Wechselwiesen- und Feldfutteranlagen hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und Energieertrag mit besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Düngung. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning. Projektnummer: BAL 2311
- WEGGLER K, THUMM U, ELSÄSSER M (2020): Langzeitbeobachtung von Leguminosen-Nachsaaten im Dauergrünland. In: Berichte über Landwirtschaft Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft BAND 98 Ausgabe 2 98, 22

Adresse des Autors

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

DI Samuel Winkler, samuel.winkler@ages.at

Umweltwirkungen bei differenzierter Grünlandbewirtschaftung

Environmental impacts of differentiated grassland management

Markus Herndl^{1*}, Sebastian Wieser² und Christian Fritz¹

Einleitung

Dauergrünland (inklusive Feldfutter) umfasste in Österreich im Jahr 2022 laut INVEKOS-Daten eine Fläche von knapp 1,31 Mio. ha. Davon wurden 54 % als intensiv genutztes Grünland und 46 % als extensiv genutztes Grünland ausgewiesen (BML, 2023). Das Grünlandbewirtschaftung in Österreich differenziert und vielfältig ist, zeigt sich in den unterschiedlichen Nutzungsarten im Intensiv- und Extensivgrünland. Der überwiegende Teil (69 %) des intensiv genutzten Grünlands umfassen Mähwiesen und –weiden mit drei und mehr Nutzungen. Feldfutter trägt 20% und Dauerweiden 11% zu dieser Kategorie bei. Das extensiv genutzte Grünland besteht hauptsächlich aus Almen und Bergmähdern (52%) gefolgt von Mähwiesen und –weiden mit zwei Nutzungen (34%). Den geringeren Anteil im Extensivgrünland machen Hutweiden mit 8% und Streuwiesen, einmähdige Wiesen und Grünlandbrachen mit 6% aus. Die Nutzungsintensität im Dauergrünland ist hauptsächlich vom Standort (Boden, Klima) abhängig und ist im besten Falle eine optimale Kombination aus standortangepasster Nutzungsfrequenz und Düngung. Passt die Nutzungsfrequenz nicht zum Standort und/oder zur Düngung/dem Viehbesatz, kommt es neben Ertrags- und Futterqualitätseinbußen auch zu Nährstoffverlusten und ineffizientem Ressourceneinsatz. Um diese Verluste auf einem landwirtschaftlichen Betrieb hinsichtlich der Umweltwirkungen bewerten zu können wurde das Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife entwickelt (Herndl et al. 2016). Auf Basis von eingetragenen Bewirtschaftungsdaten und Zu- und Verkäufen können Handlungsfelder hinsichtlich Umweltmanagement eruiert, sowie werden und Stärken und Schwächen im Betriebsmanagement aufgezeigt werden. Ziel dieses Beitrages ist es, Umweltwirkungen von unterschiedlichen Schnittnutzungsintensitäten im Dauergrünland auf Grundlage von Betriebsdaten zu zeigen und mögliche Handlungsoptionen zu benennen.

Material und Methoden

Basis für die Auswertungen waren Betriebsdaten aus dem FarmLife-Netzwerk über die letzten zehn Jahre, aus denen eine Stichprobe von 332 Milchviehbetrieben aus ganz Österreich ausgewählt wurde (Guggenberger, 2023). Diese Betriebsdaten enthalten unter anderem Bewirtschaftungsdaten aus dem Grünland wie etwa Schnitthäufigkeit, Erträge, Konservierungsart bzw. Düngungszeitpunkt und –menge. Gruppirt und gewichtet man diese Informationen hinsichtlich der Schnitthäufigkeit über alle Betriebe hinweg ergeben sich vier Schnittnutzungsintensitäten, die wiederum in vier Konservierungsarten unterteilt wurden (Tabelle 1). Überwiegend Heu/Silage war dann erreicht, wenn über 50% der Fläche die jeweilige Konservierungsart beinhaltete. Die Umweltwirkungen über die Schnittnutzungsintensitäten hinweg wurden mit dem Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife (Herndl et al. 2016) berechnet. Als Systemgrenze wurde der landwirtschaftliche Betrieb und ein Jahr und als funktionelle Einheiten 1 kg ECM und 1 ha landwirtschaftliche Nutzfläche festgelegt. Die analysierten Umweltwirkungen sind in Bystricky et al. (2014) beschrieben und sind für die vorliegende Analyse Globales Temperaturänderungspotenzial (GTP) und Aquatisches Eutrophierungspotenzial N (AquN) Damit werden sowohl die ressourcen- als auch die nährstoffbezogenen Wirkungen abgedeckt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse werden gegliedert nach den drei ausgewählten Umweltwirkungskategorien und entlang der beiden Einflussgrößen Schnittnutzungsintensität und Konservierungsart analysiert.

Globales Temperaturänderungspotenzial: Betrachtet man das Globale Temperaturänderungspotenzial über 100 Jahre (GTP-100) über alle Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten hinweg, zeigt sich, dass das durchschnittliche Potenzial mit zunehmender Schnittnutzungsintensität pro ha steigt und nur bei der Erhöhung der Intensität von 2 auf 3 pro kg ECM signifikant fällt (Abbildung 1). Das ist vor allem durch die Emissionen aus der Tierhaltung (Enterische Fermentation) beeinflusst, deren Menge mit zunehmender Schnittnutzungsintensität pro ha steigt. Das hat überwiegend mit einer höheren Besatzdichte auf der Fläche zu tun, die über die Schnittnutzungsintensitäten hinweg steigt (Tabelle 1). Die Reduktion des GTP pro kg ECM von 2 auf 3 Schnittnutzungsintensität ist vorwiegend auf den relativ

großen Milchleistungsunterschied (ca. +1600 kg) und den damit wesentlich erhöhten Divisor (funktionelle Einheit ECM) zurückzuführen.

Tabelle 1: **Betriebsdaten zu den einzelnen Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten.**

| | Heu | Silage | überwiegend Heu | überwiegend Silage | Mittelwert |
|--|------|--------|-----------------|--------------------|------------|
| Schnittnutzungsintensität 2 (n) | (8) | - | (6) | (8) | (22) |
| Anzahl Milchkühe ohne Mutterkühe | 19 | - | 13 | 26 | 20 |
| Eigene Fläche (ha) | 28 | - | 22 | 32 | 27 |
| Besatzdichte (GVE/ha) | 1,08 | - | 1,05 | 1,48 | 1,20 |
| Ertrag (kg TM/ha) | 7288 | - | 7358 | 6866 | 7171 |
| Energiedichte (MJ NEL/kg TM) | 5,4 | - | 5,4 | 5,6 | 5,5 |
| N-Düngung (kg/ha) | 46 | - | 57 | 97 | 67 |
| Produzierte Milch ECM je Kuh (kg) | 5651 | - | 4860 | 5489 | 5333 |
| Schnittnutzungsintensität 3 (n) | (20) | (34) | (33) | (132) | (219) |
| Anzahl Milchkühe ohne Mutterkühe | 24 | 42 | 13 | 35 | 28 |
| Eigene Fläche (ha) | 26 | 41 | 19 | 39 | 31 |
| Besatzdichte (GVE/ha) | 1,36 | 1,60 | 1,30 | 1,51 | 1,44 |
| Ertrag (kg TM/ha) | 8233 | 8574 | 8200 | 7851 | 8215 |
| Energiedichte (MJ NEL/kg TM) | 5,5 | 5,9 | 5,5 | 5,8 | 5,7 |
| N-Düngung (kg/ha) | 71 | 117 | 63 | 105 | 89 |
| Produzierte Milch ECM je Kuh (kg) | 6377 | 8213 | 5516 | 7468 | 6894 |
| Schnittnutzungsintensität 4 (n) | - | (17) | (4) | (59) | (80) |
| Anzahl Milchkühe ohne Mutterkühe | - | 58 | 21 | 35 | 38 |
| Eigene Fläche (ha) | - | 50 | 29 | 34 | 38 |
| Besatzdichte (GVE/ha) | - | 1,81 | 1,22 | 1,54 | 1,52 |
| Ertrag (kg TM/ha) | - | 8417 | 7417 | 8384 | 8073 |
| Energiedichte (MJ NEL/kg TM) | - | 5,8 | 5,7 | 5,8 | 5,8 |
| N-Düngung (kg/ha) | - | 136 | 55 | 103 | 98 |
| Produzierte Milch ECM je Kuh (kg) | - | 8421 | 6251 | 7731 | 7468 |
| Schnittnutzungsintensität 5 (n) | - | (5) | - | (6) | (11) |
| Anzahl Milchkühe ohne Mutterkühe | - | 77 | - | 47 | 62 |
| Eigene Fläche (ha) | - | 56 | - | 51 | 53 |
| Besatzdichte (GVE/ha) | - | 1,89 | - | 1,49 | 1,69 |
| Ertrag (kg TM/ha) | - | 9442 | - | 8708 | 9075 |
| Energiedichte (MJ NEL/kg TM) | - | 6,1 | - | 5,8 | 6,0 |
| N-Düngung (kg/ha) | - | 181 | - | 112 | 147 |
| Produzierte Milch ECM je Kuh (kg) | - | 8930 | - | 7781 | 8355 |

Eine weitere wichtige Einflussgröße sind die Emissionen, die mit dem Kraftfutterzukauf verbunden sind, wobei diese sowohl pro kg ECM als auch pro ha über die Schnittnutzungsintensitäten steigen, was auf eine reduzierte Effizienz des Kraftfuttermiteinsatzes hinweist. D.h. die zusätzlich produzierte Milch (Tabelle 1) kann das Mehr an Kraftfutter und die damit verbundene Umweltwirkung nicht kompensieren. Die Emissionen aus Energieträgern (Diesel, Strom) steigen ebenso pro ha mit der zunehmenden Schnittnutzungsintensität, jedoch wird das mit zunehmendem Milchoutput (Tabelle 1) kompensiert, wo es keine Unterschiede mehr über die Schnittnutzungsintensitäten hinweg gibt. Im Vergleich der Konservierungsarten fallen die Konservierungsart „überwiegend Heu“ bei den extensiveren Schnittnutzungssystemen (2 und 3) und „Silage“ bei den intensiveren Nutzungsintensitäten (4 und 5) auf, welche die höchsten GTP Werte pro kg ECM aufweisen. Haupteinflussgröße bei der Konservierungsart „überwiegend Heu“ sind die Emissionen, die mit der Maschinenausstattung und dem damit verbundenen höheren Dieserverbrauch einhergehen. Da „überwiegend Heu“ meist bedeutet: Maschinen für die Heubereitung aber auch einzelne zusätzliche Maschinen für die Silagebereitung zu haben, wirkt sich das negativ auf die Umweltwirkung aus. Bei den intensiveren Schnittnutzungssystemen erfolgt eine Spezialisierung und gewisse Ernteprozesse werden durch Dritte meist effizienter und damit umweltverträglicher durchgeführt. Ein erhöhtes GTP bei „Silage“ im Schnittnutzungsintensität 4 und 5 ist vor allem durch den höheren Kraftfutterzukauf verursacht. Durchschnittliche Milchleistungen je Kuh von 8400 kg und 8900 kg in der Schnittnutzungsintensität 4 und 5 verlangen in Kombination mit hohen Energiedichten im Grundfutter (Tabelle 1) den jeweils vergleichsweise höheren Kraftfuttermiteinsatz.

Aquatisches Eutrophierungspotenzial N: Das Aquatische Eutrophierungspotenzial N über alle Intensitäten und Nutzungen hinweg verhält sich ähnlich wie das globale Temperaturänderungspotenzial, es steigt durchwegs pro ha und sinkt signifikant pro kg ECM nur bei der Erhöhung der Intensität von 2 auf 3 (Abbildung 2). Der N-Eintrag wird im Wesentlichen durch die direkten am Hof verursachten Dünger- und Feldemissionen und durch die indirekten Emissionen aus dem Kraftfutterzukauf verursacht. Die Zunahme des Aquatischen Eutrophierungspotenzials N pro ha mit der Erhöhung der Schnittnutzungsintensität ist vor allem verursacht durch die höhere ausgebrachte N-Düngemenge (Tabelle 1), welche die Dünge- und Feldemissionen erhöht. Die Verringerung des Aquatischen Eutrophierungspotenzials N pro kg ECM von 2 auf 3 Schnittnutzungsintensität ist wiederum auf den relativ großen Milchleistungsunterschied (+1600 kg) zurückzuführen. Bei den indirekten Emissionen aus dem Kraftfutterzukauf gibt es keine große Abweichung über alle Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten, jedoch sticht die Schnittnutzungsintensität 4 mit der Konservierungsart „überwiegend Heu“ und „Silage“ heraus, die überproportional viel Emissionen pro kg ECM verursacht. Das hat hauptsächlich mit dem Zukauf von Eiweißfuttermitteln zu tun, die scheinbar bei diesen Betrieben vermehrt zur Anwendung kommen.

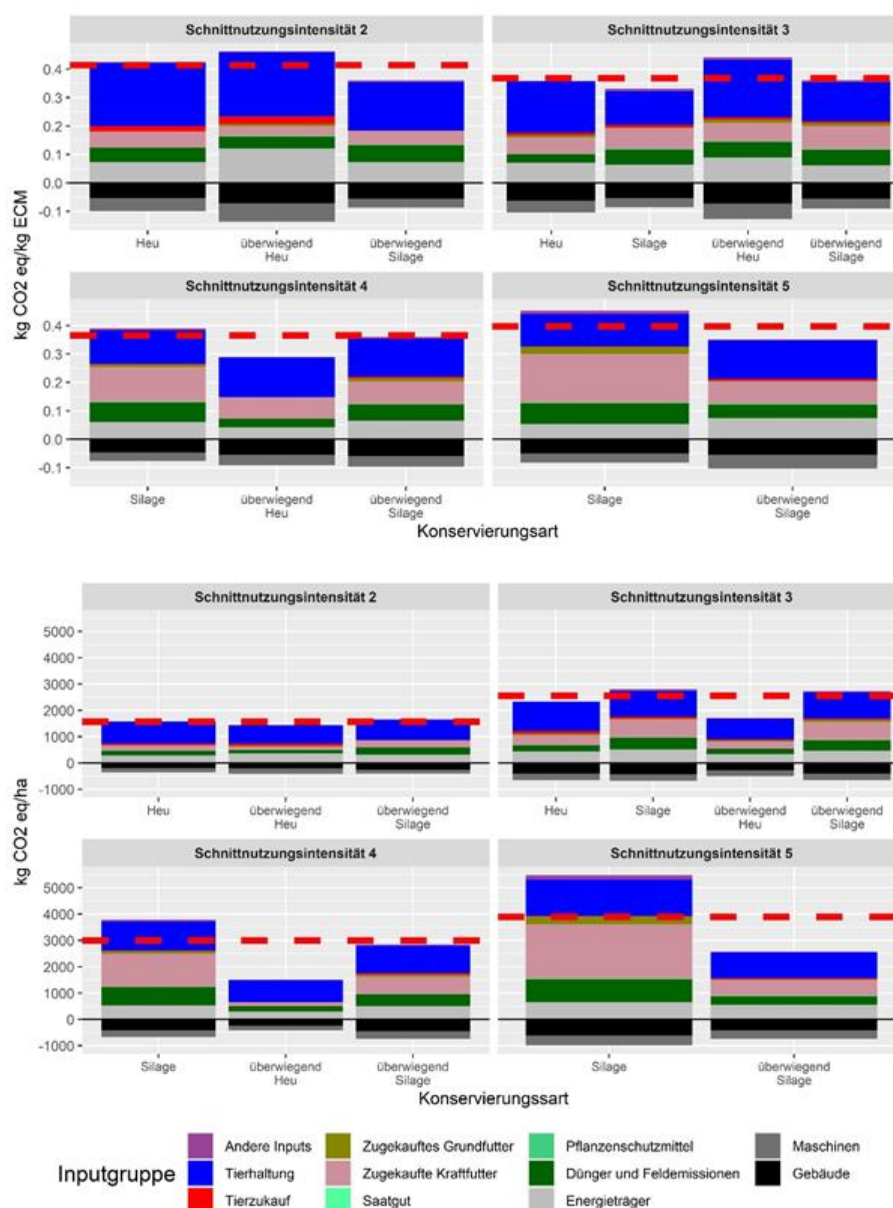


Abbildung 1: Globales Temperaturänderungspotenzial der Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten pro kg ECM (oben) und pro ha LN (unten), aufgeteilt nach Inputgruppen.

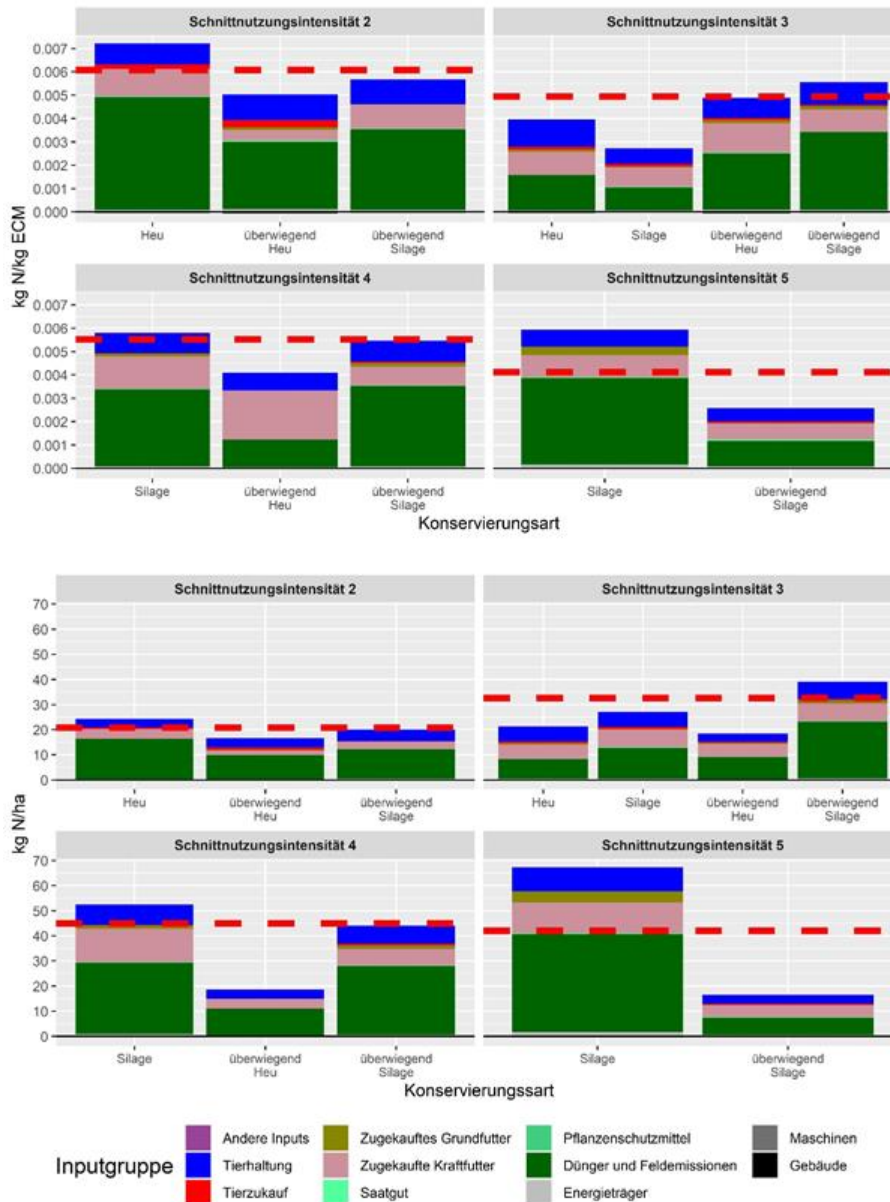


Abbildung 2: Aquatisches Eutrophierungspotenzial N der Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten pro kg ECM (oben) und pro ha LN (unten), aufgeteilt nach Inputgruppen.

Handlungsfelder: Aus den Ergebnissen und der Diskussion ergeben sich folgende wichtige Handlungsfelder zur Reduzierung von GTP (i) den Tierbesatz auf den Standort anpassen, (ii) eine leistungsgerechte Anpassung des Kraftfittereinsatzes/-zukaufes (vor allem bei hohen Schnittnutzungsintensitäten) und damit verbundene Optimierung der Grundfutterqualität (wichtig bei extensiven Schnittnutzungsintensitäten), (iii) den Einsatz von Maschinen (Energieträgern) vor allem bei heulastigen Arbeitskettens zu optimieren. Für AquN ist das wichtigste Handlungsfeld die N-Düngung an den Standort anzupassen (standortgerechter Tierbesatz, N-Flächenbilanzen erstellen). Vermehrt Eiweiß aus dem Grünland in die Fütterung zu integrieren (Reduktion Eiweißfuttermittelzukauf) ist generell empfehlenswert, jedoch hauptsächlich ein Thema bei Schnittnutzungsintensität 4 mit der Konservierungsart überwiegend Heu.

Zusammenfassung

Grünlandbewirtschaftung in Österreich ist differenziert und vielfältig. Wenn die Nutzungsfrequenz nicht zum Standort und zur Düngung passt, kommt es neben Ertrags- und Futterqualitätseinbußen auch zu Nährstoffverlusten und ineffizientem Ressourceneinsatz. Ziel dieses Beitrages ist es, Umweltwirkungen unterschiedlicher Schnittnutzungsintensitäten und Konservierungsarten im Dauergrünland auf Grundlage von Betriebsdaten zu zeigen und mögliche Handlungsfelder zu benennen. Auf Basis der Betriebsdaten von 332 Milchviehbetrieben wurden die Umweltwirkungen Globales Temperaturänderungspotenzial (GTP) und Aquatisches Eutrophierungspotenzial N (AquN) mit dem Betriebsmanagement- und Ökobilanzierungs-Werkzeug FarmLife berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Schnittnutzungsintensität alle Umweltwirkungen pro ha steigen, jedoch nur bei der Steigerung der Schnittnutzungsintensität von 2 auf 3, GTP und AquN signifikant pro kg ECM sinken. Grundfutterqualität zu optimieren und Kraftfutter effizient einzusetzen sind neben einer sachgerechten Düngung Handlungsfelder, um diese Umweltwirkungen zu reduzieren.

Abstract

Grassland management in Austria is differentiated and diverse. If the cutting frequency does not match the location and fertilization, there are losses in yield and forage quality, nutrient losses and inefficient use of resources. This paper aims to show the environmental impacts of different cutting intensities and conservation types in permanent grassland based on farm data and identify possible fields of action. Based on farm data from 332 dairy farms, the environmental impacts are global temperature potential (GTP) and eutrophication. N (AquN) was calculated using the FarmLife farm management and life cycle assessment tool. The results show that with increasing cutting intensity, all environmental impacts per ha increase, but only when increasing the cutting intensity from 2 to 3, GTP and AquN decrease significantly per kg ECM. In addition to proper fertilization, optimizing the forage quality and using concentrated feed efficiently are fields of action for reducing these environmental impacts.

Literatur

BML (2023): Grüner Bericht 2023. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Wien. <https://gruenerbericht.at>

Bystricky, M., M. Alig, T. Nemecek, und G. Gaillard (2014): Ökobilanz ausgewählter Schweizer Landwirtschaftsprodukte im Vergleich zum Import. *Agroscope Science* 2.

Guggenberger T., M. Herndl, C. Fritz (2023) Ganzheitliche Ökoeffizienz als Methode zur Unterstützung der Milchwirtschaft, Abschlussbericht BML (in Bearbeitung).

Herndl, M., D.U. Baumgartner, T. Guggenberger, M. Bystricky, G. Gaillard, J. Lansche, C. Fasching, C., A. Steinwider, und T. Nemecek (2016): Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich. Abschlussbericht, BMLFUW, 99 S.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Raumberg-Gumpenstein Research & Development, Altirdning 11, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Markus HERNDL, markus.herndl@raumberg-gumpenstein.at

Ausbreitung des Stechapfels und die zunehmende Gefahr der Verunreinigung der Ernte mit Tropanalkaloiden

Spread of datura and increasing risk of crop contamination with tropane alkaloids

Swen Follak^{1,*}, Elisabeth Reiter², Peter Riegler-Nurscher³, Michael Treiblmeier⁴,

Zusammenfassung

Der Gewöhnliche Stechapfel (*Datura stramonium* L.) ist ein landwirtschaftliches Unkraut und enthält giftige Tropanalkaloide. In dem Projekt StopDatura (<https://dafne.at/projekte/stopdatura>) werden Strategien entwickelt, eine Kontamination von Tropanalkaloiden im Erntegut landwirtschaftlicher Kulturen zu verhindern. Die Ergebnisse umfassen die Analyse der Ausbreitungsdynamik des Stechapfels und die Identifizierung von Risikogebieten in Österreich. Es zeigt sich, dass der Stechapfel in Ausbreitung begriffen ist und auch bisher befallsfreie Regionen in Österreich eindringen wird. Es wurde außerdem eine Methode zum Einsatz von Drohnen zur Erkennung des Stechapfels in Sojabohnenfeldern entwickelt und unter Praxisbedingungen getestet. Befallskarten geben Auskunft über das Ausmaß des Auftretens des Stechapfels in einem Sojabohnenfeld vor der Ernte und ermöglichen eine zielgenaue Bekämpfung. Darüber hinaus wurde die Ernte von Sojabohnenfeldern mit einem unterschiedlichen Befallsgrad des Stechapfels mittels Mikroskopie und LC-MS/MS untersucht. Die ersten Untersuchungen des Erntegutes zeigen, dass ein hoher Stechapfelbefall in der Sojabohne mit einer entsprechend hohen Kontamination des Erntegutes mit Stechapfelsamen und Tropanalkaloiden einhergeht.

Abstract

Datura (*Datura stramonium* L.) is an agricultural weed containing toxic tropane alkaloids. In the StopDatura project (<https://dafne.at/projekte/stopdatura>), strategies are being developed to prevent contamination of harvested crops with tropane alkaloids. Preliminary results include an analysis of the spread dynamics of datura and the identification of risk areas in Austria. The results show that the species is spreading and will also colonize regions in Austria that were previously free of infestation. A method using drones to detect datura in soybean fields was developed and tested under practical conditions. Infestation maps provide information on the extent of datura abundance in a soybean field before harvesting, which enables targeted control. In addition, the harvest of soybean fields with varying degrees of datura infestation was examined by microscopy and LC-MS/MS. The results show that a high datura infestation in soybean fields is accompanied by a correspondingly high contamination of the harvested crop with datura seeds and tropane alkaloids.

Adressen der Autoren

¹ Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, AGES, Wien, Österreich

² Institut für Tierernährung und Futtermittel, AGES, Wien, Österreich

³ Josephinum Research, Computer Vision & Machine Learning, Wieselburg, Österreich

⁴ Blickwinkel Digital Service, Kirchdorf am Inn, Österreich

* Ansprechpartner: Swen FOLLAK, swen.follak@ages.at

Japankäfer - Ein neuer Schädling auf dem Vormarsch

Popillia japonica - a new pest on the rise

Anna Moyses^{1*} und Christina Topitschnig²

Zusammenfassung

Der aus Asien stammende Japankäfer *Popillia japonica* ist aufgrund seines hohen Schadpotentials in der EU als prioritärer Unionsquarantäneschädling geregelt. Mit nur einer Generation im Jahr ist er in der Lage beträchtliche ökonomische Schäden an mehr als 300 Pflanzenarten zu verursachen. In der Landwirtschaft ist der Wein- und Obstbau und der Beerenobstanbau gefährdet, aber auch feld- und gartenbauliche Kulturen, Zierpflanzen und Laubgehölze können betroffen sein. Hierzulande wurde der Japankäfer bisher noch nicht nachgewiesen, jedoch besteht ein hohes Einschleppungs- und Ansiedlungsrisiko für Österreich. In Nord-Italien und der Schweiz ist er bereits eingeschränkt verbreitet und in Deutschland wurden in den vergangenen Jahren vereinzelt Käfer in Fallen gefunden. In 2023 wurde erstmals eine kleine Japankäfer-Population nördlich der Alpen im Kanton Zürich festgestellt. Die rechtzeitige Früherkennung ist wesentlich, um die Verbreitung und Etablierung des Japankäfers zu unterbinden. Daher wird es ab Frühsommer 2024, neben den Monitoring-Aktivitäten der Bundesländer, auf den Homepages der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und des Amtlichen Pflanzenschutzdienstes eine österreichweite Online-Meldeplattform für verdächtige Käfersichtungen der Bürgerinnen und Bürger geben.

Abstract

The Japanese beetle *Popillia japonica*, which originates from Asia, is regulated as a priority Union quarantine pest in the EU due to its high damage potential. With only one generation per year, it is able to cause significant economic damage to more than 300 plant species. Many agricultural crops (grapes, berry fruits, fruits and vegetables) and arable crops are at risk, but ornamental plants and deciduous trees can also be affected. In Austria the Japanese beetle has not yet been detected, but there is a high risk of introduction and establishment. It is already present (restricted distribution) in northern Italy and Switzerland and beetles have occasionally been found in traps in Germany in recent years. In 2023, a small Japanese beetle population was detected for the first time north of the Alps in the canton of Zurich. Early detection is essential to prevent the spread and establishment of the Japanese beetle. For this reason, from early summer 2024, in addition to the monitoring activities of the federal states, an Austria-wide online platform for reporting suspicious findings will be available for citizens on the websites of Austrian Agency for Health and Food Safety GmbH and the Official Plant Protection Organisation.

Adressen der Autorinnen

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, ¹ Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion und ² Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: DI Anna MOYSES, anna.moyeses@ages.at

Erfahrungen bei der Herstellung von teilweise entalkoholisierten Weinen mittels hydrophober Membran

Current findings in the production of partially dealcoholized wines via hydrophobic membrane

Harald Scheiblhofer, Herbert Schödl, Michael Winkler, Andreas Lobe, Margarete Jäger, Michaela Kiss, Elsa Patzl-Fischerleitner, Christian Philipp

Einleitung

Das Thema der Korrektur des Alkoholgehalts von Wein könnte durch die steigende Reife der Trauben und damit höhere Alkoholgehalte schon sehr bald ein Thema für österreichische Weißweine werden, wenn es nicht schon eines ist. In der EU gibt es aktuell einiges an Bewegung zu den Themen. So sollen alkoholfreie bzw. alkoholarme (besser spricht man hier von teilweiser Entalkoholisierung) Weine nun deutlich klarer als Gruppe in der Welt der Weine und Schaumweine verankert werden. Es sollen, vereinfacht gesagt, zukünftig auch nur mehr Behandlungen und Zusätze erlaubt sein, die auch bei normalem Wein erlaubt sind. Somit soll es dann nicht mehr möglich sein, solche Weine beispielsweise zu aromatisieren, wenn das Produkt dann noch als Wein ausgelobt wird. Zusätzlich zur Herstellung von (teilweise) entalkoholisierten Weinen gibt es noch die Behandlung zur Korrektur des Alkoholgehalts von Wein.

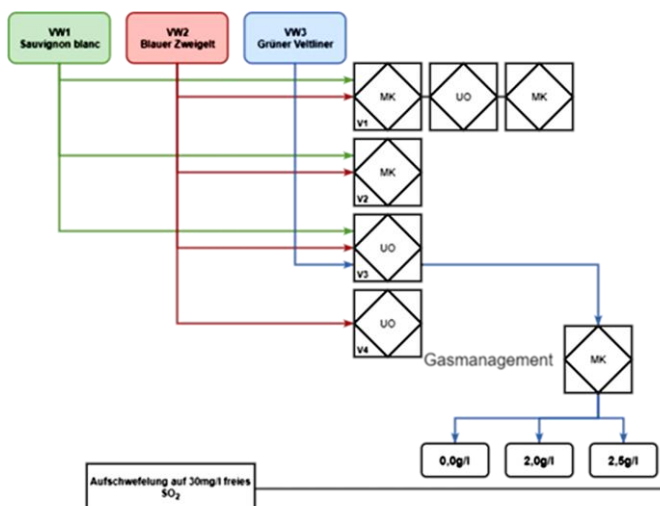
Eine (teilweise) Entalkoholisierung im eigenen Betrieb ist nicht ganz einfach durchzuführen. Realistisch erscheint eher der Einsatz von Lohnverfahren zu sein. Dem Autor sind aber keine einschlägigen Dienstleister bekannt, die in Österreich etwas anbieten. Eine Behandlung zur Korrektur des Alkoholgehalts ist deutlich einfacher durchzuführen. Viele Betriebe verfügen bereits über entsprechende Anlagen, wissen aber nicht um die technischen Möglichkeiten. In den letzten Jahren haben sich schon einige Betriebe in Österreich Geräte zum CO₂- bzw. Gas-Management angeschafft. Das Herzstück dieser Anlagen ist eine hydrophobe Membran. Diese Anlagen kann man auch zur Reduktion von Alkohol im Wein verwenden. An dieser Stelle soll gleich darauf hingewiesen werden, dass Anlagen zum Gasmanagement nicht für die Alkoholreduktion gedacht sind. Bei einem mehrfachen Wechsel zwischen Gas- bzw. CO₂-Anwendungen zur Alkoholreduktion kann es zu einem Schaden an der Membran kommen. Wenn man überlegt, die Alkoholreduktion öfters durchzuführen, sollte man sich daher eine eigene zweite Membran anschaffen. Gegen ein paar Versuche, um die Möglichkeiten der Alkoholkorrektur kennenzulernen, spricht nach aktuellem Wissensstand aber nichts. Im Zweifelsfall aber unbedingt vorher mit dem Hersteller der Anlagen sprechen. Für die Versuche in Klosterneuburg wurden zwei Weißweine und ein Rotwein verwendet. Durchgeführt wurde die Korrektur des Alkoholgehaltes mittels einer hydrophoben Membran und mittels Umkehrosiose. Außerdem wurde eine Kombination dieser beide Verfahren angewendet. Zur Korrektur des Alkoholgehaltes mittels hydrophober Membran kann dem Wein bis zu 20 % des Alkoholgehaltes auch bei Qualitätswein legal entzogen werden. Eine Korrektur des Alkoholgehaltes oder (teilweise) Entalkoholisierung mittels Umkehrosiose ist rechtlich nicht zulässig und darf daher in Österreich nicht angewendet werden. Eine Kombination der beiden Verfahren ist je nach Anwendungsfall zulässig oder auch nicht. Eine teilweise oder komplette Alkoholreduktion mittels hydrophober Membran ist prinzipiell möglich, erscheint aber in der Praxis als zu aufwendig und für die Herstellung größerer Mengen daher eher ungeeignet.

Material und Methoden

Funktionsweise der hydrophoben Membran:

Die hydrophobe Membran ist undurchlässig für Wasser bzw. Wein. Es können nur Gase durchtreten. Diese Membranen werden daher normalerweise dazu verwendet, um Wein mit CO₂ zu „begasen“ oder Weinen Gase (vor allem CO₂, aber auch Sauerstoff) zu entziehen. Beim Gas-Management fließt nun auf der einen Seite der Membran der Wein und auf der anderen Seite legt man CO₂ zum Begasen oder ein Vakuum zum Entgasen an. In der Folge strömt Gas durch die Membran in den Wein oder aus dem Wein heraus. Bei der Alkoholreduktion kann man anstelle von Gas nun Wasser auf der Gas-Seite zirkulieren lassen. Vereinfacht gesagt passiert nun folgendes: Der Alkohol „verdampft“ auf der Weinseite und geht

als Gas durch die Membran und „kondensiert“ wieder im Wasser. Somit stellt sich ein Alkohol-Gleichgewicht auf beiden Seiten der Membran ein. Geht man von der gleichen Menge Wein und Wasser auf beiden Seiten aus und lässt dem System genügend Zeit, kann man den Alkoholgehalt im Wein somit in einem Durchgang auf die Hälfte des ursprünglichen Alkoholgehaltes reduzieren. Ersetzt man nun das Wasser durch frisches Wasser kann man den Wein wieder auf die Hälfte des nun vorhandenen Alkoholgehaltes reduzieren. Dies kann man beliebig oft wiederholen, um den gewünschten Alkoholgehalt zu erreichen. Geht man nun beispielsweise von 12 % Vol. Alkohol zu Beginn aus, kommt man nach einem Durchgang auf 6 % Vol., nach dem zweiten Durchgang auf 3 % Vol., dann 1,5 % Vol. und nach zwei weiteren Durchgängen auf theoretisch 0,375 % Vol. Alkohol. Somit könnten man theoretisch in fünf Durchläufen einen „entalkoholisierten“ Wein herstellen. In der Praxis sind es leider eher 50 Durchgänge. Grundsätzlich ist diese Technologie sehr aromaschonend. Für eine (fast) vollständige Entfernung des Alkohols aus dem Produkt müsste der Wein aber eine sehr lange Zeit im Kreislauf über die Membran laufen, was dann letztendlich doch der Weinqualität schaden würde. Sinnvoller ist daher die Anwendung im Bereich „Korrektur des Alkoholgehaltes“. Hier kann die gesamte Weinmenge im Kreislauf mit der passenden Wassermenge laufen oder es wird einer geringen Weinmenge mehr Alkohol entzogen als schlussendlich nötig und der passende Alkoholgehalt durch Verschnitt mit der Gesamtmenge eingestellt. Dies ist in der Regel auch die schonendere Methode für das Weinaroma. Empfohlen wird in der Literatur fast immer, den Wasser- und Weinstrom entgegengesetzt fließen zu lassen. Theoretisch führt dies zu einem rascheren Übergang des Alkohols in das Wasser. In der Praxis ist es aber gleich gut oder sogar besser, den Wein und das Wasser in der gleichen Richtung (und zwar von unten nach oben) durch die Membran zu pumpen. Bei Gegenstrom wird das Wasser von oben nach unten durch die Membran gepumpt. In der Membran befindliche Luft oder Gas können dabei nur schwer aus der Membran entweichen und stören den Übergang des Alkohols durch die Membran, was insgesamt zu einer Leistungsverminderung bei der Alkoholreduktion führt oder zumindest führen kann. Auf der Gas-Seite ist das vorhandene Volumen in der Membran geringer als auf der Weinseite. Dies und andere Gründe führen dazu, dass auf der Wasserseite die Pumpenleistung nicht zu hoch liegen darf und insgesamt eine geringere Menge als auf der Weinseite zulässig ist. Details wie immer mit dem Hersteller besprechen. Nach der Alkoholreduktion wird die Membran auf der Weinseite mit einer Natronlauge-Lösung laut Herstellerangaben gereinigt, anschließend getrocknet und meist mit CO₂ überlagert. Auf der Wasserseite ist keine spezielle Reinigung nötig. Bei einem oftmaligen Einsatz von Wasser auf der Gas-Seite kann es dazu kommen, dass in die Poren der Membran doch irgendwann Wasser gelangt und damit ihr hydrophober Charakter und ihre Funktion (teilweise) verloren geht. Zu einem sofortigen Funktionsverlust, der oft auch irreversibel ist, kommt es bei der Anwendung von Tensiden, da diese die hydrophobe Barriere aufbrechen und damit Wasser in die Poren eindringt. Daher dürfen solche hydrophoben Membranen immer nur laut Herstellerangaben mit zugelassenen Reinigungsmitteln gereinigt werden. Vielfach verfügen solche Anlagen über eine vollautomatische Reinigung, Trocknung und Konservierung, wo dann nicht mehr viel schief gehen kann.



In der Abbildung ist der Versuchsaufbau zu sehen. Er zeigt welche Weine welche Versuchsvarianten durchlaufen haben: V1-Kombinationsvariante, V2-Membrankontaktor (MK), V3-Umkehrosmose (UO), V4-Umkehrosmose mit dem Ziel den Alkoholgehalt auf unter <1 % vol. zu senken. Nach der Schwefelung auf 30 mg/l freies SO₂ wurden alle Proben mit den jeweiligen Grundweinen rückverschnitten. Dabei wurden die Weine auf einen 10 %, 20 % oder 30 % geringeren Alkoholgehalt im Vergleich zum Grundwein eingestellt. Weiters wurde die Proben des Grünen Veltliners auf 0,0, 2,0 und 2,5 g/l CO₂ eingestellt.

Ergebnisse und Diskussion

- Gute Ergebnisse bei Weißweinen, weniger geeignet für Rotwein
- Unterscheidung der Alkoholgehalte mittels Verkostung bei stillen Weinen möglich
- Bis zu 20 % Alkoholreduktion bei kräftigen Weißweinen noch sinnvoll
- Niedrigere Weinsteinättigungstemperatur nach Alkoholreduktion
- Reduzierung der flüchtigen Säure bei der Umkehrosiose
- Reduktion der freien sowie gesamten schwefligen Säure
- Gute Näherungswerte bei der Analyse von teilweise alkoholreduzierten Weinen mittels FT-IR
- Großer Einfluss von CO₂ und dadurch Unterscheidung der Alkoholgehalte nicht mehr möglich siehe Tabelle 1

| Tab. 1: Frage: „Qualitätswein ja?“ Relativer Anteil der Verkoster, die der jeweiligen Weinprobe einen Qualitätsweinstatus geben würden (Ausgangswein Grüner Veltliner 2021 mit 14,2% Vol.) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|--------|-------|-----|------|------|-------|
| Variante | Alkoholreduktion CO ₂ -Gehalt (g/l) | -20% | -30% | -20% | -10% | -10% | -30% | keine* | keine | -10 | -20% | -30% | keine |
| | | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gesamtes Kosterpanel (Experten plus angehende Experten) | | 100% | 100% | 92% | 83% | 83% | 67% | 67% | 58% | 50% | 42% | 17% | 8% |
| Teilergebnis der erfahrenen Experten | | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 75% | 75% | 75% | 25% | 0% | 0% | 0% |
| Teilergebnis der angehenden Experten | | 100% | 100% | 88% | 75% | 88% | 63% | 63% | 50% | 63% | 63% | 25% | 13% |

* keine Reduktion des ursprünglichen Alkoholgehaltes von 14,2 % Vol

Hinweise für die Praxis

- Hydrophobe Membranen auf keinen Fall mit tensidhaltigen Reinigungsmitteln reinigen
- Vorfiltration auf 10 µm
- Ausgangsvolumen beim Verfahren der Umkehrosiose beibehalten, bei zu starker Konzentration besteht Weinsteinausfallgefahr in den Membranen
- Vorsicht bei der Weinlagerung (vor Rückverschnitt) optimale Lagerbedingungen: 4 °C & 50 mg/l freies SO₂ -> sonst mögliche Schimmel- oder Kahlhefebildung
- Sinnvoll bei Weißweinen mit hohen Alkoholgehalten im Grundwein und in Verbindung mit CO₂ Zusatz
- Nicht empfehlenswert bei Rotweinen
- Kein Unterschied zwischen den Verfahren erkennbar (preislich und sensorisch)
- Alkoholreduktion mittels Umkehrosiose zurzeit in Österreich nicht zulässig

Zusammenfassung

Das Thema Alkoholreduktion wurde aufgegriffen, da gesundheitliche Bedenken gegenüber Alkohol in der Bevölkerung steigen, allerdings hohe Lesegradationen und damit alkoholreichere Weine vermehrt auftreten und sich damit aktuell Fragen aus der Branche nach neuen zugelassenen Möglichkeiten und dazu vorhandenen Erfahrungswerten häufen. In dieser Arbeit wurde der Alkoholgehalt dreier verschiedener Weine mittels Membrankontaktor (Abbildung 1), Umkehrosiose (Abbildung 2) und einem Kombinationsverfahren beider Systeme reduziert. Bei den Weinen handelte es sich um einen Sauvignon Blanc 2020 um die Eignung der Verfahren für (fruchtige) Weißweine zu testen, einen Rotburger (Blauer Zweigelt) 2018, um die Auswirkungen auf Rotwein zu untersuchen und einen hochreifen Grünen Veltliner 2021, wo zusätzlich gezielt verschiedene CO₂-Gehalte eingestellt wurden, um die Eignung der Alkoholreduktion bei „alkohollastigen“ Weißweinen zu testen und weiters auch den Einfluss von CO₂ in Kombination mit einer Alkoholreduktion zu untersuchen. Die Durchführung der eingesetzten Verfahren war prinzipiell recht einfach durchzuführen und kann somit als praxistauglich bezeichnet werden.

Allerdings sind einige Punkte zu beachten. Beispielsweise sind alkoholreduzierte Weine deutlich anfälliger für Verderb, was sich vor allem bei sehr geringen Alkoholgehalten rasch und deutlich bemerkbar macht und hier für WinzerInnen zum Beispiel eine völlig neue Herangehensweise an das Thema Abfüllung bedeuten würde. Auch „Kleinigkeiten“ wie die richtige Reinigung und Konservierung der eingesetzten Membranen sind wichtig, um nicht unabsichtlich sehr rasch irreparable Schäden zu verursachen. Analytisch konnten in den behandelten Weinen neben einer Senkung des Alkoholgehalts Veränderungen der freien und gesamten schwefligen Säure, der Weinsteinättigungstemperatur und teilweise Veränderungen der flüchtigen Säure beobachtet werden. Die Messungen erfolgen mittels Referenzanalytik und FT-IR Technologie. Die Genauigkeit des FT-IR in Weinen mit niedrigen Alkoholgehalten und sogar in Permeaten beziehungsweise Stripping Solutions war überraschend gut und für diese Versuche meist ausreichend. Beim Weißwein konnten deutliche Veränderungen des Geschmackes erkannt werden. Je nach Wein und Fragestellung konnten positive als auch negative Veränderungen beschrieben werden. Es konnte gezeigt werden, dass neben dem Alkohol vor allem die Kohlensäure einen entscheidenden Beitrag zum Geschmack von Weißweinen beiträgt. Die KosterInnen konnten nach der Einstellung von CO₂ Mengen im Bereich von 2,0 bis 2,5 g/l die verschiedenen Alkoholgehalte nicht mehr erkennen. Bei der Frage ob die Weine als Qualitätswein verkaufsfähig wären, wurde allen Weinen (auch die betreffend Alkohol unbehandelten) denen das gesamte CO₂ entfernt wurde der Status „qualitätsweintauglich“ verwehrt. Andererseits wurden Weine denen 30 % Alkohol entzogen wurde bei hohen CO₂ Gehalten die „qualitätsweintauglich“ zugesprochen. Am schlechtesten wurde der Rotwein bewertet, wobei der einfache Grundwein selbst auch eher schlecht bewertet wurde. Der verwendete Sauvignon blanc wurde nach der Alkoholreduktion als fruchtiger, aber dünner beschrieben. Der „alkohollastige“ Grüne Veltliner (14,2 % vol.) wurde nach einer Alkoholreduktion als harmonischer beschrieben. In den Weinen, die mit dem Kombinationsverfahren behandelt wurden, konnten mittels Aromaanalysen im Vergleich zu den anderen Verfahren bei einigen Varianten höhere Konzentrationen an Aromastoffen festgestellt werden. Diese Ergebnisse konnten in den Verkostungsergebnissen jedoch nicht bestätigt werden. Ein qualitativer Vor- oder Nachteil durch die unterschiedlichen Verfahren konnte nicht gezeigt werden. Grundsätzlich kann auf Grund der hier gewonnenen Ergebnisse der Einsatz von Methoden zur Alkoholreduktion vor allem in Kombination mit einem entsprechenden CO₂ Management für fruchtige Weißweine und Weißweine mit hohen Mostgradationen durchaus empfohlen werden. Nicht empfehlenswert ist eine Alkoholreduktion bei Rotweinen.



Abbildung 1: Membrankontaktor



Abbildung 2: Umkehrosmose

Abstract

The issue of alcohol reduction was taken up because health concerns about alcohol consumption are more and more being discussed and frowned upon amongst the population. However, the sugar levels tend to be higher during the grape harvest and thus result to wines with a higher alcohol content. Another reason for this study is the current increase in questions from the industry about new and allowed technologies and existing experiences in this field. In this thesis, the alcohol content of three different wine types was reduced by using a membrane contactor (evaporative petrification), a reverse osmosis and a combination process of both. To gather a broad spectrum of where these procedures may work best, the following wines were chosen. The Sauvignon Blanc 2020 was used to test the suitability of the methods for fruity white wines and the Blauer Zweigelt 2018 was chosen to analyze the effects on red wines. Additionally, a highly ripe harvested Grüner Veltliner 2020 was used to investigate wines with a high content of alcohol and to investigate the suitability of alcohol reduction in carbonated wines by subsequently spiking it with CO₂. In general, the methods applied were quite easy to carry out and can therefore be described as suitable for practical use. However, some points must be considered. For example, alcohol-reduced wines are significantly more vulnerable to spoilage, which is clearly noticeable with very low alcohol wines and means a completely new approach to bottling for vintners. Another essential thing is the correct cleaning and preservation of the membranes used, in order to avoid unintentionally irreparable damage. Through analytical measurements by reference analytics and FT-IR technology, changes in wine components could be observed. Examples of this are the decrease in alcohol content and alterations in free and total sulfurous acid, tartrate saturation temperature and volatile acidity. The accuracy of the FT-IR in wines with low alcohol contents and even in permeates or stripping solutions was surprisingly good and mostly sufficient for these tests. In white wine, depending on which variety and method, significant positive and negative changes in the flavor could be observed. During our tastings it could be shown that, additionally to alcohol, carbonic acid has a decisive impact on the taste of white wines. To support this, the tasters could not difference the alcohol levels in the wines with the content of 2,0 to 2,5 g/l CO₂. Another observation is, that wines from which all CO₂ had been removed, were declined the designation “quality wine”. In contrast to that, stand the wines, which were reduced by 30% of alcohol and spiked with a high content of CO₂ and therefore would have gotten the approval for “quality wine” from the tasters. The worst rated wine was the red wine, which can be traced back to the poorly rated base wine. An interesting fact is that the Sauvignon blanc was perceived fruitier but thinner after the withdrawal of 10% of alcohol. The Grüner Veltliner with the highest content of alcohol was described more balanced after the alcohol reduction. The highest concentrations of aroma compounds can be traced back the combination technique by the usage of aroma analysis. These observations, however, could not be supported by the results of the tasting. Clear disadvantages due to the various methods could not be proven. In principle, based on the results obtained here, the use of methods for alcohol reduction, especially in combination with appropriate CO₂ management, can be recommended for fruity white wines and white wines with high sugar contents. Alcohol reduction cannot be recommended for red wines.

Adressen der Autoren

¹ HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Kellerwirtschaftliche Charakterisierung neuer roter PiWi Sorten

Characterization of new red PiWi varieties from the oenologist's perspective

Harald Scheiblhofer, Herbert Schödl, Michael Winkler, Klaus Schmuckenschlager, Sebastian Hediger, Elsa Patzl-Fischerleitner, Christian Philipp¹

Einleitung

PiWi ist die Abkürzung für pilzwiderstandsfähig. Korrekter wäre es, diese Sorten als weniger anfällig zu bezeichnen, da auch diese Sorten nie wirklich komplett widerstandsfähig gegen alle Pilzkrankheiten sind. Diese Sorten zeichnen sich aber sehr wohl durch eine geringere Anfälligkeit und damit einen deutlich geringeren Bedarf an Pflanzenschutzmitteln aus. Die Meldungen über die positiven weinbaulichen Eigenschaften von PiWi-Sorten und damit die im Vergleich zu herkömmlichen Sorten „einfachere“ Produktion von gesundem und hochwertigem Traubenmaterial interpretieren viele Winzer als eine ebenfalls „einfachere“ Produktion von hochwertigen Weinen im Keller. Doch ist die Produktion von Weinen aus PiWi-Sorten wirklich einfacher? Die Antwort in der Kurzversion: Die Produktion ist (manchmal) anders. PiWi-Sorten zeigen bei der ersten Begegnung oftmals unbekannte Eigenschaften. Auf Erfahrungswerte aus der Praxis kann oft noch nicht ausreichend zurückgegriffen werden. Bestimmungen und Vergleiche dieser zunächst unbekannteten Eigenschaften in Hinblick auf das Verhalten im Keller sind schwierig und aktuell nur durch Beobachtungen und Erfahrungen möglich. Als generelle Besonderheiten von PiWi-Sorten gelten: Aus der Praxis werden tendenziell höhere Gerbstoffgehalte bei einigen Sorten genannt. Dies wäre auch plausibel, da ein Teil der Widerstandskraft einiger Sorten auf den dickeren Schalen und einem lockeren, kleinbeerigen Aufbau beruht, wodurch man aus diesen Beeren bei einer nicht angepassten Verarbeitung mehr Gerbstoffe auslaugen kann. Dadurch können sich auch andere Besonderheiten bei der Verarbeitung ergeben, die generell kleinbeerige und/oder dickschalige Sorten betreffen. Einige PiWi-Sorten zeichnen sich durch eine sehr frühe Reife aus, weshalb es bei einer (zu) späten Ernte zu Problemen wie beispielsweise zu hohen Alkoholgehalten kommen kann. Weiße PiWi Sorten: Die bisherigen Erfahrungen an der HBLA u. BA Klosterneuburg zeigen, dass sich die Weißweinproduktion aus aktuell gängigen PiWi-Sorten unter Berücksichtigung der zuvor genannten Überlegungen nicht wesentlich von der Produktion von Weinen aus traditionellen Sorten unterscheidet. Die Sorten sind jedoch nicht alle gleich zu behandeln und bei zukünftigen PiWi-Sorten kann sich das ändern. Rote PiWi-Sorten: Bei der Rotweinproduktion zeigen PiWi-Sorten tendenziell andere Eigenschaften, die man berücksichtigen sollte. Damit wird die Weinproduktion nicht leichter oder schwerer, sondern einfach „anders“. Die meisten Erfahrungen wurden an der HBLA u. BA Klosterneuburg mit den Sorten Rathay, Rösler, Pinot Nova und einigen deutschen Cabernet-Kreuzungen gesammelt. Die ersten Weine aus diesen Sorten waren meist mikrobiologisch schwerer zu beherrschen, was zu erhöhten Mengen an SO₂ und gelegentlich zu erhöhten Mengen an flüchtiger Säure führte. Ungewöhnlich hohe pH-Werte, auch bei hohen Säurewerten, sind immer wieder aufgefallen, was das Wachstum unerwünschter Bakterien erklärte. In den letzten Jahren ist der Umgang mit hohen pH-Werten schon fast zum Standardprogramm in der Rotweinerzeugung geworden und auch die hygienischen Ansprüche bei der Rotweinerzeugung und das Wissen über den Umgang mit Mikroorganismen haben sich deutlich verbessert. Deshalb treten solche Probleme heute deutlich seltener auf. Durch den Einsatz von Reinzuchtheferen und Reinzuchtbakterien sowie den konsequenten Einsatz von SO₂ (um früh einen stabilen Gehalt an freiem SO₂ zu erreichen) in Kombination mit einer Filtration konnten alle Probleme gelöst werden und Weine von sehr hoher und stabiler Qualität erzeugt werden. Da PiWi-Sorten aber gerne im Bioweinbereich eingesetzt werden und alle vorhin genannten Maßnahmen dort häufig nicht (gerne) angewendet werden, ist hier auf jeden Fall Aufmerksamkeit geboten.

Die wichtigste österreichische Rotweinsorte ist mit Abstand die Sorte Rotburger (geläufiger ist der Name Zweigelt). Diese Sorte zeichnet sich als universelle Basis für reinsortige Weine aber auch Verschnitte aus, um Weine mit einem angenehmen vollen Charakter zu produzieren, wobei diese Weine aber auch bei hohen Gerbstoffgehalten, immer sehr weiche und angenehm zu trinkende Gerbstoffe behalten. Leider zeigt der Rotburger (Zweigelt) in den letzten Jahren immer wieder große Probleme mit der sogenannten „Zweigeltkrankheit“ (Traubenwelke) was zu Ertragsausfällen von über 50% Prozent führen kann. In Extremfällen kann es auch praktisch zu einem totalen Ernteausfall kommen. Da es bis heute keine wirklich verlässliche Behandlung/Vorbeugung gegen dieses Problem gibt, sind Alternativen

zum klassischen Zweigelt gefragt. In Österreich werden von der Rebschule Tschida drei neue Rotburger Kreuzungen (Zweigelt solis RT, Zweigelt stella RT und Zweigelt sigum RT) angeboten, die zudem auch noch weniger anfällig auf Pilzkrankheiten reagieren und somit den PiWi-Sorten zuzuordnen sind. Weiters werden international auch zwei neue Merlot PiWi Kreuzungen (Merlot Kanthus, Merlot Khorus) angeboten, über deren Eigenschaften gleich wie bei den Zweigeltkreuzungen noch keine Erfahrungen betreffend Weinqualität unter österreichischen Bedingungen vorliegen. Das Ziel dieser Arbeit war es daher die 5 neuen Sorten auf ihre Praxistauglichkeit in Österreich zu testen.

Material und Methoden

Zweigelt Stella RT: Herkunft: Rebschule Tschida GmbH, Apetlon; Abstammung: Kreuzung aus SV 12.283 x Zweigelt; Verbreitung in Österreich: nur Versuchsflächen. Die Traube ist mittelgroß, dichtbeerig und hat eine mittlere bis späte Reifezeit. <https://www.weinobst.at/dam/jcr:b464483d-98ac-4db5-90e3-757ccfc21ed2/Zweigelt%20Stella%20RT.pdf>

Zweigelt Solis RT: Herkunft: Rebschule Tschida GmbH, Apetlon ; Abstammung: Zweigelt x Eger 1 (Selbstung aus SV 12283). Verbreitung in Österreich: nur Versuchsflächen. Die Traube ist mittellang, hat eine mittlere bis dichte Traubendichte und eine frühe Reifezeit. <https://www.weinobst.at/dam/jcr:489b8425-6cce-4c9c-8b7a-3b65c8468a41/ZW%20Solis%20RT.pdf> (15.02.2024)

Zweigelt Signum RT: Herkunft: Rebschule Tschida GmbH, Apetlon; Abstammung: Kreuzung aus SV 12.283 x Zweigelt; Verbreitung in Österreich: Nur Versuchsflächen. Die Sorte hat eine mitteldichte Traube und die Reife ist mittel bis spät. <https://www.weinobst.at/dam/jcr:44a92656-098d-48f2-ad0f-79125e457ddd/Zweigelt%20Signum%20RT.pdf>

Merlot Khorus: Die Sorte Merlot Khorus wurde in Italien gezüchtet, besteht aus den Elternsorten Merlot x Kozma 20-3 und wurde von den Züchtern Simone Diego Castellarin und Guido Cipriani gezüchtet.

Merlot Kanthus: Die Sorte Merlot Kanthus weist dieselben Züchter und auch die identen Elternsorten auf, ebenfalls Merlot x Kozma 20-3.

Alle Trauben für die Versuche mit den neuen PiWi-Sorten wurden von der Rebschule Tschida zur Verfügung gestellt. Als Vergleiche wurden Weine aus klassischem Rotburger (Zweigelt) und Merlot aus vergleichbaren Standorten im Burgenland hergestellt. Es wurden Weine in den Jahrgängen 2022 und 2023 ausgebaut. Der „Hauptversuch“ fand 2023 statt.

Die Zweigelt-Trauben wurden am 18.09.2023 die Merlot Trauben am 2.10.23 geerntet und verarbeitet.

| Sorte | Gradation in °KMW | Sorte | Gradation in °KMW |
|--------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Zweigelt | 18,0 | Merlot | 18,5 |
| Zweigelt Stella RT | 17,8 | Merlot Kanthus | 23,0 |
| Zweigelt Solis RT | 18,0 | Merlot Khorus | 26,0 |
| Zweigelt Signum RT | 18,4 | | |

Die Trauben wurden gerebelt und in Stahltanks gefüllt. Es wurde Saft entzogen und anschließend wurden die Zweigeltmaischen mit Traubenmostkonzentrat auf 20,5° KMW und der klassische Merlot auf 22 KMW angereichert und alle Maischen mit Hefen versetzt. Merlot Khorus und Kanthus wurden nicht angereichert.

Verarbeitete Mengen und Saftentzug in Liter:

| Sorte | Liter gesamt | Geplanter Saftentzug | Tatsächlicher Saftentzug |
|--------------------|--------------|----------------------|--------------------------|
| Zweigelt | 196 L | 68 L | 68 L |
| Zweigelt Stella RT | 232 L | 81 L | 81 L |
| Zweigelt Solis RT | 252 L | 88 L | 70 L |
| Zweigelt Signum RT | 260 L | 90 L | 90 L |

Verarbeitete Mengen und Saftentzug in Liter:

| | | | |
|----------------|-------|------|------|
| Merlot | 258 L | 77 L | 70 L |
| Merlot Kantus | 150 L | 50 L | 45 L |
| Merlot Kanthus | 172 L | 50 L | 35 L |

Während der gesamten Vinifizierung wurden laufend Proben entnommen und mittels FTIR-Analytik die Werte an relativer Dichte, Vorhandener Alkohol, Glucose, Fructose, Zuckergehalt, Titrierbare Säure brechnet als Weinsäure, pH-Wert, Weinsäure (WS), Äpfelsäure (ÄS), Milchsäure (MS) und flüchtige Säuren (Fl. Sre) bestimmt. Über acidimetrische Analysen wurde die freie und gesamte Schweflige Säure gemessen. Es wurde auch Vergleich dieser Werte mit Referenzanalytik durchgeführt. In der Regel passen die FTIR-Werte mit der Referenzanalytik gut zusammen. Größere Abweichungen konnten vor allem bei den Äpfelsäurewerten gefunden werden (Bsp. Zweigelt solis RT: FTIR 0,7g/L Referenz: nicht nachweisbar).

Nach der Gärung wurden für die Herstellung der Weine die Bakterien (für Äpfelsäureabbau) ML Prime (*Lactobacillus plantarum*), Kaliumpyrosulfit und Kaliumhydrogencarbonat verwendet. Die Versuchsweine wurden nach dem bakteriellen Säureabbau auf einen Säurewert von 4,0 bis 4,5 g/L berechnet als Weinsäure mit Kaliumhydrogencarbonat entsäuert und mit Kaliumpyrosulfit auf 40 mg/L freie Schweflige Säure eingestellt.

Ausbau mit Holzchips:

Eine Teilmenge der Zweigeltvarianten wurde auch zum Ausbau mit Holzcharakter mit französischen und amerikanische Eichenchips von der Firma Lallemand versetzt sowie mit selbst hergestellten „Holzchips“ aus „Johannisbeerholz“. Dabei wurden einjährige- und mehrjährige Triebe getrennt voneinander verarbeitet. Die Triebe wurden mit einem handelsüblichen Häcksler zerkleinert und bei 180°C für 40 Minuten im Backrohr getrocknet und getoastet. Die lange Trocknungszeit war notwendig um den Wassergehalt der Triebe so gut als möglich zu senken, da die Triebe direkt nach dem Ernten gehäckselt und getrocknet wurden. Das Ergebnis waren deutlich gröbere Chips als die der Eiche, jedoch geschmacklich und geruchlich um einiges intensiver. Vor allem bei den einjährigen Johannisbeertrieben war der typische Cassis Ton in Geschmack und Geruch sehr intensiv.

Ergebnisse und Diskussion

Analyseergebnisse der fertigen Zweigeltweine (Alkohol in % vol, Zucker und Säure in g/L)

| Bezeichnung | Dichte | Alkohol | Glucose | Fructose | Tittr. Sre | pH-Wert | WS | ÄS | MS | Fl. Sre |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|------------|---------|-----|-----|-----|---------|
| Zweigelt | 0,99432 | 13,5 | 0,9 | 0,7 | 5,9 | 3,7 | 2,9 | 0,3 | 0,9 | 0,6 |
| Zweigelt Stella RT | 0,99655 | 14,19 | 1,3 | 1,0 | 7,0 | 3,5 | 3,4 | 0,3 | 0,8 | 0,7 |
| Zweigelt Signum RT | 0,99614 | 13,79 | 1,2 | 0,8 | 6,4 | 3,5 | 3,2 | 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| Zweigelt Solis RT | 0,99495 | 13,43 | 0,9 | 1,2 | 7,6 | 3,4 | 3,4 | 0,3 | 0,6 | 0,5 |

Analyseergebnisse der fertigen Merlotweine (Alkohol in % vol, Zucker und Säure in g/L)

| Bezeichnung | Dichte | Alkohol | Glucose | Fructose | Tittr. Sre | pH-Wert | WS | ÄS | MS | Fl. Sre |
|----------------|---------|---------|---------|----------|------------|---------|-----|-----|-----|---------|
| Merlot | 0,99458 | 15,1 | 0,9 | 2,7 | 4,6 | 4,0 | 2,0 | 0,2 | 1,4 | 0,8 |
| Merlot Kanthus | 0,99842 | 14,48 | 1,2 | 0,1 | 4,6 | 4,3 | 2,1 | 0,6 | 2,3 | 1,1 |
| Merlot Khorus | 1,00003 | 15,33 | 2,0 | 1,5 | 4,8 | 4,3 | 1,8 | 0,4 | 2,1 | 1,0 |

Malvidin-3,5-DiglucoSID („Direktträgerfarbstoff“).

Malvidin-3,5-DiglucoSID dient als Indikator für die Verwendung von Hybridrebsorten oder Sorten, die nicht der Art *Vitis vinifera* zugeordnet werden können. Diese Verbindung wurde bisher nicht in den Früchten der europäischen Rebe *Vitis vinifera* nachgewiesen. Daher ist Malvidin-3,5-DiglucoSID ein spezifisches Merkmal für Weine, die aus Amerikanerreben oder Hybridrebsorten stammen. In den Pilzwiderstandsfähigen Sorten Zweigelt Stella RT, Zweigelt Signum RT und Zweigelt Solis RT war Malvidin-3,5-DiglucoSID nicht nachweisbar. In der Aufstellung ist deutlich zu erkennen, dass die Sorten Merlot Kanthus und Merlot Khorus einen deutlich erhöhten Malvidin-3,5-DiglucoSIDwert aufweisen. Es ist auch zu erkennen ist, dass die Werte von Jahr zu Jahr sehr stark wanken. In Österreich „toleriert“ man einen Malvidinwert bis zu 15 mg/l. Diese Pilzwiderstandsfähigen Merlot Sorten weisen daher einen viel zu hohen Wert auf um als Qualitätsrebsorte in Frage zu kommen.

Analyseergebnisse der Malvidin-3,5-DiglucoSID Bestimmungen:

| | | |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Malvidin-3,5-Diglucoosid | Jahrgang 2022 | Jahrgang 2023 |
| Merlot | nicht nachweisbar | nicht nachweisbar |
| Merlot Kanthus | 924 mg/l Malvidin | 247 mg/l Malvidin |
| Merlot Khorus | 361 mg/l Malvidin | 121 mg/l Malvidin |

Die Vinifizierung verlief ohne nennenswerte Probleme. Alle Weine konnten trocken durchgegoren werden und enthielten am Ende daher keine nennenswerten Mengen an Zucker. Auch der Äpfelsäureabbau konnte vollständig durchgeführt werden. Die Werte an SO₂ und flüchtiger Säure waren im erwarteten Bereich. Insgesamt waren vor allem die Zweigelt-Weine sehr hochwertig. Bei den Merlot-Weinen war das größte Problem die (zu) späte Ernte, was zu überreifen Trauben und damit einhergehenden „Problemen“ und überreifen Weintypen (Geruch/Geschmack ähnlich Amarone) führte.

Verkostung durch Experten der Weine ohne Holzchips:

Alle Teilnehmer dieser Verkostung waren staatlich geprüfte Weinkoster. Während der Kost war den Kostern nicht bekannt, welchen Wein sie gerade verkosten. Die Kontrollvariante Zweigelt wurde mit einer schönen Frucht, guter Trinkfluss, fruchtig, angenehmes Tannin beschrieben. Der Zweigelt Stella RT wurde als „marmeladig“, intensiver „dichter“ Geruch, leicht violett, etwas mehr Fülle als die anderen Varianten, angenehm zu trinken mit sehr viel Körper, und von einigen Kostern mit leichter „Hybridton“ beschrieben. Der Zweigelt Signum RT wurde mit von der Farbe leicht violett, sehr intensive Farbe, viel „dunkle Beeren“ Aroma, etwas „Hybridgeruch“, schmeck wie in Holz gelagert, etwas „marmeladig“, dezente Nase und mit leichten süßen Tanninen beschrieben. Der Zweigelt Solis RT wurde mit intensiver Farbe, leicht säuerlich, intensives („fast schon kitschiges“) Aroma, geschmacklich sehr ähnlich dem normalen Zweigelt beschrieben. Unter Hybridton/Hybridgeruch versteht man meist einen etwas intensiveres Aroma, das an „Direkträgerweine/Uhdlerweine“ erinnert aber in der Regel noch nicht negativ gewertet wird.

Verkostung der Weine mit Holzchips:

Verkostet wurde nach knappen 5 Monaten Lagerung mit insgesamt 20 Experten. Die Verkostung erfolgte in Form der strukturierten Skala, wobei Holzintensität und Fruchtintensität bewertet wurden.

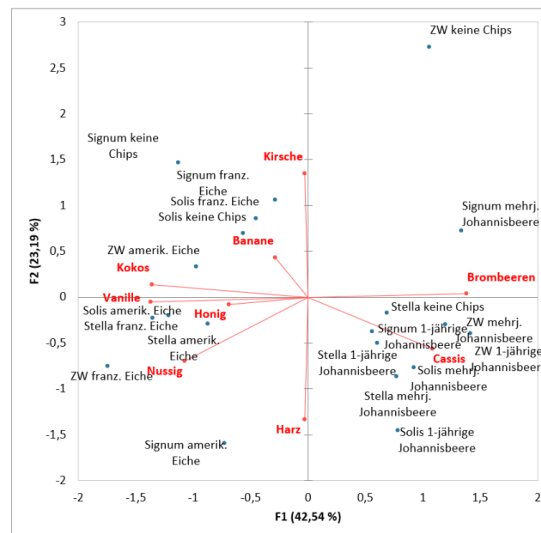
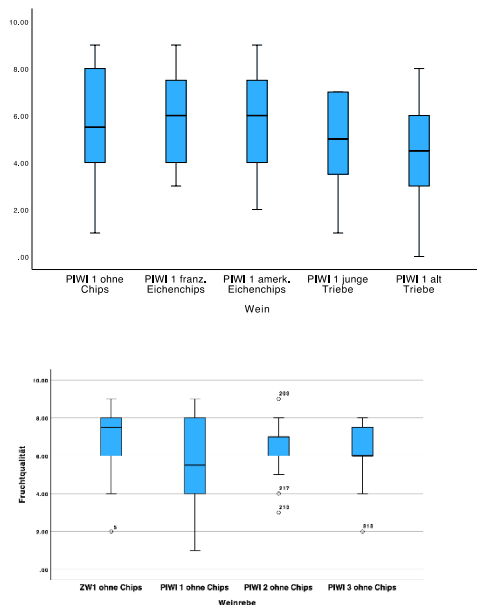


Abbildung oben:
Fruchtqualität bei Zweigelt Stella mit unterschiedlichen Chips

Hauptkomponentenanalyse der Aromen

Abbildung unten:
Fruchtqualitätsvergleich der Zweigeltvarianten ohne Chips

Zusammenfassung

PiWi ist die Abkürzung für pilzwiderstandsfähig. Korrekter wäre es, diese Sorten als weniger anfällig zu bezeichnen, da auch diese Sorten nie wirklich komplett widerstandsfähig gegen alle Pilzkrankheiten sind. Ziel dieser Arbeit war es, Erfahrungen zu sammeln und einzuordnen, wie neue PiWi-Sorten im kellerwirtschaftlichen Betrieb reagieren. Während der Vinifizierung verhielten sich die neuen PiWi-Sorten „unauffällig“. Alle Varianten sind zügig und problemlos durchgeegoren und absolvierten den biologischen Säureabbau vollständig. Die Varianten Merlot Khorus und Merlot Kanthus sind für den österreichischen Markt nicht brauchbar da sie einen zu hohen Gehalt an Malvidin-3,5-Diglucosid aufweisen. Bei den Rotburger-Neuzüchtungen konnte bei den Jungweinverkostungen vor allem der Zweigelt Solis RT überzeugen. Alle Weine hatten insgesamt eine hohe Weinqualität. Bei den Merlot-Weinen war das größte Problem die (zu) späte Ernte, was zu überreifen Trauben und damit einhergehenden „Problemen“ und überreifen Weintypen (Geruch/Geschmack ähnlich Amarone) führte. Für den Lagerversuch wurden die Weine für 5 Monate mit Holzchips der französischen und amerikanischen Eiche sowie mit Holzteilen der schwarzen Johannisbeere gelagert. Die Weine wurden mittels FTIR-Analytik auf alle wesentlichen Parameter untersucht. Ziel war es Unterschiede zwischen der Referenzvariante (0-Variante) und jenen Weinen zu erkennen, die mit Holzchips gelagert wurden. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, da sowohl der f-Test als auch der t-Test für alle Parameter nicht aussagekräftig war. Die Verkostung der Weine und auch die Beurteilung von Frucht- und Holzintensität erfolgte durch eine Verkostung mit 20 Experten. Die Verkostung ergab ein durchaus gutes Potential der verschiedenen Sorten bei unterschiedlichem Holzeinsatz, aber auch bei einem klassischen Ausbau ohne Holzeinsatz.

Abstract

PiWi is the abbreviation for fungus resistant. It would be more correct to describe these varieties as less susceptible, since these varieties are never really completely resistant to all fungal diseases. The aim of this work was to collect experience and classify how new PiWi varieties react in winery operations. During vinification, the new PiWi varieties behaved “inconspicuously”. All variants fermented quickly and easily and completed the malolactic fermentation process completely. The Merlot Khorus and Merlot Kanthus variants are not suitable for the Austrian market because they have too high a content of malvidin-3,5-diglucoside. Among the new Rotburger varieties, the Zweigelt Solis RT was particularly convincing at the young wine tastings. All wines had a high overall wine quality. With Merlot wines, the biggest problem was the (too) late harvest, which led to overripe grapes and the associated “problems” and overripe wine types (smell/taste similar to Amarone). For the storage trial, the wines were stored for 5 months with French and American oak wood chips and black currant wood parts. The wines were examined for all essential parameters using FTIR analysis. The aim was to identify differences between the reference variant (0 variant) and those wines that were stored with wood chips. However, no significant differences could be determined because both the f-test and the t-test were not meaningful for all parameters. The tasting of the wines and the assessment of fruit and wood intensity took place in a tasting with 20 experts. The tasting showed that the different varieties had quite good potential with different uses of wood, but also with a classic expansion without the use of wood.

Adressen der Autoren

¹ HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Nährwert-Kennzeichnung und Zutatenliste für Wein in der Praxis umsetzen

Implement nutritional labeling and list of ingredients for wine from a practical perspective

Harald Scheiblhofer, Elsa Patzl-Fischerleitner *

Einleitung

Die geltende EU-Bestimmung besagt, dass Erzeugnisse wie Wein, Schaumwein, Obstwein und aromatisierte Weine ab dem 8. Dezember 2023 mit einer Nährwertkennzeichnung und einer Zutatenliste versehen werden müssen. Nach einer Klärung der konkreten (zeitlichen) Anwendung sind damit alle Weine des Jahrganges 2024 von dieser Kennzeichnung betroffen. Die Nährwertdeklaration umfasst Angaben zum Brennwert, zu den Mengen an Fett, gesättigten Fettsäuren, Kohlenhydraten, Zucker, Eiweiß und Salz. Bei Weinerzeugnissen ist bei der Angabe am Etikett eine Tabellenform vorgeschrieben, in der sich die Angaben auf 100 ml beziehen. Alles, was zur Herstellung eines Weinerzeugnisses verwendet wird und in jedweder Form im Endprodukt verbleibt, muss im Verzeichnis der Zutaten aufgeführt werden. Davon ausgenommen sind sogenannte Verarbeitungshilfsstoffe, welche bei der Herstellung verbraucht oder wieder entfernt werden. Dem Verzeichnis der Zutaten ist das Wort „Zutaten:“ voranzustellen. Dann folgen die verwendeten Zutaten in absteigender Reihenfolge ihrer Menge (Masse). Zur Bezeichnung der Zutaten sind die offiziellen Bezeichnungen zu verwenden (entweder rechtlich vorgeschriebene oder verkehrsübliche) oder auch – falls vorhanden – die entsprechende E-Nummer. Weiters ist zu jedem Zusatzstoff die zugehörige Zusatzstoffklasse anzugeben. (DER WINZER 2023)

Der „Hund“ liegt aber wie immer im Detail. So klar diese Vorgabe auch auf den ersten Blick erscheinen mag, so unklar wird es häufig im Einzelfall. Diese Arbeit soll ein paar Beispiele und auch ein paar klärende Informationen liefern.

Material und Methoden

Grundsätzliches (nach meinem Verständnis bzw. in Anlehnung an andere Branchen). Worum geht es

- Verbraucherinformation
- Was ist im Wein drinnen...
- Wie hoch ist der Energiegehalt UNGEFÄHR -> **durchschnittliches Produkt**

In Österreich gibt es im Weinbereich aber eine komplett anders gelebte (Rechts-)Kultur:

- „Weingesetz“ Österreich vs. Europäisches Lebensmittel(kennzeichnungs)Recht
- Alles ganz genau (mit Kommastellen) vs. Durchschnittliches Produkt
- iPhone XS 256 GB IOS 16.0.1 vs. „marktübliches Smartphone“
- Exakte Zahlen und Toleranzen vs. Sinnvoll für Verbraucher
- 323 kJ, 325kJ, 310 kJ, 290 kJ... vs. 300 kJ für alles

Die wichtigsten Rechtsquellen sind aktuell:

Der Winzer 06/2023: Zutatenverzeichnis und Nährwertkennzeichnung am Etikett
<https://www.der-winzer.at/fachartikel/insider/2023/zutatenverzeichnis-und-naehrwertkennzeichnung-am-etikett.html>

Ausführlicher Leitfaden auf Homepage der Bundeskellereiinspektion
<https://www.bundeskellereiinspektion.at/downloads/allgemein/naehrwertkennzeichnung.pdf>

Fragen-/Antwortenliste der Europ. Kommission
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202301190

Übergangsbestimmung für Jahrgang 2023: Alle Erzeugnisse, die vor dem 8.12.2023 hergestellt und gekennzeichnet wurden, sind ausgenommen

- Hergestellt bedeutet: (in den „wesentlichen“ Eigenschaften fertig)

- Für Stillweine: wenn Bedingungen gem. EU-Definition (v.a. Alkohol) erfüllt sind
- Für Stillweine der Ernte 2023 gibt es damit de facto keine Kennzeichnungspflicht
- Auch die Wachau wird damit klarkommen. Vielleicht nicht alles aufs Etikett schreiben
- Schaumwein wenn CO₂ Zusatz erfolgt ist oder 2. Gärung abgeschlossen ist
- Aromatisierte Weine und Co. Wenn/wann fertig „zusammengerührt“

Kennzeichnung am Etikett oder „Off-label“: Keine Off Label Lösung für Nährwert und allergene Stoffe

Kohlenhydrate, Zucker:

- „Kohlenhydrate, davon Zucker“ bei Werten $\leq 0,5$ g/100 mL vernachlässigbar
- Angabe Restzuckergehalt in Österreich verpflichtend, Angabe wird daher „empfohlen“
- Kohlenhydrate (KH) = Restzucker + Glycerin (8 g/L) (ist kein KH, wird aber mitgerechnet)
- Prädikatswein, aromatisierter Wein: Analyse oder bei Prädikatswein auf Prüfnummer „warten“
- Zucker = Restzucker
- Bsp: 3 g/L Restzucker: Zucker = 0,3 g/100 mL, Kohlenhydrate = 1,1 g/100 mL

Fett, gesättigten Fettsäuren, Eiweiß und Salz

- Alle vernachlässigbar (bei guter Herstellungspraxis)
- „Enthält geringfügige Mengen von Fett, gesättigten Fettsäuren, Eiweiß und Salz“
- Exakte Angabe „möglich“ $< 0,5$ g oder „0 g“

Der Wortlaut ist verpflichtend „Enthält“ und nicht „kann enthalten“. Aus eigener Erfahrung kann uch mitteilen, dass das die Formulierung vielfach falsch verstanden wird und die Konsumenten glauben der Wein enthält (relevante Mengen an) Fett. Also vielleicht doch die gante Tabelle mit den vielen (wissenschaftlich unsinnigen) 0g/L verwenden.

Toleranzen: bei Zucker bzw. Kohlenhydrate 2 g/100 mL = 20 g/L (12+8). Damit kann ein Wein halbtrocken sein laut Weingesetz und gleichzeitig 0/L Zucker enthalten laut der neuen Kennzeichnung.

**2023 Grüner Veltliner, trocken
Österreichischer Qualitätswein
Niederösterreich**

Abfüller: Musterweingut, A-3500 Krems
Zutaten: Trauben, Zucker, Stabilisatoren:
 Metaweinsäure und/oder Carboxymethylcellulose,
 Antioxidantien: **Schwefeldioxid**

| 100 ml enthalten durchschnittlich | |
|-----------------------------------|----------------|
| Brennwert | 308 kJ/74 kcal |
| Kohlenhydrate | 0,4 g |
| davon Zucker | 0,4 g |

Enthält geringfügige Mengen von
Fett, gesättigten Fettsäuren, Eiweiß
und Salz

12,5 % vol L N 12345/23 **0,75 l**

**2023 Grüner Veltliner, trocken
Österreichischer Qualitätswein
Niederösterreich**

Abfüller: Musterweingut, A-3500 Krems

Zutaten und Nährwerte: 

Brennwert:
308 kJ/74 kcal in 100 ml

Enthält Sulfite

12,5 % vol L N 12345/23 **0,75 l**

Rechts: Musteretikett mit QR-Code Lösung (DER WINZER 2023)

Links: Nicht ganz korrektes Musteretikett (DER WINZER 2023) ohne QR-CodeAufpassen. Es kann der Wert bei den Kohlenhydraten und beim Zucker nicht gleich sein, weil Glycerin auch zu den Kohlenhydraten gezählt wird (Obwohl Glycerin keine Kohlenhydrat ist). Es fehlt hier also das Glycerin (0,8 g/100 mL). Korrekt wären damit 1,2 g /100 mL bei den Kohlenhydraten.

Zutatenliste:

Alles, was zur Herstellung eines Weinerzeugnisses verwendet wird und in „jedweder Form“ im Endprodukt verbleibt

Zutaten: Trauben + (Zucker) + „Zusatzstoffe“ gem. VO 2019/934 (keine „Verarbeitungshilfsstoffe“)
Zusatzstoff vs Verarbeitungshilfsstoff

- Also Saccharose wird vergoren und es bleibt nix über, muss aber angegeben werden
- Tanninzusatz zur „Aromatisierung“: Tannin bleibt im Wein, aber wenn ich es (etwas dreist) als Klärungshilfsstoff (=Verarbeitungshilfsstoff) definiere muss ein Tanninzusatz nicht angegeben werden
- Kupfersulfat gilt als Hilfsstoff, Früher (aktuell verboten): Silberchlorid war ein Zusatzstoff ???
- Also mehr oder weniger vielfach ein „politischer Kompromiss“

Konzentrieranlagen:

- Den Most im Tank „im Kreis pumpen vs.
- Zuerst Saft raus, dann Konzentrat herstellen und dann wieder in den Tank

Ersteres muss nicht deklarieren. Bei der in der Praxis üblichen Variante mit zuerst Saft raus,... muss ich dann den Zusatz von Traubensaftkonzentrat anführen. Von der Wirkung her ist aber beides völlig ident.

Die Zusatzstoffklasse (z.B. „Säureregulator“, „Antioxidant“, ..) ist voranzustellen, gefolgt von ihrer korrekten Bezeichnung des Zusatzstoffes oder E-Nummer. Die Zusatzstoffklasse von Citronensäure richtet sich nach dem Anwendungsziel des Winzers (Säuern oder Stabilisieren). Laut Weingesetz war Citronensäure aber immer nur als Stabilisator vorgesehen. Säureregulator klingt aber vermutlich etwas besser als Stabilisator. Noch besser wäre Säurezusatz. Leider ist bei einem Weinsäurezusatz die Weinsäure aber auch ein Säureregulator. Schwefeldioxid könnte ich unter Konservierungsstoffe anführen, was es ist in vielen Fälle sicher auch ist. Wir aber kaum jemand machen, da „Antioxidantien“ sicher besser klingt als „Konservierungsstoffe“

Fülldosage“ und „Versanddosage“

Bei Schaumweinen dürfen die Begriffe „Fülldosage“ und „Versanddosage“ auch ohne weitere Angabe der einzelnen Inhaltsstoffe angeführt werden. Seither hat man „leider“ etwas „zu genau nachgefragt“ und bei Perlwein gibt es seit Einführung dieser Zutatenliste keine Dosage mehr und daher ist der Zusatz von Saccharose (was bisher durchaus üblich war) verboten. Gilt auch für Schaumwein mit zusetzter Kohlensäure. Auch hier gibt es keine Dosage mehr.

Ich schreib einfach alles drauf ?!

Geht nicht, weil:

Zusatzstoffe der Kategorien „Säureregulatoren“ und „Stabilisatoren“, die ähnlich oder austauschbar sind, können im Verzeichnis der Zutaten unter Verwendung des Ausdrucks „enthält... und/oder...“ angegeben werden, wobei höchstens drei Zutaten genannt werden dürfen, wenn mindestens eine davon im Enderzeugnis ist.

Sturm

Auch bei Sturm (wo sich der Energiegehalt durch die Gärung stündlich/minütlich) ändert muss der Nährwert (und die Zutaten) angegeben werden.

Beispiele für Zutatenliste zu österr. Weinen:

Weißwein: Anreicherung mit Saccharose, Säurezusatz in fertigem Wein, Zusatz von Schwefeldioxid und Ascorbinsäure, Weinsteinstabilisierung mit Metaweinsäure oder CMC, Zusatz von RTK zur Restsüßbeerleihung, Zusatz von CO₂ im Zuge der Abfüllung, CO₂-Überlagerung (in der Praxis oft als Absaugevorrichtung bezeichnet) im Zuge der Abfüllung

Zutaten: Trauben, Zucker, **Konzentrierter Traubenmost**; Stabilisatoren: Metaweinsäure und/oder Carboxymethylcellulose; Säureregulatoren: Weinsäure (L[+]-); Kohlendioxid; Antioxidantien: **Schwefeldioxid**, L-Ascorbinsäure; unter Schutzatmosphäre verpackt

Klassische Rotweinbereitung

Anreicherung mit Saccharose, Zusatz von Schwefeldioxid, Zusatz von Gummi arabicum, Weinsteinstabilisierung mit Metaweinsäure, Zusatz von RTK zur Restsüßbeerleihung, Stickstoff-Überlagerung im Zuge der Abfüllung

Zutaten: Trauben, Zucker, Konzentrierter Traubenmost, Stabilisatoren: Gummi arabicum, Metaweinsäure; Antioxidantien: **Schwefeldioxid**; unter Schutzatmosphäre verpackt

Prädikatswein

z.B. süße Auslese. Restzucker durch Gärungsunterbrechung, Weinsteinstabilisierung mit Metaweinsäure, CO₂-Überlagerung im Zuge der Abfüllung

Zutaten: Trauben, Stabilisatoren: Metaweinsäure; Antioxidantien: **Schwefeldioxid**; unter Schutzatmosphäre verpackt

Ergebnisse und Diskussion

Konsumentin

- Ob die Nährwertkennzeichnung und Zutatenliste die Konsumentin interessiert, wird sich in der Praxis zeigen. Ob das Interesse vielleicht nur zu Beginn da ist und dann wieder verschwindet, ist ebenfalls unklar. Zu Beginn wird aber sicher einiges an Unsicherheit herrschen und es wird sicher Betriebe geben, die versuchen werden, möglichst wenig deklarationspflichtige Zusätze zu verwenden
- Oder ...
- Und andere die auf die vielen Zusätze der Mitbewerber sehr intensiv hinweisen

Alternativen

- Soll beispielsweise eine Weinstabilisierung nicht durch Zusatz von deklarationspflichtigen Stoffen wie Metaweinsäure (E 353) oder Carboxymethylcellulose (E 466) erfolgen, sondern durch physikalische Verfahren, stellt sich die Frage, ob diese Verfahren im eigenen Betrieb anwendbar sind. Weinstabilisierung mittels Kühlung ist technisch aufwendig und sehr energieintensiv. Betreffend Einsatz von Ionentauschern und Elektrodialyse gibt es in Österreich in der Praxis so gut wie keine Erfahrungen.

(Un)gewollte Auswirkungen

- Oft wird in dem Zusammenhang auch vergessen, dass solche „alternativen“ Verfahren den Wein zwar weinstabil machen, aber auch den Säuregehalt, pH-Wert und damit das sensorische Erscheinungsbild (massiv) ändern können. Dies kann im Einzelfall dann positiv aber auch negativ sein. Ein weiteres Beispiel ist die Säuerung durch einen deklarationspflichtigen Säurezusatz oder durch eine nicht zu deklarierende physikalische Methode, die vor einem größeren Einsatz zuerst mal erprobt werden sollte.

Rechtzeitig Erfahrungen sammeln

- Soll nun eine Umstellung auf eine bisher nicht angewandte und nicht zu deklarierende Methode erfolgen, wäre es sinnvoll schon heuer Erfahrungen zu sammeln, damit eine komplette Umstellung im nächsten Jahr dann ohne allzu große Probleme ablaufen kann.

Preislisten und Internetseiten

- Werden auf einer Preisliste, einem Prospekt, einem Flyer, im Online-Shop etc. Weine mit der Möglichkeit zum direkten Bestellen durch den Endverbraucher angeboten (z.B. telefonisch, schriftlich, per Fax), so ist auch hier das Verzeichnis der Zutaten und die Nährwertinformation anzugeben. Es ist erforderlich, dass der Kunde beim Bestellvorgang Zugriff auf alle relevanten Kennzeichnungsinformationen hat.

Off-label Lösung bzw. QR-Code:

- Hinweis am Etikett, z.B. direkt neben QR-Code -> „Zutaten“
- Keine Erhebung von Nutzerdaten (Cookies),...
- Nicht wirklich ganz einfach, das selber zu machen.

Bauernfängerei 1

- Die große Verunsicherung beim Thema Zutatenverzeichnis und Nährwertkennzeichnung wird von findigen Firmen teilweise (sagen wir mal „zumindest moralisch bedenklich“) für Geschäftemacherei ausgenutzt. So werden beispielsweise „besondere Biohefen“ angeboten, die man nicht deklarieren muss. Wenn man weiß, dass Hefen generell nicht deklariert werden müssen, versteht man vermutlich das Problem von solchen und ähnlichen Angeboten.

Bauernfängerei 2

- Auch beim Thema QR-Code boten Firmen schon Lösungen an, bevor überhaupt klar war, was genau auf die Winzerschaft zukommt. Billige Schnäppchen können sich dann als gar nicht so billig herausstellen. Bisher ist beispielsweise auch noch nicht ganz klar, wie lange ein QR-Code funktionieren muss und was passiert, wenn man die Firma wechselt (oder wechseln will) oder es die Firma nicht mehr gibt, die den QR-Code auf eine Seite verlinkt hat, auf die der Winzer in der Regel keinen Zugriff hat. Ein Alptraum wäre zum Beispiel, wenn man einer Firma damit

längerfristig ausgeliefert ist, da man in vielen Fällen den QR-Code nicht immer problemlos auf andere Seiten/Anbieter verlinken kann.

SAFE-E-Label und ähnliches

- ethische, transparente und faire Praktiken
- Wartung älterer E-Labels ist kostenlos
- Jederzeit kostenloser Wechsel zu anderen Anbietern
- ...

Zusammenfassung

Wird sich in der Praxis schon irgendwann einspielen und es wird pragmatische Lösungen geben

- In den meisten Punkten
- Hoffe ich zumindest

Summary

[Commission Notice – Questions and answers on the implementation of new EU wine labelling provisions following the amendment of Regulation \(EU\) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council and Commission Delegated Regulation \(EU\) 2019/33 \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202301190)
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202301190

Literatur

Der Winzer (2023): Zutatenverzeichnis und Nährwertkennzeichnung am Etikett. Der Winzer 06/2023, 6-9

Adressen der Autoren

¹ HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Entwicklung eines herzhaften Snackproduktes aus 85 % Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion

Development of a savory snack product made from 85% by-products from food production

Barbara Spießberger^{1*} und Kathrin Heim¹

Einleitung

Laut FAO werden jährlich weltweit rund 1,3 Mrd. Tonnen genießbare Lebensmittel weggeworfen. Dies entspricht einem Drittel der für menschliche Konsumation produzierten Lebensmittel. (GUSTAVSSON 2011) Food Waste gilt als Hindernis um globale Ernährungssicherheit für Millionen von Menschen zu erlangen, (BAGHERZADEH, INAMURA und JEONG 2014) ist demnach sowohl ein ethisches als auch ein ökologisches Problem (WWF-WRAP 2020) und hat zudem ökonomische Folgen: Wirtschaftlich betrachtet entsteht jährlich ein geschätzter Verlust von 2,6 Billionen US-Dollar, verursacht durch Produktions-, Umwelt- und Sozialkosten (FAO 2014).

Um hohe Entsorgungskosten sowie potentielle Umweltprobleme verringern zu können, ist es für Lebensmittelhersteller*innen erstrebenswert, den maximalen Wert aus Nebenprodukten zu erzielen. (PETRARU und AMARIEI 2020)

Das Bewusstsein über globale Probleme wie den Klimawandel steigt bei Konsument*innen, weshalb ein ausgewogener, gesunder Lebensstil in den Vordergrund rückt. Darüber hinaus steigt das Bedürfnis nach vollwertigen, pflanzlichen Lebensmitteln, deren Funktion sich nicht nur auf den bloßen Nährwert beschränkt, sondern einen zusätzlichen Gesundheitswert beinhaltet. (ARENAS-JAL, SUNÉ-NEGRE, PÉREZ-LOZANO und GARCÍA-MONTOYA 2020)

Die Zunahme von Single-Haushalten, die Berufstätigkeit von Frauen mit Kindern und längere Arbeitszeiten bei gleichzeitiger Abnahme von Kochkenntnissen haben dazu geführt, dass traditionelle Essgewohnheiten innerhalb der Familie zunehmend in den Hintergrund treten und durch kleinere Mahlzeiten und Snacks zu individuellen Zeiten an individuellen Orten ersetzt werden. (BUCKLEY, COWAN und MCCARTHY, 2007)

Im Hinblick auf eine ressourcenschonendere Ernährung, in welcher die Reduktion und Prävention von Lebensmittelverschwendung eine bedeutende Rolle spielt, sollte daher ein pflanzliches Snack-Produkt entwickelt werden, welches zu mindestens 85 % aus Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht, als Ballaststoffquelle ausgelobt werden kann und von den Konsument*innen sensorisch akzeptiert wird.

Material und Methoden

Produktentwicklung: Auf Basis einer systematischen Versuchsplanung wurden in mehreren Versuchsreihen zuerst die Füllungen und anschließend die Hülle des ummantelten Snacks entwickelt und anschließend die idealen Frittierparameter ermittelt.

Vier entwickelte Varianten des ummantelten Snacks wurden in einer als Pretest angelegten Rangfolgeprüfung für die sensorische Abstimmung ausgewählt.

Studiendesign: Die vier gewählten Varianten in den Ausführungen Curry frittiert, Curry airfried, Garam Masala frittiert und Garam Masala airfried wurden zum sensorischen Test gereicht. Zur Akzeptanzermittlung kam ein hedonischer Akzeptanztest im Home-Use-Setting mit 69 Proband*innen zum Einsatz. Die Darreichung der vier Prototypen erfolgte blind, teilrandomisiert und sequenziell monadisch, unterstützt durch das Datenerhebungsprogramm RedJade®.

Ziel war es die geschmackliche Akzeptanz des neuen ummantelten Snacks zu erheben sowie Bewertungsunterschiede zwischen den Proben und ein etwaiges Optimierungspotenzial herauszuarbeiten. Beurteilt wurden das Aussehen und der Geschmack auf einer 9-Punkt-Hedonik-Skala. Mittels JAR-Skala wurde zudem das Optimum der Knusprigkeit, des Fettgehalts, des Salzgehalts des Verhältnisses aus Hülle und Fülle sowie der Konsistenz der Fülle ermittelt. Ergänzt wurde das Studiendesign um eine Frage zur Akzeptanzveränderung nach der Informationsgebung hinsichtlich des Einsatzes von 85 % Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion.

Statistische Datenauswertung: Die Beschreibung der gewonnenen Daten erfolgte über die deskriptive Statistik. Zur Datenanalyse wurde die einfaktorielle Varianzanalyse herangezogen. Außerdem wurde durch eine Penalty Analyse in XLStat® überprüft, inwiefern Optimierungspotenzial hinsichtlich der überprüften Produkteigenschaften der Proben gegeben ist. Als Signifikanzniveau wurde der Standardwert von 5 % angenommen.

Die Nährwerte wurden auf Basis von Nährwertangaben zu den einzelnen Zutaten aus der Literatur berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge der Versuchsdurchführung konnten vier verschiedene Rezepturen für ummantelte Snackbällchen entwickelt werden, welche sich in der Geschmacksrichtung sowie in der Zubereitungsmethode unterschieden. Die Bällchen bestanden aus einer gebackenen Füllung aus Karottentrester, Aquafaba, Sonnenblumen-Ölsediment, Weizenkleie, Curry bzw. Garam Masala sowie weiteren Würzzutaten. Die Füllungen wurden mit einem Backteig aus Sonnenblumen-Presskuchen, Altbrot und Aquafaba überzogen und in einer Panade aus Altbrot gewälzt. Anschließend wurden die Bällchen entweder durch Frittieren oder mithilfe eines Airfryers zubereitet. Die entwickelten Rezepturen wurden schließlich im Rahmen eines Akzeptanztests sensorisch beurteilt. Die im Airfryer zubereitete Variante in der Geschmacksrichtung Curry erreichte dabei die höchste mittlere Akzeptanzbewertung von 6,19 auf der 9-Punkte-Skala bei den unter 49-Jährigen Proband*innen. Ältere Testpersonen beurteilten den Geschmack aller Proben, wie in Abbildung 1 ersichtlich, tendenziell schlechter.

Die genannte Snackbällchen-Variante weist einen Gehalt an Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion von 86,23 % auf. Gleichzeitig kann diese Variante aufgrund des hohen Ballaststoffgehalts von 4,45 g / 100 g als „Ballaststoffquelle“ ausgelobt werden.

Die Kommunikation der Rohstoffherkunft führte zu einer leichten Akzeptanzsteigerung der Prototypen unter den Proband*innen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass Nebenprodukte aus der Lebensmittelproduktion zu wertvollen, innovativen und von Konsument*innen akzeptierten Lebensmitteln mit einem funktionellen Zusatznutzen verarbeitet werden können und dadurch ein Beitrag zu einer ressourcenschonenden Ernährung geleistet werden kann.

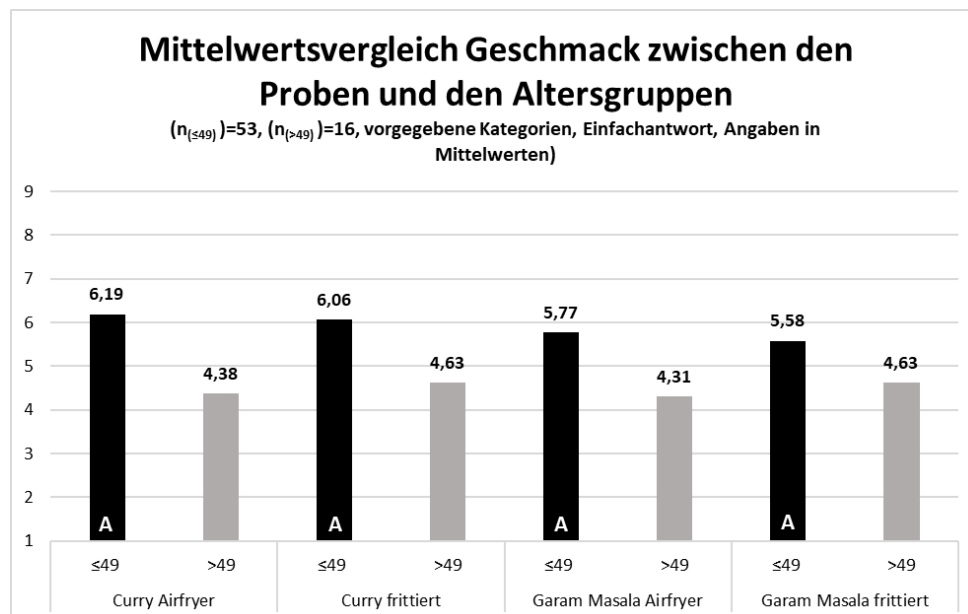


Abbildung 1: Vergleich der Geschmacksakzeptanzwerte zwischen den vier Prototypen sowie zwischen den Altersgruppen ≤49 und >49

Zusammenfassung

Diese Studie widmet sich der Entwicklung eines herzhaften, ummantelten Snackprodukts auf Basis von Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion. Die Forschungsfragen beschäftigten sich damit, inwiefern ein herzhaftes, ummanteltes Snackprodukt, welches zu mindestens aus 85 % Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht und zudem als Ballaststoffquelle ausgelobt werden kann, entwickelt werden kann. Zudem wurde evaluiert, inwiefern ein herzhaftes, ummanteltes Snackprodukt, welches zu mindestens 85 % aus Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion besteht, von Konsument*innen geschmacklich akzeptiert wird.

Im Zuge der Versuchsdurchführung konnten vier verschiedene Rezepturen für ummantelte Snackbällchen entwickelt werden, welche aus einer gebackenen Füllung aus Karottentrester, Aquafaba, Sonnenblumen-Ölsediment, Weizenkleie, Curry bzw. Garam Masala sowie weiteren Würzzutaten bestanden. Die Füllungen werden mit einem Backteig aus Sonnenblumen-Presskuchen, Altbrot und Aquafaba überzogen und in einer Panade aus Altbrot gewälzt. Anschließend wurden die Bällchen entweder durch Frittieren oder mithilfe eines Airfryers zubereitet.

Die entwickelten Rezepturen wurden im Rahmen eines Akzeptanztests von 69 Konsument*innen sensorisch beurteilt. Die im Airfryer zubereitete Variante in der Geschmacksrichtung Curry erreichte dabei die höchste mittlere Akzeptanzbewertung von 6,19 auf der 9-Punkte-Skala bei den unter 49-Jährigen Proband*innen, weist einen Gehalt von 86,23 % an Nebenprodukten aus der Lebensmittelproduktion auf und kann aufgrund des hohen Ballaststoffgehalts von 4,45 g / 100 g als Ballaststoffquelle ausgelobt werden.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass Nebenprodukte aus der Lebensmittelproduktion zu wertvollen, innovativen und von Konsument*innen akzeptierten Lebensmitteln mit einem funktionellen Zusatznutzen verarbeitet werden können und dadurch ein Beitrag zu einer ressourcenschonenden Ernährung geleistet werden kann.

Abstract

This study is dedicated to the development of a savory, coated snack product based on by-products from food production. The research questions dealt with the extent to which a savory, coated snack product can be developed that consists of at least 85 % by-products from food production and can also be advertised as a source of dietary fiber. In addition, the extent to which a savory, coated snack product consisting of at least 85 % by-products from food production is accepted by consumers in terms of taste was evaluated.

In the course of the trial, four different recipes for coated snack balls were developed, which consisted of a baked filling made from carrot pomace, aquafaba, sunflower oil sediment, wheat bran, curry or garam masala and other seasoning ingredients. The fillings are coated with a batter made from sunflower press cake, stale bread and aquafaba and rolled in a breadcrumb coating made from stale bread. The balls were then prepared either by deep-frying or using an airfryer.

The recipes developed were assessed by 69 consumers as part of an acceptance test. The variant prepared in the Airfryer in the curry flavor achieved the highest average acceptance rating of 6.19 on the 9-point scale among the test subjects under 49 years of age. It has a content of 86.23 % of by-products from food production and can be praised as a source of fiber due to its high fiber content of 4.45 g / 100 g.

Based on the findings, it can be concluded that by-products from food production can be processed into valuable, innovative foods with added functional benefits that are accepted by consumers, thereby contributing to a resource-conserving diet.

Literatur

GUSTAVSSON J, 2011: Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention: study conducted for the International Congress "Save Food!" at Interpack 2011 Düsseldorf, Germany. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

BAGHERZADEH M, INAMURA M und JEONG H, 2014: Food Waste Along the Food Chain. Hg. v. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers. Paris (No. 71).

WWF-WRAP, 2020: Halving Food Loss and Waste in the EU by 2030: the major steps needed to accelerate progress. Hg. v. WWF Deutschland. Berlin.

FAO, 2014: Food wastage footprint. Full-cost accounting : final report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

PETRARU A und AMARIEI S, 2020: Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review. In: Applied Sciences 10 (21), S. 7432. DOI: 10.3390/app10217432.

ARENAS-JAL M, SUNÉ-NEGRE J M, PÉREZ-LOZANO P und GARCÍA-MONTOYA E, 2020: Trends in the food and sports nutrition industry: A review. In: Critical reviews in food science and nutrition 60 (14), S. 2405–2421. DOI: 10.1080/10408398.2019.1643287.

BUCKLEY M, COWAN C und MCCARTHY M, 2007: The convenience food market in Great Britain: convenience food lifestyle (CFL) segments. In: Appetite 49 (3), S. 600–617. DOI: 10.1016/j.appet.2007.03.226.

Adressen der Autoren

¹Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Barbara Spießberger MA, barbara.spiessberger@gmail.com

Terrain Aware Monoplotting for Ortho UAV Images

Ufuk Can Bicici*, Peter Riegler-Nurscher

Abstract

Aerial photography with affordable UAVs is essential for monitoring crops, soil changes, pests, and diseases. These images typically undergo photogrammetry algorithms for processing. Photogrammetry encompasses several key processes, including image rectification, point matching, camera calibration, and bundle adjustment. These steps result in unified and georeferenced images that are essential for detailed analysis and decision-making (Linder, 2009, Ghosh 2005). When obtaining overlapping images is challenging, the Monoplotting technique georeferences images using Ground Control Points (GCPs) and a Digital Elevation Map or UAV sensor readings (GPS, barometer altitude, and camera metadata). We present a Terrain Aware Monoplotting framework for generating georeferenced 2D images compatible with GIS tools like QGIS. Our approach leverages terrain properties, using ray tracing and least-squares fitting to minimize geometric error. This method allows direct affine transformation from image to geographical coordinates and produces a perspective-correct projection of the mapped area, which can be georeferenced with basic affine transformation.

Materials and Methods

In our work, we introduce a Terrain Aware Monoplotting framework for generating georeferenced 2D images compatible with GIS tools like QGIS. Unlike a straightforward method relying only on UAV sensor readings for georeferencing, our approach leverages terrain properties. Our first algorithm employs efficient ray tracing to calculate terrain intersection points of rays from the camera going through image pixels. Using a least-squares approach, a plane parallel to the xz -plane is fitted to minimize the geometric error between the plane and terrain intersection points, providing a horizontal mathematical approximation of the terrain surface. This allows a direct affine transformation from image coordinates to geographical ones.

This algorithm assumes an orthogonal UAV camera, covering a field. From the center of the camera, rays are shot that go through every pixel center in the near image. These rays are intersected with a Digital Elevation Map (DEM) to produce ray-terrain intersection points. Ray tracing is implemented efficiently using a QuadTree algorithm.

The purpose of the first algorithm is to generate a vertical, linear approximation in the xz -plane to the curved terrain silhouette. Assuming that the camera is at the 3D world point c , from each pixel center, a ray r_i is shot: $r_i(t) = c + td_i$. These rays r_i intersect with an approximate, horizontal xz -plane at points p_i . The fitting error between the DEM surface and the horizontal xz -plane can be then approximated as:

$$L = \sum_{i=1}^N \|r_i(t) - p_i\|_2 = \sum_{i=1}^N \|c + t * d_i - p_i\|_2$$

Where d_i are the ray direction vectors. The problem becomes a least squares approximation; where the optimal distance of the approximation plane from the camera, t , can be calculated analytically, by taking the derivative of the fitting error L , with respect to t , setting the derivative to 0 and solving for t :

$$\frac{dL}{dt} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 (c_j + td_{ij} - p_{ij})^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 2d_{ij}(c_j + td_{ij} - p_{ij}) = 0$$

After some manipulation, we obtain the optimal t for a single view as:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 d_{ij} p_{ij} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 d_{ij} c_j}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 d_{ij}^2}$$

Where i runs over all rays and j runs over all three coordinates, $x, y,$ and z . The monoplotting then considers the t as the optimal distance of the approximation plane from the camera (Figure 1). We call this algorithm *Horizontal Fitting*.

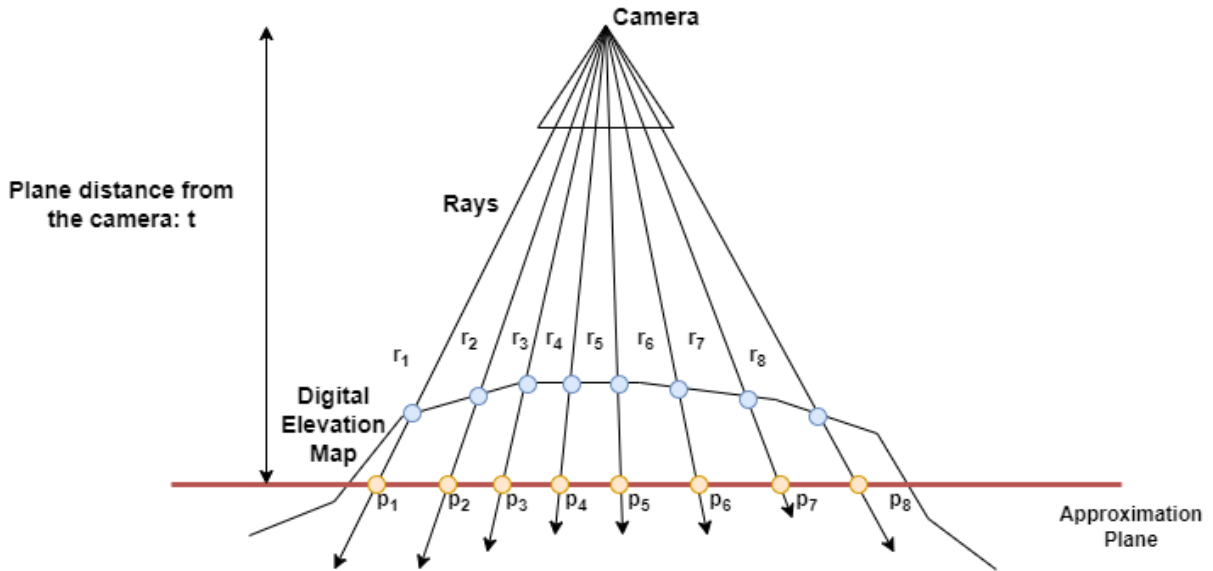


Figure 1: Approximating Digital Elevation Map for Monoplotting with a vertical plane.

Our second algorithm generates a warped image in the image space, adhering to perspective constraints such as foreshortening caused by terrain altitude differences. Once again utilizing ray tracing, it identifies camera ray and terrain intersection points and fits a minimum rotated rectangle to their 2D geographic coordinates. Treating this rectangle as the image canvas, real-world terrain coordinates for each pixel are calculated, and rays are shot from these coordinates toward the camera center. Intersecting with the sensor plane, these rays indicate sampling locations in the original image. Bilinear interpolation calculates color values, filling the canvas with a perspective correct projection of the mapped area. The resulting projected image can still be georeferenced with a basic affine transformation. We call this algorithm *Warped Fitting*.

Results and Discussion

To evaluate the effectiveness of our algorithms, we apply our algorithms to a custom UAV flight, where we place markers on the ground. The UAV flew with a 12-meter barometric altitude in reference to its start point, constantly. We obtain overlapping images during the flight to ensure that we can obtain a reference image with OpenDroneMap software later, to compare the deviation of both methods from the ground truth. We used five markers, and during the flight, a total of 325 images were collected. We manually selected the mono-plotted images that contained markers and measured the distance from their corresponding ground truth locations in the OpenDroneMap picture. We select 30 random samples for both of the algorithms. The deviations from the ground truth image are measured with the QGIS software. We obtain the following results:

| Method | Mean Error (meters) | Std. Dev. Error (meters) |
|--------------------|---------------------|--------------------------|
| Horizontal Fitting | 2.82 | 1.19 |
| Warped Fitting | 2.41 | 0.92 |

On average, we see that the Warped Fitting method slightly produces a better estimation of the actual marker locations, with a lesser standard deviation. However, the warped fitting method involves ray tracing from the fitted locations back onto the camera, resulting in a heavy computation load, whereas the Horizontal Fitting method uses a linear approximation for Monoplotting and is hence much more efficient in terms of computation.

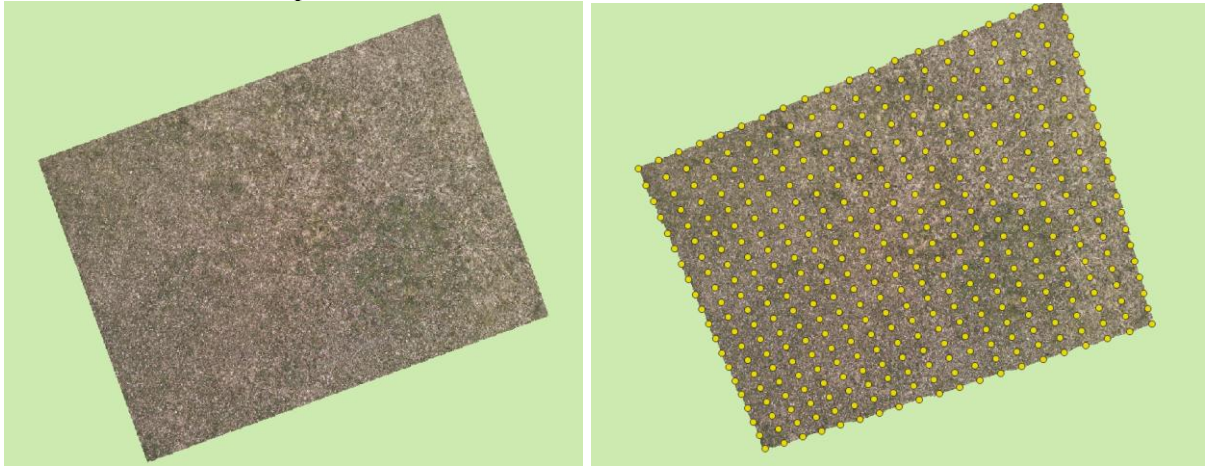


Figure 2: The warping effect of the Warped Fitting Method. Yellow points are camera ray – terrain intersection points; projected to 2D coordinates.

Summary

To efficiently render orthogonal images from UAV flights, we developed two different Monoplotting algorithms, that do not require image overlapping like advanced photogrammetry methods or Ground Control Points (GCP). Our only assumption is that the UAV photos are taken in a near-orthogonal way. Our first method, Horizontal fitting, uses a horizontal approximation to the Digital Elevation Map (DEM) surface with a least squares approach. The second method, Warped Fitting, casts rays from the camera ray-terrain intersection points back to the image plane and uses bilinear sampling to gather color values from corresponding locations. We tested both methods in a custom UAV flight with markers, to measure their deviation from a photogrammetry application, obtained from OpenDroneMap software. We saw that the Warped Fitting slightly produces better results. However this method requires a longer processing time compared to the Horizontal fitting.

Literature

Ghosh, S.K. 2005. Fundamentals of computational photogrammetry, New Delhi, Concept Publishing Company, 2005.

Golparvar, B., & Wang, R. Q. 2021. AI-Supported framework of semi-automatic monoplotting for monocular oblique visual data analysis. arXiv preprint arXiv:2111.14021.

Linder, W. 2009. Digital photogrammetry (Vol. 1). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.

Author Addresses

¹ Josephinum Resarch, Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Ufuk Can Bicici, ufuk.bicici@josephinum.at

Epidemiologische Untersuchungen im Feld zu *Ramularia mali*, Auslöser der Klecksartigen Lentizellenflecken

Epidemiological studies in the field on Ramularia mali, causal agent of dry lenticel rot

Stefanie M. Primisser^{1,2*}, Maximilian Mick¹ und Sabine Oettl¹

Introduction

Ramularia mali Videira & Crous, an emerging postharvest pathogen on apple in Italy and other apple-growing regions in Austria and France, presents a growing concern due to the increasing incidence of dry lenticel rot since 2017 (OETTL 2022). Unlike in the field where the fungal infection remains asymptomatic, the disease has been observed on apples after long-term conservation in cold storage. The dry, speckled rot of the lenticels is caused by *Ramularia mali*, a previous endophytic fungus in the fruit which becomes an epiphyte during the growing season (GARELLO (et al.) 2023). However, the case that the disease has its origins in the storage facilities can be excluded since symptomatic fruits can be connected to orchards who have yearly problems. Meaning that once affected, the probability is high for a farmer to have DRL in the next growing season as well. Other *Ramularia* species, such as *R. vizellae*, have been found in leaf litter (VIDEIRA (et al.) 2015b), indicating that collecting plant materials like leaves, buds, and fruits during the growing season could reveal potential infection timepoints. Like *R. endophylla*, which releases ascospores after overwintering in leaf litter and subsequently infects new leaves in spring (VERKLEY (et al.) 2004), *R. mali* might employ a comparable strategy. Currently, no epidemiological research on hibernating of *Ramularia mali* in the field exists. Therefore, utilizing a recently developed qPCR method (PRENCIPE (et al.) 2023) could provide additional insights into its epidemiology. Additionally, monitoring *R. mali* occurrences throughout the growing season could reveal any changes in inoculum concentration. Overall, a deeper understanding of the field epidemiology could aid in delimiting infection periods, facilitating the development of targeted control measures and determining optimal treatment timings.

Material and Methods

For the sampling, two locations in different growing areas of South Tyrol (northern Italy) were chosen: Schlanders/Silandro (S, 750 m.a.s.l) and Margreid/Margré (M, 200 m.a.s.l). For each location, two neighboring orchards with the cv. Golden Delicious were selected, where apples from one orchard showed dry lenticel symptoms in the cold storage in the previous seasons, whereas the other orchard did not develop symptoms in the long-term storage (control). Eight trees per orchard were marked. Leaf litter below these trees was taken monthly from December until May. Buds were taken one meter above ground in December, March, April (developed to flowers) and May (fruit size up to 10 mm). Samples were stored at -20 ° until further use. Total DNA was extracted with the DNeasy® Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany) according to the manufacturer's instructions. A qPCR assay to reveal the presence of *R. mali* was performed by using SsoFast™ EvaGreen® Supermix (Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, USA) with slight modifications to PRENCIPE (et al.) 2023.

For each assay, recombinant plasmids containing the calmodulin (*cmdA*)-amplicon (pJET1.2-cmd) were used as standards. Additionally, for each assay leaves from Golden Delicious seedlings from the greenhouse were used as a negative control.

For statistical analysis, SPSS Statistics 29.0.1 was used. To test the variance homogeneity and normal distribution of the data, a Levene's test and Shapiro-Wilk test were carried out, respectively. Since for both assumptions some sampling timepoints or material showed a p-value < 0.05, a Kruskal-Wallis ANOVA and Mann-Whitney U-test were chosen as non-parametric alternative for ANOVA and t-test, respectively (p=0.05).

Results and Discussion

The detection of *R. mali* in the leaf litter from both control and symptomatic orchards of Location M and S during the whole sampling period (Fig. 2 and Fig.3), indicates that the pathogen might use leaf litter as hibernation material, as it was already reported for other *Ramularia* species e.g., *R. vizellae* (VIDEIRA (et al.) 2015b) or *R. endophylla*, which overwinters on leaf litter of oak trees and infects fresh leaves in spring via ascospores (VERKLEY (et al.) 2004). However, to date, the lifecycle of *R. mali* has not been conclusively elucidated.

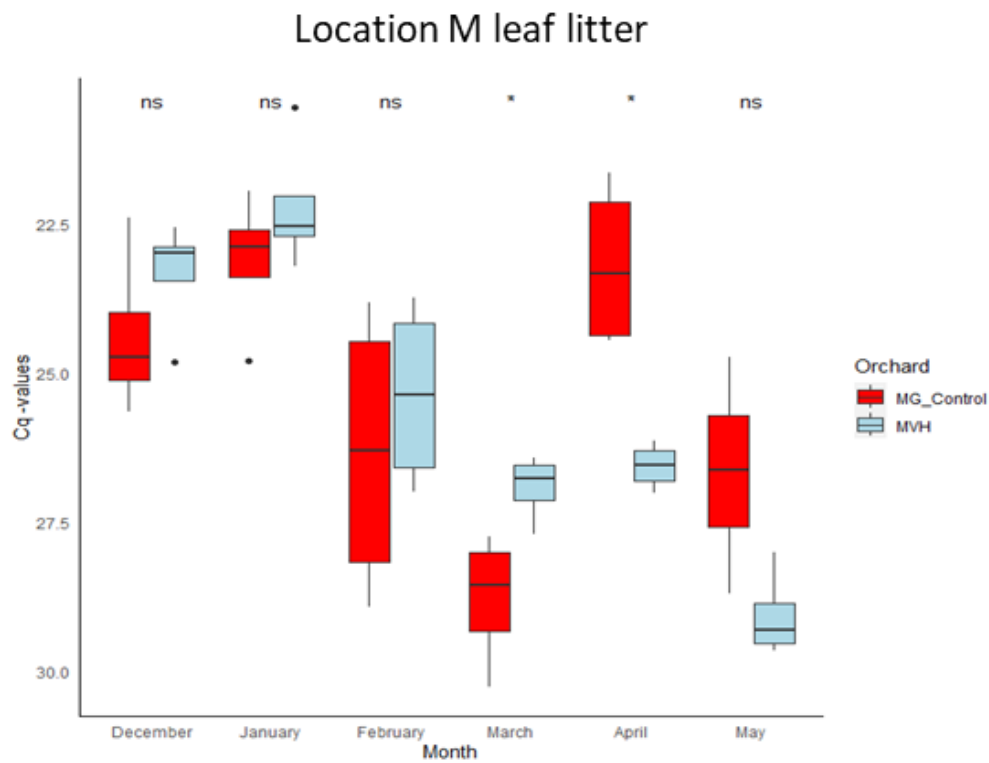


Figure 1: Boxplot from leaf litter samples of location M. Asterisks indicate a significant difference between orchard “MVH” and “MG_Control” in the months March and April.

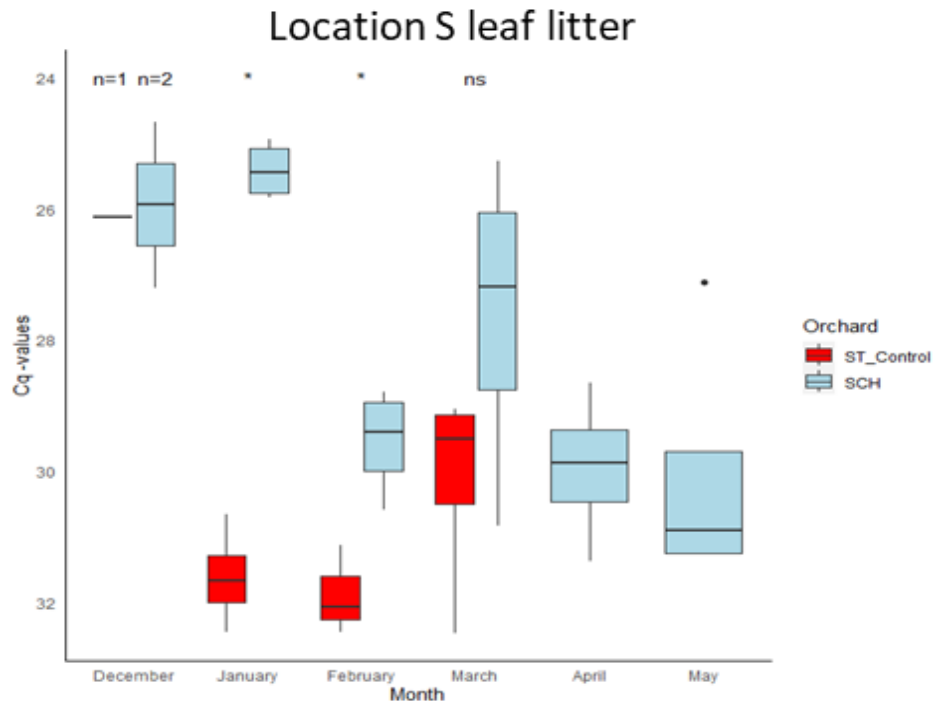


Figure 2: Boxplot from leaf litter samples of location M. Asterisks indicate a significant difference between orchard “SCH” and “ST_Control” in the months January and February. In December the indicated sample size shows the positive replicates, the others were tested negative. For the orchard ST_Control samples were not available in April and May due to sanitary removal of leaf litter.

Results from the buds (Fig. 4 and Fig. 5) are showing the presence of *R. mali* in December and March, yet *R. mali* was not detected in April and March on the flowers. However, differences were not significant, except for the orchard MG_Control with a significant decrease from December to March.

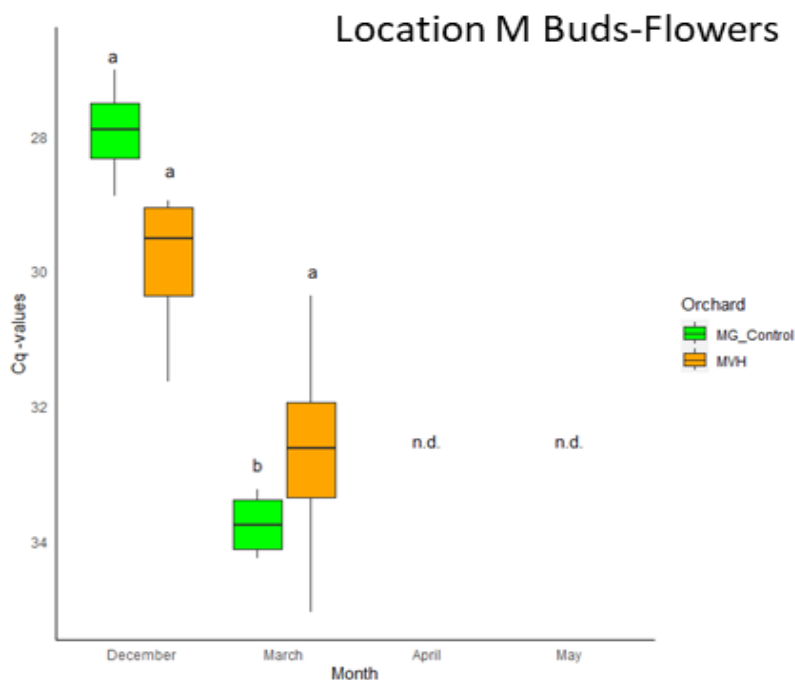


Figure 3: Boxplot from buds of location M. For April and May, no data are available as the flowers did not show any detectable *R. mali* concentration.

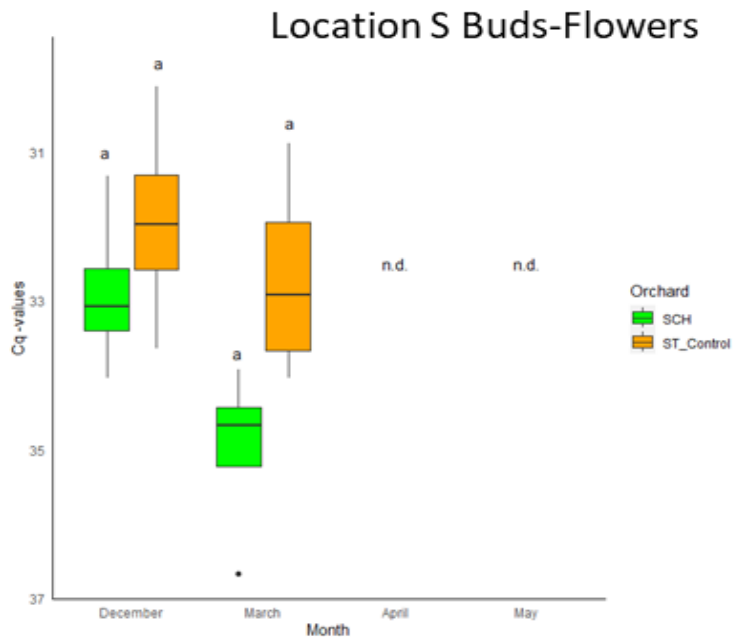


Figure 4: Boxplot from bud samples of location S. For April and May, no data are available as flowers did not show any detectable *R. mali* concentration.

The results confirmed a continuous presence of *R. mali* on leaf litter, and thus indicate a probable hemibiotrophic and ubiquitous lifestyle. Hence, additional factors might favor an infection and subsequently the expression of symptoms in the cold storage. This continuous and relatively uniform presence of the pathogen in the orchards hampers the identification of an accurate infection period and thus the field trials for potential management strategies. On the other hand, the results also emphasize the possibility that *R. mali* undergoes a change in lifestyle and switches from an endophyte to a pathogenic epiphyte as stated by (GARELLO (et al.) 2023) Further research is therefore needed not only on the lifestyle of the fungus in the field, but also on other factors that may influence this switch of the lifestyle. The identification of these factors could help to find approaches for control strategies.

Zusammenfassung

Ramularia mali, Verursacher der Klecksartigen Lentizellenflecken (engl. dry lenticel rot) wird vermehrt in den norditalienischen Apfelanbaugebieten, Südtirol und Piemont, sowie auch in Anbaugebieten Frankreichs und Österreichs festgestellt. Über die Sommermonate wechselt *Ramularia mali* von einer endophytischen zu einer epiphytischen Lebensweise; erste Symptome werden aber erst nach, nach 2-3 Monaten Lagerung sichtbar. Die Zielsetzung dieser Studie war es, eine mögliche Überwinterung des Pilzes in den Apfelanlagen zu untersuchen. Das Experiment wurde in der Vegetationsperiode 2022-2023 in vier verschiedenen Apfelanlagen an zwei unterschiedlichen Standorten (Schlanders/Silandro und Margreid/Margré) in Südtirol durchgeführt. Die Beprobung von Falllaub und Knospen als mögliche Überwinterungsstätte des Pilzes erfolgte monatlich von Dezember bis Mai an jeweils acht ausgewählten Bäumen. Anschließend wurde die DNA der Proben extrahiert und mittels spezifischer qPCR auf *R. mali* analysiert. Der Erreger *R. mali* konnte im untersuchten Zeitraum in allen vier Anlagen nachgewiesen werden. Dies spricht dafür, dass für die Entwicklung von Symptomen zusätzliche, bislang unbekannte Faktoren notwendig sind und die Präsenz des Erregers nicht ausreichend für die Entwicklung des Schadbildes ist. Diese Ergebnisse stellen einen wichtigen Beitrag zur Aufklärung der Epidemiologie des Pilzes dar und sind essenziell für die Entwicklung einer gezielten Bekämpfungsstrategie im Feld.

Abstract

Ramularia mali, the causal agent of dry lenticel rot, is increasingly found in the northern Italian apple-growing regions, South Tyrol and Piedmont, as well as in apple growing areas of France and Austria. During the summer months, *R. mali* switches from an endophytic to an epiphytic lifestyle; but first

symptoms become visible only after two to three months of cold storage. The aim of this study was to investigate a possible hibernating of the fungus in the apple orchards. The experiment was carried out during the 2022-2023 growing season in four different apple orchards at two different locations (Schlanders/Silandro and Margreid/Marggré) in South Tyrol. The sampling of leaf litter and buds as a potential overwintering site of the fungus, was carried out monthly from December to May on eight selected trees. The DNA of the samples was then extracted and analyzed for *R. mali* presence using specific qPCR. The pathogen *R. mali* was detected in all four orchards during the analyzed period. This indicates that additional, previously unknown factors are necessary for the development of symptoms and that the mere presence of the pathogen is not sufficient for the manifestation of the disease. These results represent an important contribution to clarifying the epidemiology of the fungus and are an essential step towards the development of a targeted control strategy in the field.

References

- GARELLO M, PIOMBO E, PRENCIPE S, SCHIAVON G, BERRA L, WISNIEWSKI M, DROBY S, SPADARO D (2023): Fruit microbiome: A powerful tool to study the epidemiology of dry lenticel rot and white haze – Emerging postharvest diseases of apple, *Postharvest Biology and Technology*, Volume 196, 2023, 112163, ISSN 0925-5214, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112163>.
- OETTL (2022): Speckled lenticel spots (SLS) – an emerging postharvest disease on apples in South Tyrol (Northern Italy). IOBC Meeting SG Pome and Stone Fruit Diseases.
- PRENCIPE S, VALENTE S, NARI L, SPADARO D (2022): A quantitative real-time PCR assay for early detection and quantification of *Ramularia mali*, an emerging pathogen of apple causing dry lenticel rot. *Plant Disease* 2023 May 4: PDIS07221586RE. doi: 10.1094/PDIS-07-22-1586-
- VIDEIRA S I R, GROENEWALD J Z, KOLECKA A, VAN HAREN L, BOEKHOUT T, CROUS P W (2015): “Elucidating the *Ramularia eucalypti* species complex”. *Persoonia*, 34, pp. 50-64.
- VERKLEY GJM, CROUS PW, GROENEWALD JZ, BRAUN U, APTROOT A. (2004): *Mycosphaerella punctiformis* revisited: morphology, phylogeny, and epitypification of the type species of the genus *Mycosphaerella* (Dothideales, Ascomycota). *Mycological research* 108: 1271–1282.

Address of the authors

¹ Versuchszentrum Laimburg, Laimburg 6 - Pfatten (Vadena), 39040, Auer (Ora), BZ, Italien

² Dept. Agricultural, Forest and Food Sciences (DISAFA), University of Turin, Largo Braccini 2, 10095 Grugliasco, TO, Italy

* Ansprechpartnerin: Mag. Stefanie Maria Primisser, StefanieMaria.Primisser@laimburg.it

Klimabedingte Veränderungen im Schädlingsauftreten in Gemüse- und Ackerbau - Untersuchte Prognosemodelle im Rahmen des ACRP-Projektes RIMPEST

Changes in vegetable and arable crop insect pest occurrence caused by climate change – models investigated in the scope of the ACRP- project RIMPEST

Stephan Manhalter*, Anna Moyses und Katharina Wechselberger

Einleitung

Im Rahmen des ACRP-Projektes RIMPEST wurde der Effekt des Klimawandels auf das zukünftige Auftreten thermophiler Schadinsekten untersucht. Dazu wurden historische Wetterdaten, Beobachtungsdaten dieser Schädlinge und Daten bzw. Prognosemodelle aus der Literatur benutzt, um für Österreich passende Simulationsmodelle zu finden bzw. zu errechnen. Diese Modelle wurden mit simulierten Wetterdaten aus Klimawandelszenarios für den Zeitraum 2021 bis 2050 bzw. 2071 bis 2100 berechnet. In weiterer Folge werden langfristige Trends untersucht und potenzielle neue Hotspots für Schädlinge identifiziert. Die Ergebnisse sollen als Entscheidungshilfe in der Politik genutzt werden, um negative Einflüsse des Klimawandels in der Landwirtschaft zu reduzieren.

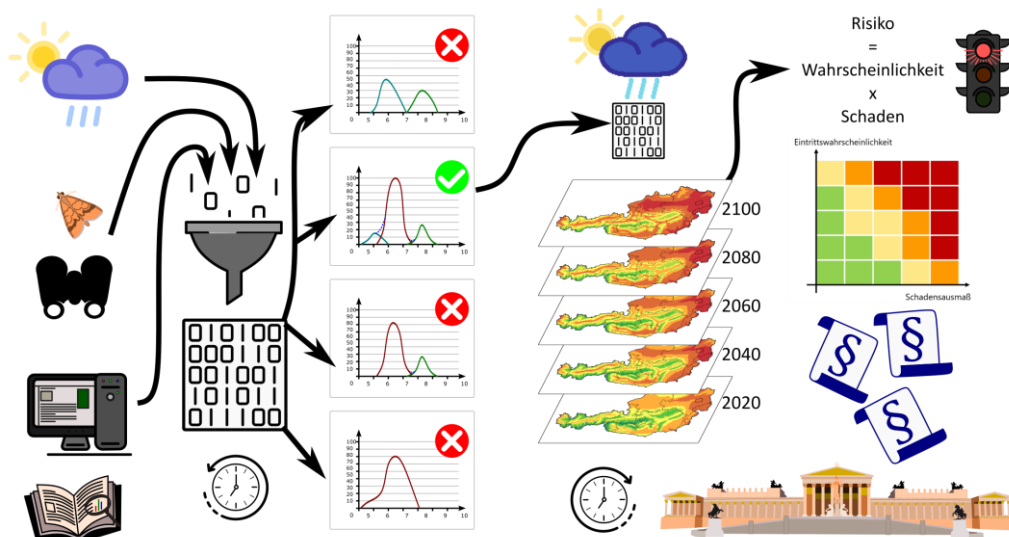


Abbildung 1: Graphical Abstract; Übersicht über die Arbeitsschritte im Projekt von der Recherche und Datenerhebung, über Filterung und Validierungstests, sowie Simulation mit Klimaszenarien-Daten bis hin zur Risikobewertung und Einfluss auf Gesetzgebung.

Material und Methoden

Untersuchte Schädlinge: Der Fokus in dieser Publikation liegt auf den Schaderregern Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), Maiswurzelbohner (*Diabrotica virgifera virgifera*), Baumwollkapselleule (*Helicoverpa armigera*) sowie der Schwarzen Bohnenlaus (*Aphis fabae*), der Grünen Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) und der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) als Gemüseschädlinge.

Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes noch weitere Spezies bearbeitet, wie zum Beispiel die Amerikanische Rebzikade, (*Scaphoideus titanus*) Apfelwickler (*Cydia pomonella*) und Maikäfer (*Melolontha melolontha*).

Literaturrecherche Ovid: Bei den hier vorgestellten Schädlingen wurden insgesamt fast 1450 Publikationen zum Thema Monitoring gefunden, aber nur ca. 300 zur Prognose. 110 davon entfallen allein auf die *Myzus persicae*. Basierend auf geographischer Relevanz bzw. Verfügbarkeit wurden insgesamt 66

Publikationen zur Schädlingsprognose ausgewählt und nach Prognosemodellen durchsucht. Diese wurden in weiterer Folge mit Monitoringdaten und Wetterdaten einer Validierung unterzogen.

Monitoring: Die Ackerbau-Monitorings sind schon seit Jahrzehnten aktiv (Maiszünsler, Maiswurzelbohrer), während die Gemüse-Monitorings erst 2017 in der heutigen Form etabliert wurden. Alle vier Monitorings werden aktuell durch das Warndienstprojekt der Landwirtschaftskammern organisiert (<https://warndienst.lko.at/>). Grundsätzlich wurden in den Monitorings Fangzahlen der jeweiligen Schädlinge während definierter Monitoring-Perioden an verschiedenen Standorten in Österreich erhoben. Mithilfe der Geodaten der Standorte lassen sich auch im Nachhinein Wetterdaten mit den Fangzahlen verknüpfen.

Wetterdaten: Die verwendeten Wetterdaten stammen ausschließlich von Geosphere. Es wurden sowohl Referenzwetterstationsdaten als auch INCA-Grid Daten verwendet.

Validationstests: Um die Literaturmodelle zu validieren, wurden sie testweise zur Rekonstruktion der Phänologie der jüngeren Vergangenheit verwendet.

Klimaszenarien: Für die Simulation der Zukunftsszenarien wurden die OEKS15 Datensätze herangezogen. Es wird eine Auswahl der Varianten jeweils mit RCP 4.5 und RCP 8.5 Szenario verwendet, um Risikokarten zu erstellen. RCP steht für "Representative Concentration Scenario", auf Deutsch: „Repräsentative Konzentrationspfade“. Sie beziehen sich auf mehrere Studien, die sich mit der Zunahme der auf die Erde eintreffenden Strahlungsenergie beschäftigen. Die jeweilige Zahl gibt die Differenz in W/m² zwischen dem Jahr 2100 und der vorindustriellen Zeit an.

Tabelle 1: **Schädlinge und die jeweils getesteten Prognosemodelle**

| Schädling | Modelltyp | Autor |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Maiswurzelbohrer | Risikokarte | Falkner, 2018 |
| Maiszünsler | Populationsentwicklungsmodell | Maiorano & Donatelli, 2014 |
| Baumwollkapselwurm | Entwicklungsmodell | Dalal & Arora, 2019 |
| Schwarze Bohnenlaus | Entwicklungsmodell | Behrendt, 1963 |
| Schwarze Bohnenlaus | Entwicklungsmodell | Tsitsipis & Mittler, 1976 |
| Grüne Erbsenblattlaus | Phänologiemodell | Bommarco & Ekbom, 1995 |
| Grüne Erbsenblattlaus | Entwicklungsmodell | Siddiqui et al., 1973 |
| Grüne Pfirsichblattlaus | Entwicklungsmodell | Liu & Meng, 1999 |
| Grüne Pfirsichblattlaus | Phänologiemodell | Ro et al., 1998 |

Ergebnisse und Diskussion

Bisherige Ergebnisse zum Maiswurzelbohrer: Das im Modell untersuchte Risiko des Auftretens des Maiswurzelbohrers basiert zum Teil auf dem geschätzten Maisbauanteil in der Region. Der Maisbauanteil wird einerseits aus der Maisbauintensität auf Gemeindeneiveau und der Hangneigung im untersuchten Quadranten (km²-Gitter) errechnet. Als weiterer Einflussfaktor dienen Lufttemperatur, Niederschlagssumme und die Wachstumsgradtage (Wärmesumme über 12,7°C). Diese Wachstumsgradtage simulieren die Entwicklung der Wirtspflanze Mais. Die zugrundeliegende Formel basiert auf den österreichischen Monitoringdaten für Maiswurzelbohrer von 2002 bis 2015.

Forschungsbedarf zum Maiswurzelbohrer: Es gibt mitunter Faktoren, die im Modell nicht berücksichtigt wurden, aber durchaus für Klimawandelstudien von Interesse sein könnten. Darunter die klimabedingte Veränderung der Bodenbonität und der damit verbundenen Veränderung des Ertrags (z.B. BEAT – Projekt, HASELMAYR et al. 2018). Diese würden eine langfristige Verschiebung der Anbauggebiete für einige Kulturpflanzen, wie Mais, zur Folge haben. Auch Faktoren, wie Wasserdurchlässigkeit des Bodens, können indirekt, über Unterschiede des Überwinterungserfolgs der Eier, Einfluss nehmen.

Bisherige Ergebnisse zum Maiszünsler: Die meisten untersuchten Modelle waren unvollständig und konnten nur eine Generation der Maiszünsler prognostizieren. Historisch wurde auch wenig zwischen den vorherrschenden Rassen unterschieden. In Österreich gibt es zumindest eine univoltine Rasse (eine Generation pro Jahr, Flughöhepunkt Anfang Juli) und eine bivoltine Rasse (zwei Generationen pro Jahr, Flughöhepunkte Juni bzw. August/September). Das für Österreich geeignetste Modell von MAIORANO & DONATELLI (2014) berechnet die Flugphase für die Rasse mit zwei Flughöhepunkten auf ca. eine Woche genau. Der Flughöhepunkt liegt dabei fast immer in der zweiten Hälfte der Flugperiode.

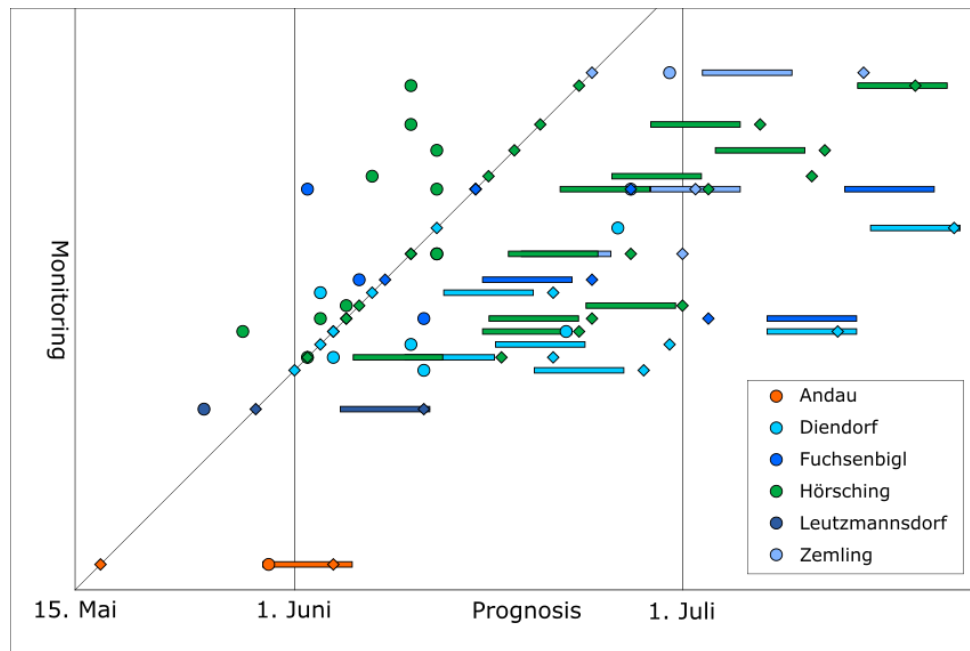


Abbildung 2: Erste Tests des Modells von MAIORANO & DONATELLI (2014) für den Zeitraum 1996 - 2021 mit Daten von guter Qualität (>100 Fänge in 7 Tagen) (Raute: Start/Ende d. Flugperiode d. 1. Generation lt. Prognose, Kreis: Erstnachweis, Balken: stärkste 7 Tage-Flugperiode). An einigen Standorten nur der Flug der univoltinen Rasse

Forschungsbedarf zum Maiszünsler: Das bestehende Modell muss noch um den Flughöhepunkt der univoltinen Rasse erweitert werden. *A priori* wurde dieser für Testzwecke mit 560 Gradtagen festgelegt. Allgemein berücksichtigt das Modell keine Niederschläge, was ebenfalls zu Abweichungen führen kann, da die Flugaktivität bei Niederschlag stark reduziert ist. Auch die geographische Verteilung der Rassen und das verursachte Schadensausmaß wären für die Risikoeinschätzung hilfreich. Laut Literatur ist die univoltine Rasse diejenige, die in Mais den meisten Schaden verursacht. Die zweite Generation der bivoltinen Rasse könnte aber in Zukunft an Bedeutung gewinnen, und zwar nicht nur im Maisanbau, sondern auch im Fruchtgemüse, wie Paprika.

Bisherige Ergebnisse Baumwollkapselwurm: Der Faktor Wind spielt bei der Verbreitung der Baumwollkapselwurm eine zentrale Rolle. Im Falle von Österreich ist der Windkorridor, der von Serbien über Ungarn nach NO-Österreich führt, hauptsächlich für die Langstreckenverbreitung der Baumwollkapselwurm verantwortlich. Wind wird aber in vielen Klimawandelszenarien nicht, oder nur unzureichend abgebildet. Daher war es für uns wichtig Modelle zu finden, die ohne diesen Wetterparameter auskommen. Erste Tests mit dem Modell von DALAL & ARORA (2019) verliefen vielversprechend. Die Flughöhepunkte späterer Generationen ließen sich mit früheren Flughöhepunkten als Ausgangspunkt innerhalb einer Saison zufriedenstellend berechnen.

Forschungsbedarf Baumwollkapselwurm: Für die Modellberechnung in einer Simulation ist es notwendig einen Startzeitpunkt festzulegen. Basierend auf unseren Monitoringdaten wollen wir daher eine Prognose erstellen, die diesen Startzeitpunkt errechnet. Der Fokus liegt hierbei auf den aus Südost einwandernden Adulten, da sie den Hauptanteil des ersten Fluges ausmachen. Dieses Prognosemodell soll hierfür eher günstige Windbedingungen annehmen.

Bisherige Ergebnisse Blattläuse an Leguminosen: Die meisten Literaturmodelle basieren auf Laborbeobachtungen bei stabilen Temperaturen. Einige wenige beschäftigen sich mit Freilandbeobachtungen bzw. der Phänologie des Wirtswechsels vom Winter- zum Sommerwirt. Eine erste Auswahl an Modellen wurde, z.B. für den Schlupf der Wintereier, erfolgreich getestet.

Forschungsbedarf Blattläuse an Leguminosen: Besonders der Einfluss von Niederschlägen und längeren Trockenphasen auf das Vorkommen bzw. die Populationsentwicklung von Blattläusen ist noch wenig untersucht.

Zusammenfassung

Im Rahmen des ACRP-Projektes RIMPEST wurden Prognosemodelle für thermophile, wirtschaftlich relevante Schädlinge in der Landwirtschaft untersucht.

Unser Fokus lag auf dem Maiswurzelbohrer und dem Maiszünsler als Maisschädlinge, der Baumwollkapselule, sowie der Schwarzen Bohnenlaus, der Grünen Erbsenblattlaus und der Grünen Pflirsichblattlaus als Gemüseschädlinge.

Die untersuchten Modelle wurden mittels Literaturrecherche in der Ovid Literaturdatenbank gesammelt. Insgesamt wurden 66 Publikationen für die weitere Analyse ausgewählt. Die enthaltenen Modelle wurden weiterbearbeitet, getestet und mit historischen Monitoring- und Wetterdaten validiert, um die am besten für Österreich geeigneten Modelle für jede Spezies zu identifizieren.

Für die Maiswurzelbohrer wurde das „zero-inflated Poisson Model“ von FALKNER (2018) als am besten passendes Modell ausgewählt, da es mit österreichischen Monitoringdaten (2002-2015) erstellt wurde und auch räumliche Daten zur Maisanbauintensität verwendet.

Für den Maiszünsler in Österreich eignet sich am besten das Modell von MAIORANO und DONATELLI (2014). Die Prognose des Flughöhepunktes der ersten Generation (=Winter) der Adulten der bivoltinen Rasse hat ein R^2 von 0,324 (RMSE 8,424 Tage, $n = 35$). Für den Flughöhepunkt der univoltinen Rasse wurden zu Testzwecken *a priori* 560 Gradtage angenommen. Hier ist das R^2 0,288 (RMSE 8,694 Tage, $n = 105$).

Für die Baumwollkapselule wurde von DALAL und ARORA (2019) ein Modell für die Entwicklung vom Ei zum Falter publiziert. Dieses Modell liefert gute Ergebnisse für Berechnungen während der Saison, nimmt aber auf die Winterdiapause keine Rücksicht. Es ist daher nicht als alleinstehendes Modell nutzbar und muss durch ein zusätzliches Modell zur Errechnung eines Startzeitpunktes ergänzt werden. Basierend auf den Monitoringdaten, soll daher ein Negativprognosemodell errechnet werden, das den frühestmöglichen Zeitpunkt für einwandernde Baumwollkapselulen in Österreich vorhersagt.

Bei den Blattläusen wurden die Modelle pro Spezies auf zwei eingeschränkt. Für die Schwarze Bohnenlaus simulieren die Modelle von BEHRENDT (1963) sowie TSITSIPIS und MITTLER (1976) jeweils die gesamte Entwicklung eines Individuums. Für die Grüne Erbsenblattlaus und die Grüne Pflirsichblattlaus wurden jeweils ein Entwicklungsmodell (SIDDIQUI et al. (1973); LIU und MENG (1999)) und ein phänologisches Modell (BOMMARCO und EKBOM (1995); RO et al. (1998)) ausgewählt. Die Simulationen der Prognosemodelle mit den Klimamodelldaten sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Eine Präsentation der Ergebnisse wird für nächstes Jahr angestrebt.

Abstract

In the scope of the ACRP-project RIMPEST¹, we tested prognosis models for thermophilic, economically relevant insect pests in agriculture in Austria. We focused on *Diabrotica virgifera virgifera* and *Ostrinia nubilalis*, as pests in corn as well as *Helicoverpa armigera*, *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum* and *Myzus persicae* as pests in vegetables.

The respective models were collected via in-depth literature research utilizing the Ovid literature database. A total of 66 publications were chosen for analysis. The models, that were found in the 66 chosen papers, were further processed, tested, and validated using historical monitoring and weather data to identify the models with the best fit for Austria for each investigated species.

For *Diabrotica v.v.* the zero-inflated Poisson mixture model published by FALKNER (2018) was chosen as best fit, since it was developed with Austrian monitoring data (2002 – 2015) and utilizes spatial data on corn crop abundance.

The best fitting prognosis model for *O. nubilalis* in Austria was the model by MAIORANO und DONATELLI (2014). Prediction of the flight peak of the first generation (=winter) of the bivoltine race adults has an R² of 0.324 (RMSE 8.424 days, n =35). For the flight peak of the univoltine race, *a priori* set to 560 degree-days in the model for testing, the R² is 0.288 (RMSE 8.694 days, n = 105).

For *H. armigera*, a model for prognosis of the development from egg to adult was published by DALAL and ARORA (2019). It performs well calculating the full development of an individual during the season but does not account for winter diapause. It can't be used as standalone model and needs an additional model to set the first biofix per year for simulations. We will utilize our monitoring data to design a negative prognosis model for this purpose, which will predict the earliest day that an immigrating *H. armigera* adult can be detected in Austria.

For aphids, we narrowed down to testing two models per species. The *A. fabae* models by BEHRENDT (1963) and TSITSIPIS and MITTLER (1976) both simulate aphid development. For *A. pisum* and *M. persicae* we chose one development model for each species (SIDDIQUI *et al.* (1973); LIU and MENG (1999), respectively) and one phenological model (BOMMARCO and EKBOM (1995); RO *et al.* (1998), respectively). The testing of these models is still in progress.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Sylvia Blümel, Josef Eitzinger, Kerstin Kolkmann, Sabina Thaler und Vitore Shala-Mayrhofer, sowie den restlichen Projektmitarbeiter:innen für die gute Zusammenarbeit im Projekt. Vielen Dank auch an die Fördergeber, die dieses Projekt erst ermöglicht haben:

Finanziert wird das Projekt vom Klima + Energie Fonds – Austrian Climate Research Programme - Projektfördernummer ACRP 13: KR20AC0K17957

Literatur

BEHRENDT, K. (1963): Über die Eidiapause von *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae). Zool. Jb. Physiol., 70: 309-398.

BOMMARCO, R., EKBOM, B. (1995): Phenology and prediction of pea aphid infestations on peas. International Journal of Pest Management, 41 (2): 109-113.

DALAL, P. K., ARORA, R. (2019): Model-based phenology prediction of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Noctuidae: Lepidoptera) on tomato crop. Journal of Plant Diseases and Protection, 126: 281-291.

FALKNER, K. (2018): Analysing the influences of climate and land use on the spread and abundance of the Western Corn Rootworm in Austria. In: SecoIndary FALKNER, K. (Hg.), Department of Economics and Social Sciences, Institute for Sustainable Economic Development. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences: 133.

HASLMAYR, H.-P., BAUMGARTEN, A., SCHWARZ, M., HUBER, S., PROKOP, G., SEDY, K., KRAMMER, C., MURER, E., POCK, H., RODLAUER, C., SCHAUMBERGER, A., NADEEM, I., FORMAYER, H. (2018): BEAT - Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich. DaFNE Nr. 100975.

LIU, S.-s., MENG, X.-d. (1999): Modelling development time of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) at constant and natural temperatures. Bulletin of Entomological Research, 89 (1): 53-63.

MAIORANO, A., DONATELLI, M. (2014): Validation of an insect pest phenological model for the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn) in the Po Valley in Italy. Italian Journal of Agrometeorology, 18: 43-50.

RO, T. H., LONG, G. E., TOBA, H. H. (1998): Predicting Phenology of Green Peach Aphid (Homoptera: Aphididae) using Degree-Days. Environmental Entomology, 27 (2): 337-343.

SIDDIQUI, W. H., BARLOW, C. A., RANDOLPH, P. A. (1973): Effects of some constant and alternating temperatures on population growth of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). Canadian Entomologist, 105: 145-156.

TSITSIPIS, J., MITTLER, T. E. (1976): Development, growth, reproduction, and survival of apterous virginoparae of *Aphis fabae* at different temperatures. Entomologia Experimentalis et Applicata, 19: 1-10.

Adressen der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Abteilung für Nachhaltigen Ackerbau, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Stephan MANHALTER, MSc., stephan.manhalter@ages.at

Do they have a CHOICE: gezielter Einsatz von *Metarhizium* im Zuckerrübenfeld gegen den Rübenderbrüssler

Do they have a CHOICE: targeted use of Metarhizium in the sugar beet field against the beet weevil

Maria Zottele^{1*}, Chiara Cattani¹, Michael Brunner² und Hermann Strasser¹

Einleitung

Für einen erfolgreichen Einsatz von insektenötenden Pilzen ist es essentiell, auch die komplexen Wechselwirkungen zwischen den drei Elementen Wirtspflanze, Schädling und Pilz zu erkennen und zu verstehen. Ziel der Arbeit ist nun, den Einfluss ausgewählter Kulturpflanzen auf die Etablierung des Pilzes in Gewächshausversuchen zu untersuchen. Weiters soll beurteilt werden, ob der Schädling *Asproparthenis punctiventris* Germar (Coleoptera: Curculionidae) auf die Anwesenheit des entomopathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* Ma 43 auf oder in der Pflanze reagiert (z.B. Meideverhalten).

Material und Methoden

Pflanzenarten: Für den Gewächshausversuch wurden Weizen, Klee, Erbse, Buchweizen, Weidelgras, Ackerbohne sowie Wicke ausgewählt. Im Choice- Assay wurden ausschließlich Zuckerrübenpflanzen verwendet. Als Substrat wurde eine Mischung aus Sand und Kompost verwendet (2/3 zu 1/3) und automatisch bewässert. Für die Rhizosphärenkompetenz wurden vier Pflanzen pro Topf ausgesät, für den Choice- Assay eine Pflanze pro Topf verwendet. Alle Versuche wurden in mindestens fünf Wiederholungen durchgeführt.

Gewächshausversuch: Bei der Aussaat wurde in jedes Pflanzloch 100µL *Metarhizium*- Suspension (5×10^6 Sporen ml⁻¹) pipettiert. Zusätzlich wurden sowohl Positivkontrollen (nur Sporenlösung ohne Pflanze) sowie Negativkontrollen (nur Pflanze ohne Behandlung) angesetzt. Das Gewächshaus wurde mit 21°C und 50-70% rH betrieben. Nach sechs bzw. zwölf Wochen wurde sowohl die Besiedelung der Rhizosphäre als auch der Rhizoplane beurteilt. Dafür werden jeweils zwei Pflanzen mit einem Rillenbohrer entnommen, in Wurzelmasse und Bodenprobe aufgeteilt, und die Kolonienbildenden Einheiten (KBE) unter Zuhilfenahme von Selektivnährmedium (LAENGLER et al. 2005) bestimmt.

Choice- Assay: Die Pflanzen wurden zwei Wochen vorgezogen, bevor sie mit (i) *Metarhizium*- Suspension (5×10^6 Sporen ml⁻¹) im Bereich der Wurzeln, (ii) 2mL *Metarhizium*- Suspension (5×10^7 Sporen ml⁻¹) durch Sprühapplikation oder (iii) einer Kombination beider Applikationsmethoden behandelt wurden. Die Kontrollpflanzen wurden mit steriler Tweenlösung (0,1% w/v) entsprechend der Applikationsmethode behandelt. Nach weiteren zwei Wochen wurden die Pflanzen in einer Choice-Chamber den Insekten (n= 15) für fünf Tage angeboten, wobei eine erste Auswertung bereits nach 24h erfolgte. Dafür wurde die Position des Insekts für jedes Individuum bestimmt (behandelte/unbehandelte Pflanze). Fraßschäden an den Pflanzen werden zusätzlich bonitiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Zuckerrübenschädling *A. punctiventris* kann von mehreren Pilzpathogenen befallen werden (IGN-JAC et al. 1984). Auch der Produktionsstamm *M. brunneum* Ma 43 kann erfolgreich das Immunsystem des Käfers überwinden und die Mortalität des Rübenderbrüsslers erhöhen (ZOTTELE et al. 2023). Da bekannt ist, dass Insekten auf volatile Stoffwechselprodukte von entomopathogenen Pilzen reagieren können (DAVIS et al. 2013), gilt es zu untersuchen, ob der Zuckerrübenschädling mit Pilz behandelte Pflanzen erkennt und diese womöglich meidet. In einer ersten Versuchsreihe erhielten die Käfer die Möglichkeit, zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen als Nahrungsquelle zu wählen. Nach den fünf Tagen befanden sich über 60% der Insekten bei der unbehandelten Pflanze. Jedoch konnte während dieser Zeit auch eine Bewegung der Käfer zwischen den beiden Pflanzen beobachtet werden. Nun soll das Testsystem weiter verbessert werden und genauer untersucht werden, ob die Gegenwart des Pilzes auf/in der Pflanze einen repellierenden oder attraktierenden Effekt besitzt. Dazu sollen auch einzelne Bestandteile des volatilen Metabolitencocktails (u.a. 3-Octanone) untersucht werden.

Um einen erfolgreichen Schutz in den Kulturen zu gewährleisten, soll der Pilz in der Lage sein, trotz der von der Pflanze ausgeschiedenen Substanzen sich in der Rhizosphäre anzusiedeln und zu überleben. Da diese Rhizosphärenkompetenz sowohl Pilz- als auch Pflanzenartabhängig ist, sollte in einem Gewächshausversuch mit ausgewählten Ackerkulturen, welche häufig in Österreich angebaut werden, die Etablierung des Produktionsstammes in diesen Kulturen untersucht werden.

Mit Ausnahme der unbehandelten Kontrolle konnte in allen Versuchsansätzen der Applikationsstamm nachgewiesen werden. Sowohl im Boden als auch im Wurzelbereich konnten hohe Dichten von über 10.000 Koloniebildenden Einheiten pro Gramm Boden bzw. Wurzelmasse bestimmt werden. Es konnten Unterschiede zwischen den Fabaceae sowie den beiden Süßgräsern und dem Buchweizen festgestellt werden, wobei jedoch nur die Ackerbohne eine signifikant geringere *Metarhizium* Dichte in ihrem Rhizosphärenbereich aufwies (Abb. 1). Dafür konnte hier eine vermehrte Symbiose mit Knöllchenbakterien festgestellt werden. In Sojabohnenkulturen konnte bereits bestätigt werden, dass Rhizobien einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Pilzgemeinschaft in der Rhizosphäre haben können (XU et al. 2020). Daher liegt es nahe, dass das Vorhandensein der Rhizobien auch die Etablierung von *M. brunneum* Ma43 in unseren Gewächshausversuchen beeinflusst hat. Auch bei Versuchen mit Zuckerrübe konnte sich der Pilz erfolgreich im Rhizosphärenbereich etablieren.

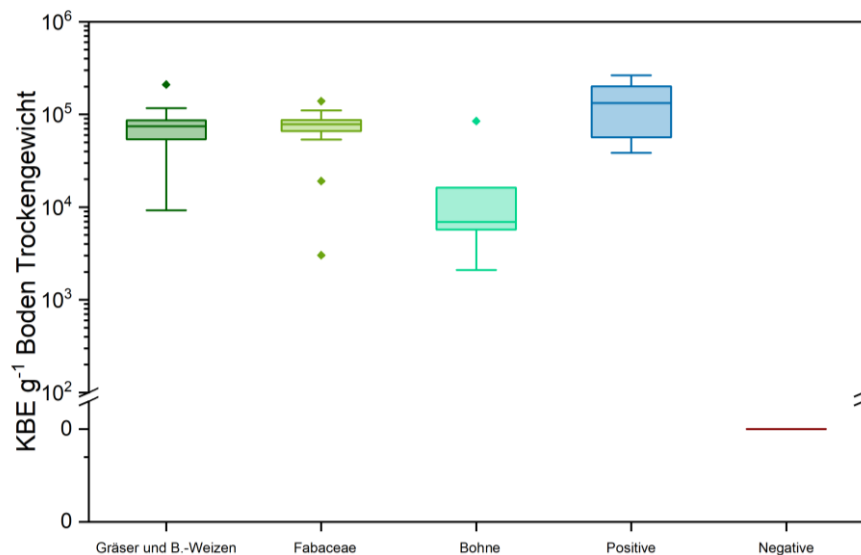


Abbildung 1: Koloniebildende Einheiten von *M. brunneum* nach Applikation in die Rhizosphäre von Weizen, Weidelgras, Buchweizen (Gräser und B.-Weizen), Klee, Erbse, Wicke (Fabaceae) und Ackerbohne (Bean) im Vergleich zur behandelten Positiv- und unbehandelten Negativkontrolle.

Zusammenfassung

Um ein ganzheitliches Bild zur erfolgreichen Bekämpfung eines Schädling im Freiland zu erhalten ist es wichtig, Kenntnis über die Beziehung zwischen Wirt, Schädling und Insektenantagonist zu erhalten. Daher wurde in dieser Arbeit untersucht, inwieweit der Rübenschädling *A. punctiventris* in der Lage ist, auf die Anwesenheit des entomopathogenen Pilzes zu reagieren bzw. ob er behandelte Pflanzen meidet. Des Weiteren wurde in Gewächshausversuchen getestet, ob es Unterschiede in der Etablierung des Pilzes in der Rhizosphäre von ausgewählten Pflanzen gibt. Obwohl aufgrund der bisher noch limitierten Stichprobengröße noch keine statistisch relevante Aussage möglich ist gibt es Hinweise, dass der Käfer behandelte Pflanzen meidet. Weitere Untersuchungen sollen hier Klarheit schaffen. Der Produktionsstamm selbst ist in der Lage, sich in der Rhizosphäre verschiedenster Ackerkulturen erfolgreich zu etablieren, wobei das Vorhandensein von Rhizobien den größten Einfluss auf die Pilzdichte hatte.

Abstract

In order to obtain a holistic picture of the successful control of a pest in the field, it is important to gain knowledge of the relationship between host, pest and insect antagonist. Therefore, this study investigated to what extent the beet pest *A. punctiventr* is able to react to the presence of the entomopathogenic fungus and whether it avoids treated plants. Furthermore, greenhouse experiments were conducted to test whether there are differences in the establishment of the fungus in the rhizosphere of selected plants. Although no statistically relevant statement is possible due to the limited sample size, there are indications that the beetle avoids treated plants. Further investigations should provide clarity here. The production strain itself is able to successfully establish itself in the rhizosphere of various arable crops, with the presence of rhizobia having the greatest influence on fungal density.

Danksagung

Diese Forschungen wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, unter der Förderungsnummer 101749 (ASPROSOLUTION) und dem Forschungszentrum Berglandwirtschaft gefördert.

Literatur

DAVIS T S, CRIPPEN T L, HOFSTETTER R W, TOMBERLIN J K (2013): Microbial volatile emissions as insect semiochemicals. In: Journal of chemical ecology, 39, 840-859.

LAENGLER T, PERNFUSS B, SEGER C, STRASSER H (2005): Field efficacy evaluation of *Beauveria brongniartii* against *Melolontha melolontha* in potato cultures. Sydowia 57(1), 54-93.

IGNJAC M., JARAMAZOVIC J., TOMASEV B., DULIC, K. (1984): The role of mycoses in beet weevil (*Cleonus-Bothynoderes punctiventr* Germ) occurrence prognosis in 1984 in Subotica region (Yugoslavia, injurious insects, secerna repa). In: Glasnik zastite bilja (Yugoslavia), (1).

XU H, YANG Y, TIAN Y, XU R, ZHONG Y, LIAO H. (2020): Rhizobium inoculation drives the shifting of rhizosphere fungal community in a host genotype dependent manner. In: Frontiers in Microbiology, 10, 508429.

ZOTTELE M, MAYRHOFER M, EMBLETON H, ENKERLI J, EIGNER H, TARASCO E, STRASSER H. (2023): Integrated Biological Control of the Sugar Beet Weevil *Asproparthenis punctiventr* with the Fungus *Metarhizium brunneum*: New Application Approaches. In: Pathogens, 12(1), 99.

Adressen der Autoren

¹ Universität Innsbruck, Institut für Mikrobiologie, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck

² Universität Innsbruck, Institut für Zoologie, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck

* Ansprechpartner: Maria ZOTTELE, maria.zottele@uibk.ac.at

Laborversuche zur Wirksamkeit der entomopathogenen Pilze *Metarhizium brunneum* und *Metarhizium robertsii* auf den Rübenderbrüssler *Asproparthenis punctiventris*

Laboratory trials on the virulence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium brunneum* and *Metarhizium robertsii* against the sugar beet weevil *Asproparthenis punctiventris*

Matthias Wernicke* und Katharina Wechselberger

Einleitung

Der Rübenderbrüssler *Asproparthenis punctiventris* Germar (vormals *Bothynoderes punctiventris* Germar, Coleoptera: Curculionidae) zählt zu den wirtschaftlich bedeutendsten Schaderregern im Zuckerrübenanbau, wo er allein in Österreich Schäden in Höhe von mehr als 10 Millionen Euro pro Jahr verursacht. Aufgrund neuer umwelt- und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen (u.a. Verbot von chemisch-synthetischen Insektiziden als Beizungs- und akut wirksame Pflanzenschutzmittel) ist die Entwicklung von nachhaltigeren Bekämpfungsmaßnahmen gefordert. Der Einsatz von entomopathogenen Pilze aus der Gattung *Metarhizium* gilt dabei als vielversprechende, nachhaltige Alternative zu chemisch-synthetischen Insektiziden. Zur Testung der Wirksamkeit von *M. brunneum* und *M. robertsii* gegen den Rübenderbrüssler wurden im Rahmen des Forschungsprojektes ASPROSOLUTION Laborversuche dazu durchgeführt.

Material und Methoden

Versuchskäfer: Für die Versuche wurden Rübenderbrüssler auf verschiedenen Weizenfeldern in Niederösterreich gesammelt, auf denen sich im Vorjahr befallene Zuckerrüben befanden. Auf insgesamt 3 Standorten [Obermallebarn (48.45692, 16.12793), Rükersdorf (48.40861, 16.38686), Ruppersthal (48.45675, 15.93423)] wurden Ende Mai 2023 jeweils 85-120 Käfer gefangen. Zur Vermeidung von Kreuzkontaminationen mit Pathogenen wurden die Käfer einzeln in Plastikdosen (Polypropylen, intransparent, ø3cm, 8cm Höhe) gehalten. Alle Rübenderbrüssler wurden bis zu Versuchsbeginn in einer Kühlkammer (5°C) aufbewahrt.

Sporenvitalität: Zur Testung der Sporenvitalität von *M. brunneum* und *M. robertsii* wurden 3x10µl der jeweiligen Sporensuspension auf Sabouraud-2-glucose-agar (10g Pepton, 20g Glukose, 18g Agar) aufgetragen (2 Platten; 100 Sporen pro Zählung), in einer Dunkelkammer (25°C) gelagert und nach 24 Stunden mithilfe eines Mikroskops (400x Vergrößerung) der prozentuelle Anteil an gekeimten Sporen ermittelt. Sporen wurden dabei als gekeimt gewertet, wenn die Keimschläuche die Länge der Spore übertrafen.

Versuchsaufbau: Zur Akklimatisierung, sowie zur Aussortierung bereits mit Pathogenen befallener Käfer, wurden alle Rübenderbrüssler sieben Tage vor Versuchsbeginn aus der Kühlkammer entnommen und in eine Klimakammer (25°C, 60% RH, 14:10 L:D) überführt. Die Käfer wurden dort einzeln in Versuchskäfigen (Plastikboxen, 9x6,5x5cm, Polypropylen, belüfteter Deckel, transparent) gehalten. Die Wasserversorgung erfolgte mittels eines Wasserspenders, der wöchentlich gewechselt wurde. Bei den Wasserspendern handelte es sich um 5ml Eppendorf-Tubes, deren Spitze entfernt und mit Zellstoff verschlossen wurden. Die Tubes wurden anschließend mit Wasser befüllt. Über den Zellstoff wurde das Wasser abgegeben. Als Futter erhielten die Käfer dreimal pro Woche Zuckerrübenkeimlinge (*Beta vulgaris*; Sorte: Caroll; 5-8 Sämlinge pro Käfer). Für die Versuche wurden ausschließlich vitale Käfer herangezogen.

Die Versuche wurden jeweils dreimal wiederholt (n=3). Für jeden Versuchsdurchgang wurden jeweils 20 Käfer (6-7 Käfer pro Standort; 3 Standorte; insgesamt 20 Käfer pro Wiederholung) und Versuchsvariante mit den entomopathogenen Pilzen *M. brunneum* (MA43 - Bipesco5/F52) und *M. robertsii* (GT 4) mit 50µL Sporensuspension (0,1% (w/v) Tween 20; Konzentration: 5x10⁶ Sporen pro Käfer)

mittels Pipette inokuliert. Die entomopathogenen Pilze in Testung wurden von dem BIPESCO Team Innsbruck bereitgestellt. Für die Kontrollgruppe wurden 50µL steriles Wasser (0,1% (w/v) Tween 20) pro Käfer appliziert.

Alle Versuchskäfer wurden täglich auf Mortalität geprüft. Rübenderbrüssler wurden als tot gewertet, wenn sie angezogene Gliedmaßen aufwiesen, bei physischer Stimulation keine Bewegung anzeigten und ihr Zustand nach einer weiteren Stunde und erneuter Stimulation keine Veränderung aufwies.

Zur Feststellung einer Mykose als Todesursache wurden die verstorbenen Käfer in eine Petrischale (Polypropylen, ø10cm) mit Wasseragar gelegt und zur weiteren Inkubation in einer Dunkelkammer (25°C) gehalten. Die Überprüfung des Kadavers erfolgte mit Hilfe eines Stereomikroskops. Mykose wurde als Todesursache gewertet, wenn der Kadaver nach 14 Tagen sichtbare Sporenpakete von *Metarhizium* spp. aufwies (Abb. 1).

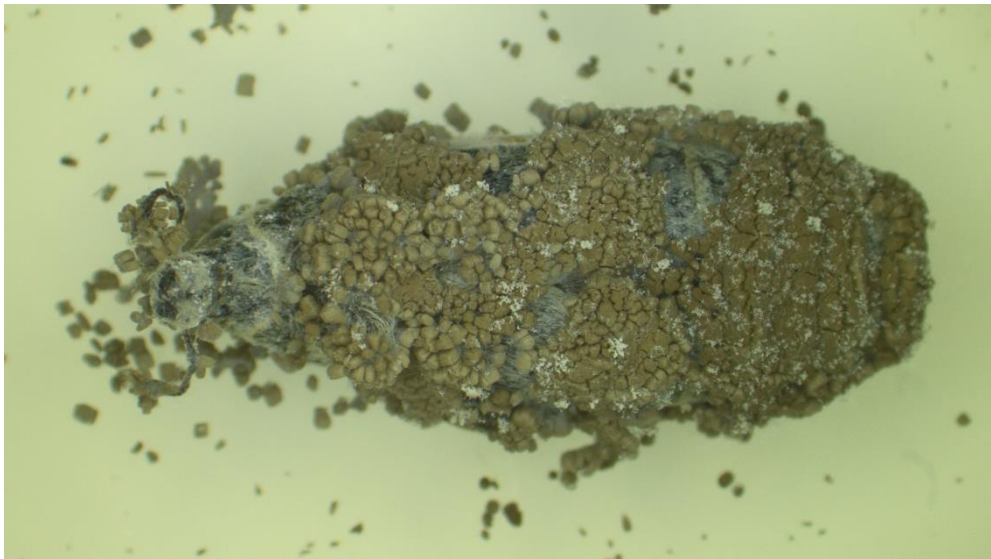


Abbildung 1: Sporulation von *M. robertsii* auf *A. punctiventris* Kadaver.

Ergebnisse und Diskussion

Sporenvitalität: Die durchschnittlichen Keimraten lagen bei *M. brunneum* und *M. robertsii* nach 24 Stunden bei über 90%. Die erzielten Keimraten wurden als ausreichend für den Mortalitätstest gewertet.

Mortalitätstest: Die Behandlung der Rübenderbrüssler mit den entomopathogenen Pilzen *M. brunneum* und *M. robertsii* führte bei 20-30% der Käfer zu einer Infektion mit dem jeweiligen Pilz. Die Infektionsrate war damit in den behandelten Varianten (*M. brunneum*, *M. robertsii*) signifikant ($p < 0.001$) höher als in der Kontrollgruppe. Konkret lag die Anzahl an mykotisierten Käfern bei der Variante *M. brunneum* bei 19,7% und 26,2% bei *M. robertsii*. Die verstorbenen Käfer in der Kontrollgruppe wiesen keine Mykotisierung auf.

Die durchschnittliche Lebensdauer der Käfer war mit $45 \pm 3,1$ (SE) (*M. brunneum*), $37 \pm 3,8$ (SE) (*M. robertsii*) und $43 \pm 2,9$ (SE) (Kontrolle) Tagen bei allen Varianten vergleichbar (Abb. 2). Die Mortalitätsrate war jedoch in den ersten zehn Tagen nach Versuchsbeginn bei der behandelten Variante *M. robertsii* höher als bei der Variante *M. brunneum* (Abb. 3). Infizierte *A. punctiventris* Käfer starben im Durchschnitt bei der Variante *M. robertsii* mit $7,7 \pm 1,6$ (SE) Tagen signifikant schneller ($p = 0.016$) als bei *M. brunneum* mit $20,3 \pm 4,4$ (SE) Tagen. Die Infektionsdauer war ebenfalls unterschiedlich bei den behandelten Varianten. Bei der Variante *M. robertsii* starben über 93% der infizierten Rübenderbrüssler innerhalb von neun Tagen nach Applikation des entomopathogenen Pilzes. Bei der Variante *M. brunneum* waren es im selben Zeitraum rund 33%. Zudem starben 25% der infizierten Rübenderbrüssler aus dieser Variante erst nach über 30 Tagen. Es ist daher fraglich, ob die Infektion mit *M. brunneum* bei diesen Individuen die ausschlaggebende Todesursache war.

Die Sammelstandorte der Käfer hatten keinen Einfluss auf das Ergebnis. Es gab keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Lebenserwartung ($p > 0.05$) oder der Anzahl an mykotosierten Käfern ($p > 0.05$) zwischen den Sammelstandorten (Obermallebarn, Rückersdorf, Ruppersthal).

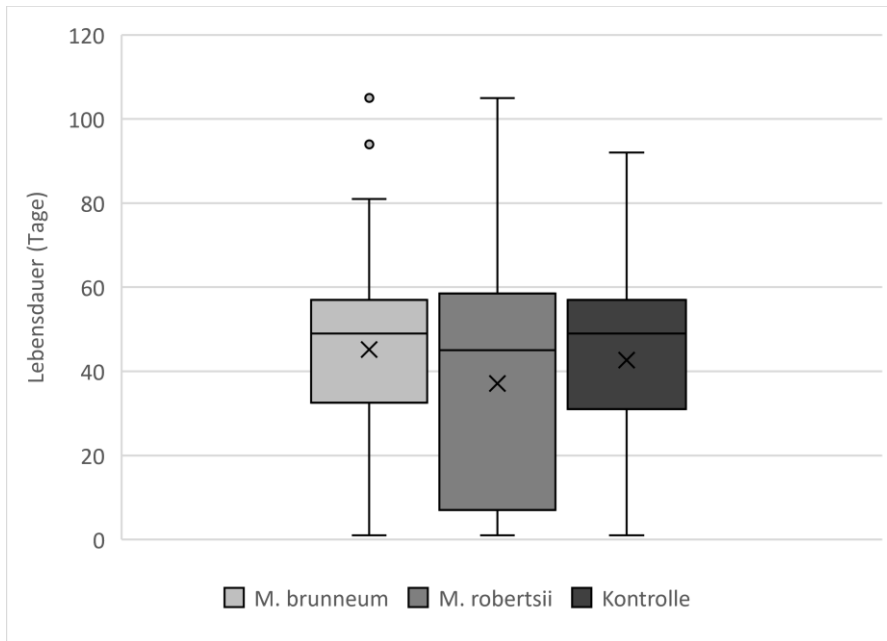


Abbildung 2: Durchschnittliche Lebensdauer (Tage) der *A. punctiventris* Käfer im Mortalitätstest.

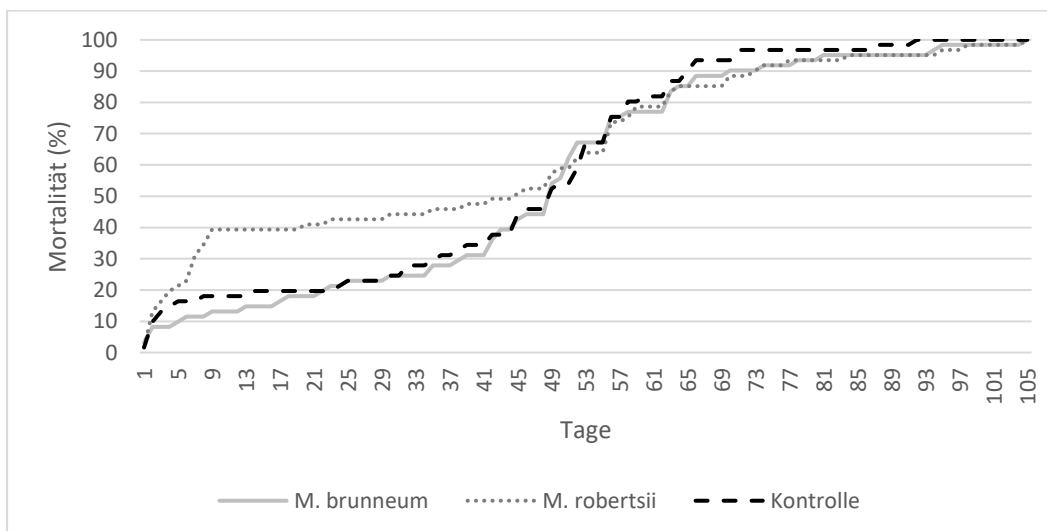


Abbildung 3: Entwicklung der Mortalitätsrate (%) der *A. punctiventris* Käfer im Laufe des Mortalitäts-tests (Tage).

Die im Rahmen dieser Versuche erzielte Infektionsrate von rund 20% bei der Variante *M. brunneum* war niedriger als bei vergleichbaren Versuchen mit *A. punctiventris*. Versuche von Zottele et al. (2023) mit *M. brunneum* bei Rübenderbrüsslern erzielten eine Mortalitätsrate von $90\% \text{ nach } 10,2 \pm 2,5$ (SE) Tagen. Ein möglicher Grund dafür könnte in der angewendeten Methode liegen. Obwohl Pilzstamm, Applikationsmethode und Suspensionsmenge bei beiden Laborversuchen gleich waren, gab es Unterschiede im Luftfeuchteregime. ZOTTELE et al. (2023) sorgte mittels feuchter Tücher für eine Pilz-

freundliche, hohe Luftfeuchtigkeit von über 80% innerhalb der Versuchskäfige. Während der Versuchsaufbau in dieser Studie sich mehr den Gegebenheiten in freier Natur annähern wollte und daher einen Luftfeuchtegehalt von 60% angewendet hatte. Die Diskrepanz in den Ergebnissen verdeutlicht die Notwendigkeit ein möglichst breites Spektrum an Umweltparametern im Labor zu testen, bevor es zur Anwendung von entomopathogenen Pilzen im Freiland kommt.

Zusammenfassung

Die entomopathogenen Pilze *M. brunneum* und *M. robertsii* wurden in Laborversuchen auf ihre Wirksamkeit gegen den Rübenderbrüssler *A. punctiventris* getestet. Die Versuche ergaben eine Infektionsrate von 20-30% für die angewendeten Pilzstämme.

Förderung:

Die Versuche wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft der Republik Österreich finanziert (Fördernummer 101749; ASPROSOLUTION).

Abstract

The sugar beet weevil *Asproparthenis punctiventris* Germar (formerly *Bothynoderes punctiventris* Germar, *Coleoptera: Curculionidae*) is one of the most economically significant pests affecting sugar beet production. In Austria alone, it is causing damages amounting to more than 10 million euros per year. In light of the introduction of new environmental and societal policy frameworks (including the prohibition of neonicotinoids as seed treatments), the development of more sustainable control measures is becoming increasingly important. The use of entomopathogenic fungi from the genus *Metarhizium* is considered a promising, sustainable alternative to insecticides. To test the effectiveness of *M. brunneum* and *M. robertsii* against the sugar beet weevil, laboratory experiments were conducted as part of the research project ASPROSOLUTION. In a controlled climatic environment (25°C, 60% RH, L:D 14:10), beetles from three locations in Lower Austria were inoculated with *M. brunneum* (MA43 - Bipesco5/F52) and *M. robertsii* (GT 4) (50µL; 0.1% (w/v) Tween 20; 5x10⁶ spores per beetle). The mean lifespan was comparable across all variants, with 45 ± 3.1 (SE) days for *M. brunneum*, 37 ± 3.8 (SE) days for *M. robertsii*, and 43 ± 2.9 (SE) days for the control group. The proportion of mycosed beetles was 19.7% (*M. brunneum*) and 26.2% (*M. robertsii*).

Literatur

ZOTTELE M, MAYRHOFER M, EMBLETON H, ENKERLI J, TARASCO E, STRASSER H (2023): Integrated Biological Control of the Sugar Beet Weevil *Asproparthenis punctiventris* with the Fungus *Metarhizium brunneum*: New Application Approaches. *Pathogens* 2023, 12, 99.

Adresse der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für nachhaltige Pflanzenproduktion (NPP), Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: DI Matthias Wernicke, matthias.wernicke@ages.at

Möglichkeiten zur Erkundung von Trockenstress an Stadtbäumen als Basis für eine bedarfsgerechte Bewässerung

Methods for Exploring Drought Stress in Urban Trees as a Basis for Demand-Oriented Irrigation

Anna Zeiser^{1*}, Thomas Weninger¹, Sebastian Rath² und Peter Strauss¹

Einleitung

Bäume im urbanen Raum tragen wesentlich zur Aufenthaltsqualität bei, wobei ein langjähriges vitales Wachstum notwendig ist. Hierfür bieten großvolumige Substratkörper, die als durchwurzelbarer unterirdischer Raum dienen, eine gute Grundlage. Diese müssen einerseits aerobe Verhältnisse durch eine stabile Struktur und andererseits eine gute Wasserversorgung ermöglichen. Die Wasserversorgung der städtischen Bäume kann beispielsweise über die Mischung des Substrats und die damit verbundenen bodenhydrologischen Eigenschaften, über das Volumen des Substratkörpers und auch über die bewusste Steuerung von Einzugsgebieten und dem Nutzen der Ressource städtisches Oberflächenwasser beeinflusst werden. Letzteres passiert zunehmend bei der Umsetzung sogenannter blau-grüner Infrastrukturmaßnahmen im Rahmen von Regenwasserbewirtschaftungskonzepten (RICHTER et al. 2021). Trotzdem sind auch zukünftig Trockenstressphasen bei städtischen Bäumen wahrscheinlich, die möglicherweise eine Bewässerung von einzelnen Bäumen oder Quartieren notwendig machen werden, wenn man diese vital erhalten will. Hierbei stellt sich die Frage, wie sich kritische Trockenstressphasen erkennen lassen, um den Bewässerungseinsatz ökonomisch und ökologisch effizient setzen zu können.

Bei Stadtbäumen ist eine große Variation hinsichtlich der Ausgestaltung von Baumgruben und der Pflanzenumgebung zu beobachten. Diese Variablen beeinflussen die Etablierung eines Stadtbaums, dessen erschlossenen Wurzelraum, die Wassermengen, die im Rahmen von Niederschlagsereignissen dem Wurzelraum zufließen und dadurch die Erbringung der Ökosystemleistungen (VICO et al. 2014; RAHMAN et al. 2013). Weiters können Baumaßnahmen und Aufgrabungen zur Aufgabe von bereits erschlossenen Wurzelraum führen bzw. diesen in der Qualität massiv beeinflussen. Auch die oberflächlichen Fließpfade unterliegen im städtischen Raum häufigen Veränderungen.

Eine alleinige Betrachtung des Bodenwasserspeichers als direkte Messung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers mittels Sensoren zur Erfassung des Matrixpotenzials oder des Wasseranteils ist auf Grund des sich verändernden Wurzelraums, sowie auch der erschwerten Zugänglichkeit des Substratkörpers besonders bei älteren, schon etablierten Bäumen schwierig. Andererseits gibt es gerade in der Kategorie der Bodenwasserhaushaltssensoren bereits zahlreiche kostengünstige, einfach zu installierende Sensoren am Markt, die über IoT-Konzepte die Daten direkt übertragen, energiesparend mit integrierter Batterie arbeiten und somit rasch in vielfacher Ausführung im städtischen Raum verteilt werden können.

Eine Alternative zur Messung der Wasserverfügbarkeit im Boden sind Messungen direkt am Baum, die über verschiedene zu berechnende Indikatoren Hinweise auf den Wasserversorgungsstatus und den Trockenstress des einzelnen Exemplars liefern. Zu den bekannten, automatisiert durchführbaren Messmethoden gehören die Stammumfangserfassung mittels Dendrometer und die Saftstrommessung, für die wiederum mehrere verschiedene Messprinzipien existieren. Als direkte Erfassung des Wasserstatus eines Baums werden häufig das Blatt- oder Stammwasserpotenzial mittels Scholanderbombe oder das mittägliche Stammwasserpotenzial herangezogen (CORELL et al. 2014). Hierbei handelt es sich allerdings um manuell durchzuführende Messungen.

Um nicht nur Einzelbaumbetrachtungen vornehmen zu können, sondern die Situation großräumiger zu betrachten, bieten sich Modelle basierend auf (klimatischen) Wasserbilanzen oder Trockenheitsindizes an, die allerdings eine Erweiterung um die städtischen Einflussparameter benötigen (VICO et al. 2014). Im gegenständlichen Beitrag sollen erste Vergleiche von Wertverläufen und errechneten Indikatoren zur Identifikation von möglichen Trockenstressphasen von städtischen Bäumen basierend auf den Messungen von Bodenwasserhaushaltssensoren, Dendrometern, Saftstromsensoren und Wetterstationen als Basis für weitere Auswertungen gezeigt werden.

Material und Methoden

Standorte:

Es werden Monitoringanlagen zur Untersuchung des Schwammstadtsystems für Bäume an 2 Standorten in Wien (Quartier am Seebogen Seestadt, Lysimeteranlage HBLFA Schönbrunn/Jägerhausgasse) und an 2 Standorten in Graz (Leonhardgürtel, Gradnerstraße) betrieben. Drei dieser Standorte sind real umgesetzte Projekte des Typs Schwammstadt für Bäume im Straßenraum (ZEISER et al. 2023).

Sensoren:

An den Standorten sind Sensoren zur Erfassung des Matrixpotenzials (Teros 21, Fa. Meter Group) und des Wasseranteils (Teros 12, Fa. Meter Group) in mehreren Tiefen und Abständen zu den Bäumen installiert, sowie Dendrometer (DRL26, Fa. Meter Group) und Saftstromsensoren zweier Typen (EMS81, Fa. EMS Brno; SFM-4, Fa. UGT GmbH). Die Anzahl der Bodenwasserhaushaltssensoren je Baum, sowie die Anzahl der ausgestatteten Bäume ist für die Standorte unterschiedlich. Weiters sind nicht alle untersuchten Bäume mit allen genannten Messsensortypen ausgestattet. Ergänzend werden (mikro-)meteorologische Daten und der Niederschlag an den Standorten erhoben (ATMOS14, Fa. Meter Group).

Bäume:

Die untersuchten Baumarten sind *Alnus x. spaethii*, *Prunus padus*, *Celtis australis*, *Styphnolobium japonicum*, und *Aesculus x plantierensis*, wobei beinahe ausschließlich Neupflanzungen, also Jungbäume in der Anwuchsphase, untersucht werden. Die Baumpflanzungen im Straßenraum wurden als Ballenpflanzungen durchgeführt, jene in der Lysimeteranlage als Topfpflanzungen.

Pflanzenumgebungen:

Die Mikrostandorte der einzelnen Bäume unterscheiden sich von Individuum zu Individuum hinsichtlich maßgeblichen Einflussfaktoren wie dem Baumsubstratkörper, etwaigen undurchlässigen Einbauten in direkter Umgebung, Wasserzufuhr in den Baumsubstratkörper, Beschattung oder dem gezielt zur Verfügung gestellten Wurzelraum.

Datenqualität:

Die Monitoringstationen bei den genannten Standorten laufen seit 2,5-4 Jahren und die Daten werden in 5- bis 30-Minuten-Intervallen aufgenommen. Herausforderungen, wie die Energieversorgung im urbanen Raum oder die rasche Verschmutzung neben der Straße sind die Hauptursachen für Datenlücken.

Datenaufbereitung:

Basierend auf den erhobenen Rohdaten werden abgeleitete Indikatoren berechnet, die das Potenzial bieten, Einblicke in den Pflanzenwasserstatus zu geben. Ausgehend von den Dendrometer-Werten werden unter anderem die Indikatoren Stammumfangszuwachs (SCI), Baumwasserstatus (tree water status), maximale tägliche Schrumpfrate, (maximum daily shrinkage; JEZIK et al. 2015) und Baumwasserdefizit (tree water deficit; ZWEIFEL et al. 2016) berechnet. Aus den mikrometeorologischen Messungen werden Parameter wie das Wasserdampfdruckdefizit oder die potenzielle Evapotranspiration, sowie die klimatische Wasserbilanz errechnet.

Den Kern der ersten Auswertungen bilden vor allem visuelle Analysen der Zeitreihen verschiedener gemessener und errechneter Parameter einzelner Bäume im Vergleich.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Gegenüberstellungen von Matrixpotenzial-, Saftstrom- und Dendrometerzeitreihen in der Vegetationsperiode 2022 für eine im Herbst 2021 neugepflanzte Kastanie am Standort Leonhardgürtel in Graz zeigen deutlich erkennbare Einbußen in den täglichen Maximalwerten des Saftstroms in mehreren Zeiträumen (Abb. 1). Als Indikator für den Saftstrom des Baumes wird die gemessene Wärmegeschwindigkeit relativ zur im Jahr 2022 mittels Saftstromsensor maximal gemessenen Wärmegeschwindigkeit verwendet. Basierend auf diesen visuell detektierten Einbußen wurden potenzielle Trockenstressphasen ausgewiesen (in Hellrot). Das Matrixpotenzial an den drei Sensorpositionen in 20 cm, 50 cm und ca. 80 cm Tiefe, jeweils in einer Entfernung von 50 cm, ist in diesen Zeiträumen für die beiden oberflächlichen Messbereiche auf pF 2 bis pF 4 reduziert. Während bei pF Werten ≥ 3 eine Einschränkung der Transpiration naheliegt, ist dies für pF-Werte < 3 nicht zu erwarten (SCHÜTT et al. 2022). Eine reine Betrachtung der Matrixpotenzialverläufe würde also einige der nun ausgewiesenen potenziellen Trockenphasen nicht detektieren, andere hingegen schon, da es weitere Zeiträume gibt, die Matrixpotenzialwerte $pF > 3$ aufweisen. Für eine bessere Vergleichbarkeit wäre ein Matrixpotenzialsensor im Bereich 0-10 cm Tiefe sinnvoll, da Niederschlagsereignisse im Ausmaß von wenigen mm Niederschlagssumme unter sommerlichen Bedingungen und wachsendem Interzeptionspeicher bei einer Messtiefe von 20 cm

nicht oder nur unzureichend erfasst werden und bei Jungbäumen ein größerer oberflächlicher Feinwurzelanteil zu erwarten ist. Weiters spielt auch die Bodenfeuchtigkeit im Ballen eine wesentliche Rolle, die hier nicht erfasst wurde.

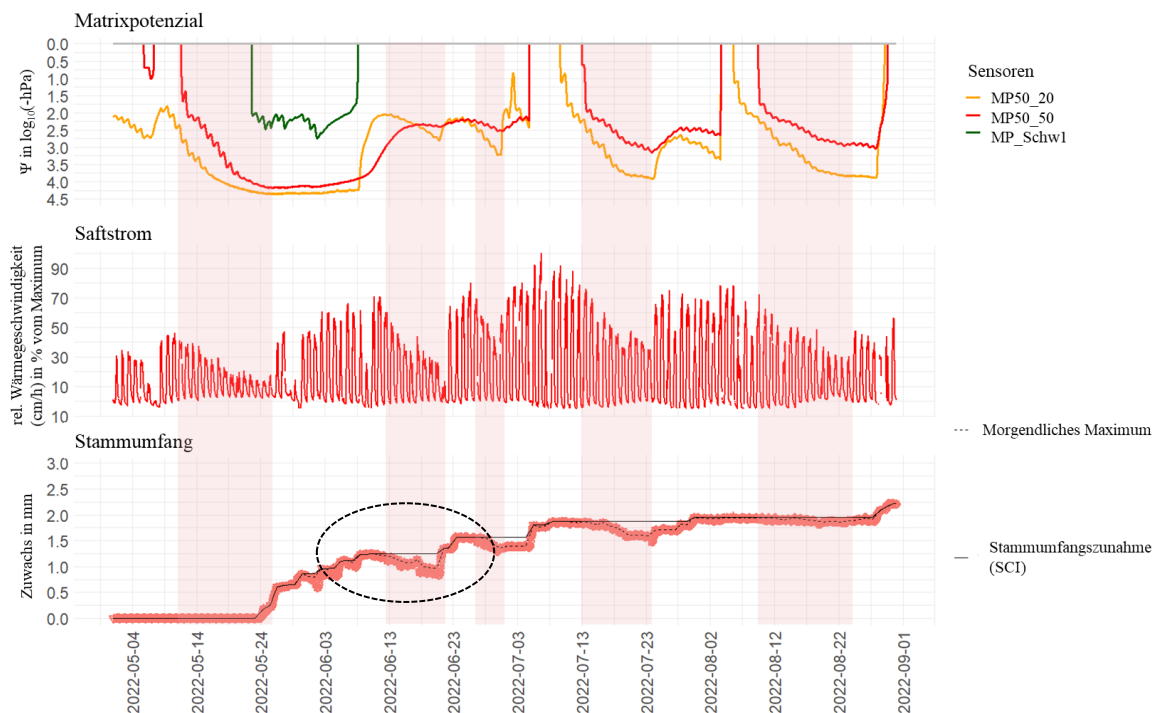


Abbildung 1: Vergleich der Zeitreihen für das Matrixpotenzial, den Saftstrom und den Stammumfang einer Kastanien-Neupflanzung in Graz im Sommer 2022, hellrot hinterlegt sind vermutete Trockenperioden basierend auf einer visuellen Beurteilung des Saftstromverlaufs; schwarz strichliert eingekreist ist der in der Abbildung 2 dargestellte Abschnitt

Der gemessene Stammumfang ist in den ausgewiesenen Perioden über weite Bereiche, allerdings in unterschiedlichem Ausmaß reduziert. Für die erste ausgewiesene Periode kann hierzu auf Grund verspäteter Re-Installation des Dendrometers keine Aussage getroffen werden. Es wird davon ausgegangen, dass Bäume bei guter Wasserversorgung während der Vegetationsperiode täglich wachsen. Die Abweichung der Stammumfangswerte von dieser Stammumfangszunahme (SCI, siehe Abb. 2), wird als Baumwasserdefizit bezeichnet (TWD). Die Differenz zwischen dem SCI und dem morgendlichen Maximum wird auch als Baumwasserstatus, und somit als Indikator für den Wasserversorgungsgrad des Baumes gesehen (JEZIK et al. 2015). Dieser Baumwasserstatus zeigt in der Trockenphase im Juni 2022 eine zunehmende Differenz zur SCI-Linie, mit einer Unterbrechung des Trends am 17.06.2022, was einen geringen Wassereintrag in den Wurzelraum vermuten lässt (Abb. 2). Darauf deutet auch der geringe kurzzeitige Anstieg im maximalen Saftstrom zur selben Zeit hin (Abb. 1). Ein größeres Niederschlagsereignis im Zeitraum 20.-21.06.2022 hat zur starken Reduktion bzw. vorübergehenden Auflösung dieses zunehmenden Trockenstresses aus Sicht des Baums geführt. Aus Sicht des Bodenwasservorrats gab es ab einer Tiefe von 20 cm nur eine geringfügige Besserung. Dies könnte auch der Grund sein, weshalb sich nach wenigen Tagen erneute Einbußen sowohl im Saftstromverlauf, als auch im Stammumfang zeigten.

Im Tagesverlauf ist eine nächtliche Schwellung ersichtlich, die in einem morgendlichen Maximum kulminiert, gefolgt von einer Schrumpfung und einem abendlichen Minimum des Stammumfangs. Für eine bessere Genauigkeit sind Punktdendrometer der Stand der Technik, auf Grund der hohen Kosten kamen diese für die gegenständlichen Baumstandorte allerdings nicht in Frage und es wurde auf die weniger genauen Bänddendrometer zurückgegriffen (ZWEIFEL et al. 2016).

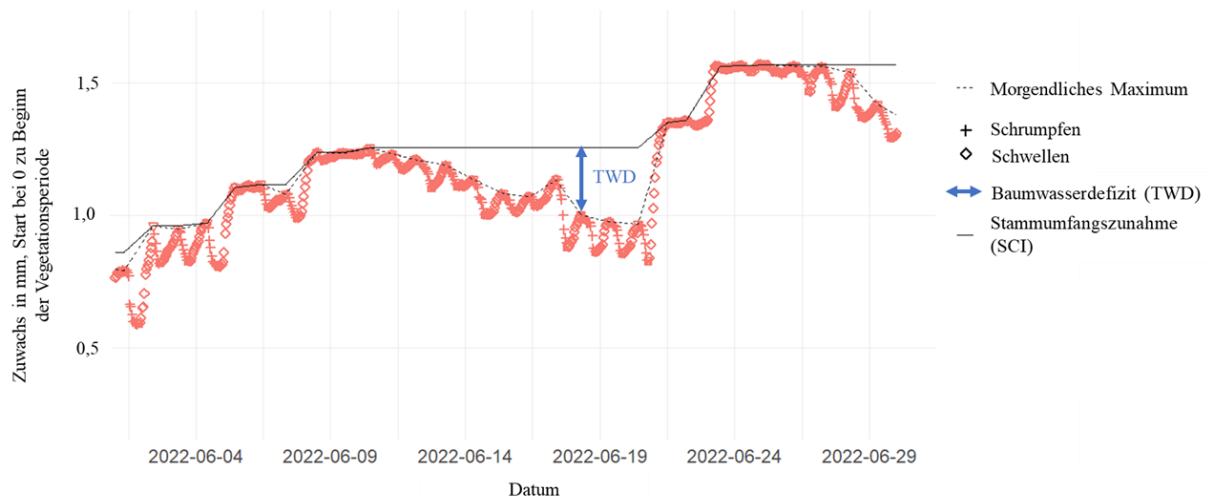


Abbildung 2: Stammumfangsverlauf als Stundenmittel einer Kastanien-Neupflanzung in Graz im Juni 2022 im Detail

Bäume werden basierend auf ihrer Xylemanatomie grob in ring-poröse und diffus-poröse Baumarten eingeteilt und zeigen unter anderem damit gekoppelt unterschiedliche physiologische Reaktionen auf meteorologische Umweltbedingungen, wie das Dampfdruckdefizit, und auf verfügbare Bodenwasserhalte. Kastanien sind zu den diffus-porösen Baumarten zu zählen. Diese neigen dazu, die maximal mögliche Transpiration zu leisten und sind bei Dürreperioden eher gefährdet, von Wachstumseinbußen betroffen zu sein (BADER et al. 2022). Ist somit eine verminderte Transpiration bei geringer Luftfeuchtigkeit und hoher Strahlung zu beobachten, so ist von einer reduzierten Bodenwasserverfügbarkeit im Wurzelraum auszugehen.

Zusammenfassung

Der Beitrag untersucht die Wasserversorgung und Trockenstress von Stadtbäumen durch den Einsatz einer Kombination von verschiedenen Sensoren, die Bodenwasseranteil, Matrixpotenzial, Saftstrom und Stammumfang messen. Einige dieser Zusammenhänge sind bereits in der internationalen Literatur beschrieben, eine belastbare Standardmethode zur Beurteilung des aktuellen Stresszustands existiert jedoch nicht. In dieser Studie wird untersucht, wie weit Beurteilungen auf der Basis von verschiedenen Methoden sich ergänzen oder eventuell widersprechen können.

Bereits in den ersten Jahren nach der Pflanzung zeigt sich, dass verschiedene Sensoren auf zunehmende Trockenheit am Standort unterschiedliche Reaktionen zeigen. Insbesondere abgeleitete Kenngrößen, die die oft abstrakte Information aus Rohdaten in greifbare Indikatoren umwandeln lassen, erlauben einerseits gute Vergleiche der Methoden untereinander, andererseits auch das Ansetzen von Grenzwerten für Stresszustand. Bei den untersuchten Stadtbäumen lieferten die Messung des Stammumfangs und davon abgeleitete Kenngrößen besonders gut interpretierbare Ergebnisse. Die Kombination der verschiedenen Methoden erfolgte hier anhand einer grafischen Auswertung.

In weiterer Folge sollen ergänzende quantitative Auswertungen vollzogen, sowie andere Baumindividuen, Baumarten, Standortumgebungen, und spätere Baumentwicklungsjahre betrachtet werden, um ein vollständigeres Bild über die praktische Anwendbarkeit und die Aussagekraft dieser Methoden zu bekommen. Die Kombination dieser Methoden liefert wertvolle Einblicke in den Wasserstatus der Bäume und soll zukünftige Bewässerungsstrategien im herausfordernden städtischen Umfeld verbessern.

Abstract

This study examines the water supply and drought stress of urban trees using a combination of various sensors that measure soil water content, matric potential, sap flow, and trunk circumference. While some of these relationships have been described in the international literature, a reliable standard method for assessing the current stress state does not yet exist. This study investigates the extent to which assessments based on different methods can complement or possibly contradict each other.

In the first few years after planting, it becomes evident that different sensors show varying responses to increasing dryness at the site. In particular, derived parameters, which translate often abstract raw data

into tangible indicators, allow for effective comparisons between methods and the establishment of threshold values for stress conditions. For the urban trees analysed, measurements of trunk circumference and the parameters derived from these provided particularly interpretable results. The combination of the various methods was achieved using graphical analysis.

Subsequently, additional quantitative analyses will be conducted, and other tree individuals, tree species, site environments, and later tree development years will be considered to obtain a more comprehensive understanding of the practical applicability and informative value of these methods. The combination of these methods provides valuable insights into the water status of trees and aims to improve future irrigation strategies in challenging urban environments.

Literatur

BADER M K-F, SCHERRER D, ZWEIFEL R, KÖRNER C (2022): Less pronounced drought responses in ring-porous than in diffuse-porous temperate tree species. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 327, 109184.

CORELL M, GIRON I F, GALINDO A, TORRECILLAS A, TORRES-SANCHEZ R, PEREZ-PASTOR A, MORENO F, MORIANA A (2014): Using band dendrometers in irrigation scheduling. Influence of the location inside the tree and comparison with point dendrometer. In: *Agricultural Water Management* 142, 29-37.

JEZIK M, BLAZENEC M, LETTS M G, DITMAROVA L, SITKOVA Z, STRELCOVA K (2015): Assessing seasonal drought stress response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) by monitoring stem circumference and sap flow. In: *Ecohydrology* 8, 378-386.

RAHMAN M A, STRINGER P, ENNOS A R (2013): Effect of pit design and soil composition on performance of *Pyrus calleryana* street trees in the establishment period. In: *Arboriculture & Urban Forestry* 39(6): 256-266.

RICHTER M, DICKHAUT W, ESCHENBACH A, KNOOP L, PALLASCH M, VOSS T (2021): Können Straßenbaumstandorte durch Regenwasserbewirtschaftung verbessert werden? In: *Pro Baum* 1/2021, 22-26.

SCHÜTT A, BECKER J N, GRÖNGRÖFT A, SCHAAF-TITEL S, ESCHENBACH A (2022): Soil water stress at young urban street-tree sites in response to meteorology and site parameters. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 75, 127692.

VICO G, REVELLI R, PORPORATO A (2014): Ecohydrology of street trees: design and irrigation requirements for sustainable water use. In: *Ecohydrology* 7, 508-523.

ZEISER A, RATH S, GRIMM K, SCHMIDT S, KLAMMLER G, ZIMMERMANN D, MURER E, ROTH T, STRAUSS P, WENINGER T (2023): Überlegungen zur Dimensionierung und Ausführung des Systems Schwammstadt für Bäume. In: *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 75, 449-462.

ZWEIFEL R, HAENI M, BUCHMANN N, EUGSTER W (2016): Are trees able to grow in periods of stem shrinkage? In: *New Phytologist* 211, 839-849.

Adressen der Autoren

¹ Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

² Verein Land schafft Wasser, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

* Ansprechpartnerin: DI Anna ZEISER, anna.zeiser@baw.at

Zeitliche Entwicklung und aktuelle Bodencharakteristika der ackerbaulichen Böden im Marchfeld

Development over time and current characteristics of arable soils in the Marchfeld region

Armin Bajraktarevic¹, Heide Spiegel¹, Martin H. Gerzabek², Gereon Heller³

Einleitung

Bis 2030 soll sich der Einsatz von Düngemitteln um 20% verringern, um die Nährstoffverluste bei gleichbleibender Bodenfruchtbarkeit um 50% zu reduzieren (COM, 2020). Das österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) wurde im Zuge der Verordnung VO (EWG) Nr. 2078/92 ins Leben gerufen. Die erste Periode startete im Jahre 1995 und bestand aus 25 Maßnahmen (TAMME, 2002). Über die Jahre hinweg wurde das Programm ausgeweitet und für manche ÖPUL – Maßnahmen wurde eine Bodenuntersuchung verpflichtend vorgeschrieben (z.B. ab 2000 integrierte Produktion Obst und Wein, ab 2007 integrierte Produktion bestimmter Ackerkulturen (Erdäpfel, Erdbeeren, Gemüse und Rübe) und ab 2015 vorbeugender Grundwasserschutz). Auch ist die flächenhafte Verbrennung von Stroh seit 1993 in Österreich verboten, was wiederum für die Anreicherung der organischen Substanz im Boden förderlich ist (§ 3 BLRG - Bundesluftreinhaltegesetz). Nach Schätzungen wurde durch die Strohverbrennung jährlich eine Emissionsmenge von 60.000 t CO₂ (entspricht 3% der gesamtösterreichischen CO₂ – Emission) und 4.000 t Methan emittiert (ORTHOFFER, 1991). Für Österreich wurden schon in der Vergangenheit mehrere Untersuchungen zum chemischen Zustand von landwirtschaftlich genutzten Böden durchgeführt (siehe HEINZLMAIER et al. 2008 und 2009, DERSCH et al. 2010, DERSCH et al. 2013 und WPA 2019). In der aktuellen Evaluierung werden die Jahre 2015 – 2022 genauer betrachtet.

Material und Methoden

Um eine repräsentative und weitgehend flächendeckende Evaluierung der Bodendaten aus dem Marchfeld zu ermöglichen, wurden neben den AGES-Bodendaten auch jene von der AGRANA (Zuckerforschung Tulln) einbezogen. Die Bodenuntersuchung der AGES erfolgte nach den ÖNORMEN (Phosphor- und Kalium-CAL: L 1087, Humusgehalt: L 1080, Nachlieferbarer Stickstoff L 1204, Magnesium L 1093, Austauschbare Kationen: L 1086-1, Bor L 1090 und Spurenelemente L 1090) und die AGRANA nach der EUF – Methode (Nemeth, 1982; VdLUFA, 1997; VdLUFA, 2002; Horn, 2006). Außerdem wurde der Humusgehalt von der AGRANA durch Verbrennung bei 550°C und in der AGES bei 650°C bestimmt.

Für die Bewertung der Bodendaten wurden nur Daten verwendet, für die eine ackerbauliche Nutzung, eine Entnahmetiefe der Bodenprobe bis 35cm (59% 30cm, 33% 25cm, 4% 20cm) oder LFBIS Nummer hinterlegt waren. Über die LFBIS konnten die Bodendaten aus der Periode 2015 bis 2022 mit den INVEKOS – Daten (2020) verknüpft werden. Dabei wurden folgende zusätzliche Daten mit den Bodenparametern verknüpft: Kulturanteile (z.B. Hackfruchtanteil), ÖPUL – Maßnahmen, Kleinproduktionsgebiet, Gemeinde/Ortschaft und Betriebstyp. Für die zeitliche Entwicklung wurden zusätzlich Daten aus den Jahren 1991 bis 2014 hinzugenommen. Außerdem wurden die Daten folgendermaßen gefiltert: Humusgehalte <5%, Phosphorgehalte < 300 mg/kg, Kaliumgehalte < 600 mg/kg und Magnesiumgehalte < 400 mg/kg. Die Perioden wurden nach den ÖPUL – Perioden unterteilt: 1. Periode „Vor ÖPUL“: 1991 – 1994, 2. Periode „ÖPUL95“: 1995 – 1999, 3. Periode „ÖPUL2000“: 2000 – 2006, 4. Periode „ÖPUL2007“: 2007 – 2014 und 5. Periode „ÖPUL2015“: 2015 – 2022. Weiteres wurde Soja nicht zu den Ölfrüchten gezählt, sondern zu den Körnerleguminosen. Das Marchfeld wurde weiteres eingeteilt (Abbildung 1) und analysiert nach Hochterrasse (HT), Niederterrasse (NT) und Marchniederung (March). Als Hilfsmittel für die Interpretation und Analyse der Daten diente

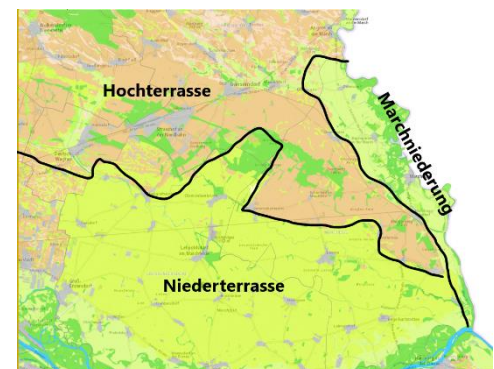


Abbildung 1: Einteilung des Marchfelds

eBOD2 und die AMA-Flächenauswertung (Kulturanteile in den jeweiligen Gemeinden mit Jahresvergleich).

Für die Bewertung der Humusgehalte (2015-2022) in Abhängigkeit der ÖPUL – Maßnahme, wurde folgendes Testdesign gewählt: Gebiete mit Feuchtschwarzerden bzw. mit heterogenen Standorten wurden ausgeschlossen (z.B. Seewinkel, Laaer Bucht), Feldfutteranteil <20%, GVE 0, Zwischenfruchtanbau (Code: ZF) und Mulchsaat (Code: M) wurden unterteilt (0 = 0%, 1 = 1-<30%, 2 = >=30%). System Immergrün (Code: SI), LFBIS >50 Datensätze wurden herausgenommen. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm R (Version 4.2.2) durchgeführt und es wurde mit folgenden Methoden gearbeitet: 1 und 2 Weg – ANOVA (Post-Hoc Test nach Tukey), Korrelation nach Spearman und deskriptive Statistik (Perzentile, Median, usw.).

Ergebnisse und Diskussion

Der pflanzenverfügbare Phosphor (Abbildung 2 links) ist seit 1991 signifikant ($p < 0,05$) abgesunken und befindet sich derzeit im Median von 71,77 mgP/kg (1991-1995: 95,92 mgP/kg). Das entspricht einer Reduktion um 25%. Waren 1991 bis 1994 95% der Werte in der Gehaltsklasse C1 bis E, so sank die Verteilung in der Periode 2015 bis 2022 auf 85% im Bereich C1 bis E. Der größte Zuwachs war in der Gehaltsklasse C1 zu verzeichnen. Den gleichen Trend (Mittelwerte vgl. 1. zu 5. Periode) beobachtet man in der HT, NT und March: HT: $x = 103$ mg/kg ($n=483$) auf 81 mg/kg ($n=2456$), NT: $x = 100$ mg/kg ($n=3956$) auf 77 mg/kg ($n=4027$) und March: $x = 92$ mg/kg ($n=705$) auf 66 mg/kg ($n=814$). Da die Gehaltsklassenunterteilung des EUF – P stark von EUF-Ca II (2. Fraktion) abhängt, wurde in Abbildung 2 (rechts) nur die Gehaltsklassenverteilung ausgewertet. Nach der Auswertung der AGES – Bodendaten, befinden sich derzeit (5.Periode) 13% der Phosphorgehalte in der Gehaltsklasse B, während sich die AGRANA – Bodendaten zu 48,5% in der Gehaltsklasse B befinden.

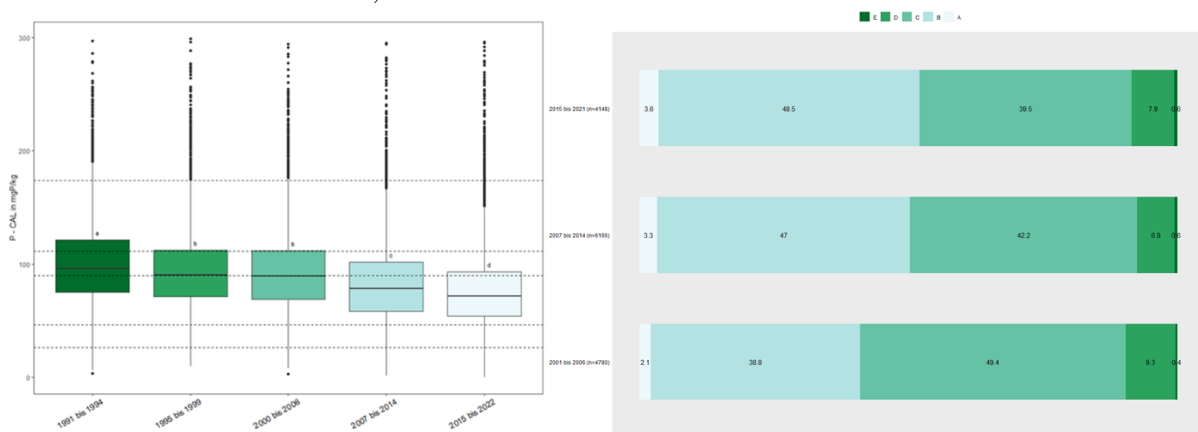


Abbildung 2 Links (AGES): Zeitliche Entwicklung des pflanzenverfügbaren Phosphors im Marchfeld. Die gepunkteten Linien zeigen die Grenzen von unten beginnend Gehaltsklasse A, B, C1, C2, D und E. Je dunkler der Boxplot, desto höher ist der Median. Die Linie im Boxplot ist der Mittelwert. Die Buchstaben zeigen die Signifikanz zwischen den Perioden an ($p < 0,05$ Tukey post-hoc Test). Rechts (AGRANA): Zeitliche Entwicklung der EUF – P Gehaltsklassen im Marchfeld.

Die konventionellen Flächen (Median Md 72,72mgP/kg) haben signifikant höhere Phosphorgehalte (nicht dargestellt als die biologischen (Md 69 mgP/kg)). Die signifikanten Unterschiede sind aus der Verteilung und der Herkunft der Daten zu erklären. Beobachtet man die Verteilung zwischen Bio – Konv, so ist der Anteil an der Klasse A+B in etwa gleich (Bio 17%, Konv 15%) und Konv hat einen höheren Anteil in der Klasse C2. Der zweite und weitaus wichtigste Unterschied ist die Herkunft der Daten (Gemeindeebene). In Abhängigkeit von den Gemeinden ergeben sich regionale Unterschiede. So weisen die Gemeinden Weiden an der March und Engelhartstetten die geringsten Phosphorgehalte auf und es befinden sich ca. 30% der Phosphorgehalte auf einem niedrigen Niveau. In Groß – Enzersdorf sind die Phosphorgehalte im Median um 20% höher. Die Daten für Bio stammen zu 17% aus Weiden an der March und 8% aus Engelhartstetten, für Konv zu jeweils 3-4%. Auch ist der komplette Datensatz von Mannersdorf an der Donau (Median 89,79 mgP/kg) im Konv wiederzufinden. Weiteres ergab die 2-Weg-ANOVA keinen signifikanten Unterschied für P-CAL-Gehalte zwischen Bio und Konv in Abhängigkeit der Gemeinden. Im Marchfeld unterscheiden sich daher die Bio und Konv nur gering und es hängt stark davon ab, woher die Daten stammen. Auf der Hochterrasse befinden sich signifikant höhere

Phosphorgehalte (Md 74,95 mg/kg, 11% niedriges Niveau) als auf der Niederterrasse (Md 72,29 mg/kg, 16% niedriges Niveau) und Marchniederung (Md 59,99 mg/kg, 33% niedriges Niveau). Ebenfalls kann aus den AGRANA – Daten ein Standortunterschied beobachtet werden. So ist der mittlere Phosphorgehalt (Periode 2015 bis 2022) auf der HT (2,36 mgP/100g) und Marchniederung (2,29 mgP/100g) signifikant höher als auf der NT (1,57 mgP/100g).

Der pflanzenverfügbare Kaliumgehalt (Abbildung 3 links) ist seit 1991 signifikant ($p < 0,05$) abgesunken und befindet sich derzeit im Median von 154,6 mgK/kg (1991-1995: 209,9 mgK/kg). Das entspricht einer Reduktion um 26%. Seit 2015 sind die Werte jedoch signifikant höher als in der Periode 2007 bis 2014. So waren 1991 bis 1994 90% der Werte in der Gehaltsklasse C1 bis E (davon 50% in D+E), später sank die Verteilung in der Periode 2015 bis 2022 auf 85% im Bereich C1 bis E. Der größte Zuwachs war in der Gehaltsklasse C1 und C2 zu verzeichnen. Wenn man die Daten aus Groß-Enzersdorf, Weiden an der March und Leopoldsdorf im Marchfelde separat betrachtet, dann kann derselbe Trend beobachtet werden. Jedoch nicht für Engelhartstetten, hier sind die Werte bis zur Periode 2007-2014 gesunken und haben wieder das Niveau von 1991-1994 erreicht. Den gleichen Trend (Mittelwerte vgl. 1. zu 5. Periode) beobachtet man auf der HT, NT und March: HT: HT: $x = 244$ mg/kg ($n=485$) auf 167 mg/kg ($n=2451$), NT: $x = 213$ mg/kg ($n=3969$) auf 171 mg/kg ($n=4031$) und March: $x = 200$ mg/kg ($n=715$) auf 148 mg/kg ($n=822$). Nach der Auswertung der AGES – Bodendaten, befinden sich derzeit (5.Periode) 22% der Phosphorgehalte in der Gehaltsklasse A+B, während die AGRANA – Bodendaten sich zu 28,5% in der Gehaltsklasse A+B befinden.

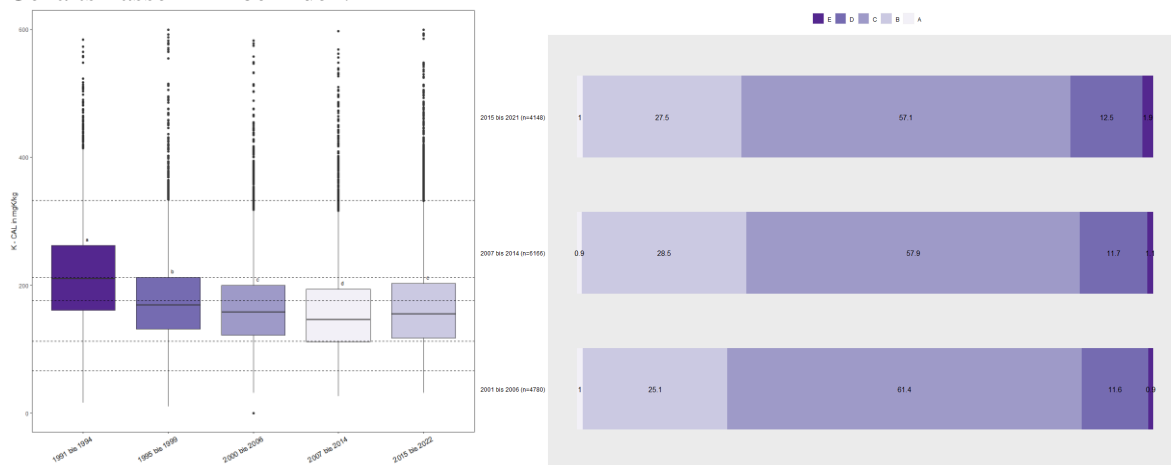


Abbildung 3 Links (AGES): Zeitliche Entwicklung des pflanzenverfügbaren Kaliums im Marchfeld. Die gepunkteten Linien zeigen die Grenzen von unten beginnend Gehaltsklasse A, B, C1, C2, D und E. Je dunkler der Boxplot, desto höher ist der Median. Die Linie im Boxplot ist der Mittelwert. Die Buchstaben zeigen die Signifikanz zwischen den Perioden an ($p < 0,05$ Tukey post-hoc Test). Rechts (AGRANA): Zeitliche Entwicklung der EUF – K Gehaltsklassen im Marchfeld.

Zwischen Bio und Konv gibt es keinen signifikanten Unterschied, jedoch sind die tendenziell niedrigeren Kaliumgehalte für Bio damit zu erklären, dass ein großer Anteil der Daten aus der Gemeinde Weiden an der March stammt. Die 2-Weg-ANOVA ergab zwischen Bio und Konv keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von den Gemeinden. Die Niederterrasse weist signifikant höhere Kaliumgehalte (Md 159,2 mg/kg, 20% niedriges Niveau) als die Hochterrasse (152,6 mg/kg, 22% niedriges Niveau) und Marchniederung (Md 135 mg/kg, 34% niedriges Niveau) auf (AGES- Daten).

Die Spurenelemente (Fe, Mn, Cu und B) sind Großteiles im optimalen Bereich, jedoch sticht das Spurenelement Zink signifikant heraus. Derzeit befinden sich im Marchfeld 23% der Zinkgehalte in der Gehaltsklasse A ($n=2208$). Dieser Trend kann auch zeitlich beobachtet werden, wo sich der Zinkgehalt seit 1991 signifikant reduziert hat. Außerdem beobachtet man im Marchfeld ein weites P:Zn Verhältnis (Md 27,8:1), was nach OVA et al. (2015) zu einer reduzierten Zinkaufnahme führen kann und somit die Leistung verringert wird. Ebenfalls wird ein weites Cu:Zn Verhältnis (Md 0,7:1) beobachtet, was auf Kupferüberschuss hinweist und es eventuell ebenfalls zu antagonistischen Wechselwirkung führen kann (MCBRIDE und KIM, 2009). Da im Marchfeld kalkreiche Böden vorherrschen, wurde auch das Ca:B Verhältnis berechnet. Dabei wurde der Calciumgehalt aus der KAKeff (cmol/kg *200 ppm Ca) mit jenem vom Bor in Verhältnis gebracht. Aus der Literatur ist die Wechselwirkung zwischen Ca:B auf verschiedenen Kulturen getestet worden, mit dem Ergebnis, dass ein sehr hoher Calciumgehalt zur redu-

zierten Aufnahme von Bor führt (LONG und PENGG, 2023; VERA-MALDONADO et al. 2024). Das Verhältnis von Ca:B befindet sich im Marchfeld im Median bei ca. 2000:1. Daher sollte sich die Feldforschung und Praxis-Feldversuche verstärkt mit diesem Thema auseinandersetzen und gegebenenfalls Pflanzenanalysen miteinbeziehen. Im Marchfeld befinden sich 85% der K:Mg Verhältnisse seit 2000 unter 1,7, was auf einen Magnesiumüberschuss schließen lässt. Ob die Landwirte in Folge mehr düngen oder ob es zu Kaliummangel in der Pflanze kommt, sollte ebenfalls erforscht werden.

Der Humusgehalt ist seit 1991 signifikant ($p < 0,05$) gestiegen und befindet sich derzeit im Median von 3,01%. Das entspricht einer Steigerung um ca. 18%. Weiteres hat sich der Anteil der Stufe niedrig von 25% (1991 bis 1994) auf 9,5% (2015 bis 2022) reduziert. Da es im Marchfeld hinsichtlich Bodentypen und Standort (Hoch- und Niederterrasse) Unterschiede gibt, könnte der Standortfaktor einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung haben. Daher lohnt sich hier eine genauere zeitliche Analyse auf der Ebene der Gemeinden. Wenn wir die Humusgehalte in Groß-Enzersdorf betrachten, dann haben diese sich von 1991 bis 1994 im Median 2,21% ($n=252$ und Mittel 2,29%) über 2000 bis 2006 im Median 2,31% ($n=320$ und Mittel 2,36%) auf 2,67% ($n=1168$ und Mittel 2,72%) in der Periode 2015 bis 2022 erhöht. Der Standort Weikendorf ist Großteils im Lössgebiet (Tschernosem, Nord nach Süd), jedoch gibt es auch Einflüsse von Schwemmmaterial (Feuchtschwarzerde, West nach Ost). In der Periode 1991 bis 1994 betrug der Humusgehalt im Median 2,47% ($n=129$ und Mittel 2,5%) und erhöhte sich in der Periode 2015 bis 2022 im Median auf 2,76% ($n=272$ und Mittel 2,91%). Die Gemeinde Weiden an der March weist seit 1991 keine signifikanten Unterschiede auf. So waren in der Periode 1991 bis 1994 die Humusgehalte im Median 2,86% ($n=163$ und Mittel 2,89%) und 2015 bis 2022 im Median 2,65% ($n=524$ und Mittel 2,81%). In der Gemeinde Weiden an der March herrscht ein Nord-Süd-Gefälle. Während im Süden Tschernoseme vorherrschen, sind es im Norden die Feuchtschwarzerden. Wird die Nieder- und Hochterrasse separat beobachtet, dann ergibt sich ebenfalls ein steigender Humusgehalt, jedoch ist die Stichprobenanzahl bis zur letzten Periode stetig gestiegen

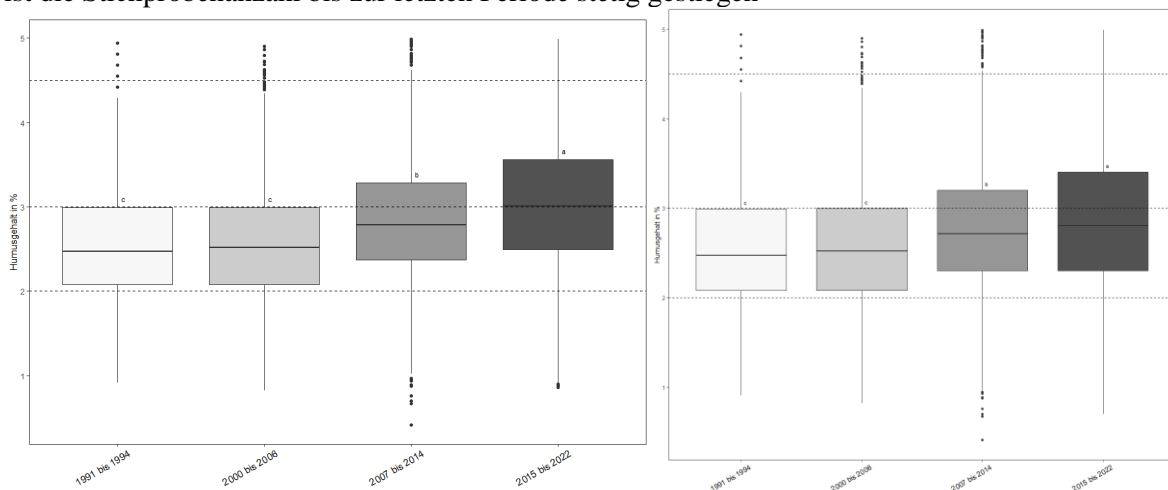


Abbildung 4 Links (AGES): Zeitliche Entwicklung des Humusgehalts im Marchfeld. Die gepunkteten Linien zeigen die Grenzen von unten beginnend Gehaltsklasse niedrig, mittel1, mittel2, hoch. Je dunkler der Boxplot, desto höher ist der Median. Die Linie im Boxplot ist der Mittelwert. Die Buchstaben zeigen die Signifikanz zwischen den Perioden an ($p < 0,05$ Tukey post-hoc Test). Rechts: AGES + AGRANA Humusgehalte

Für die Bio-Flächen im Marchfeld im Vergleich mit konventionellen Flächen, wurden signifikant höhere Humusgehalte beobachtet. Um Standortunterschiede festzumachen, wurde mittels einer 2-Weg-ANOVA auf Gemeindeebene der Unterschied beobachtet. Tendenziell (nicht signifikant und nicht in jeder Gemeinde) hatte Bio höhere Humusgehalte, jedoch wurde ein signifikanter Unterschied in Lassee beobachtet (Bio höher). Die Humusgehalte sind auf der Niederterrasse (Md 3,23%, ca. 6% Gehaltsklasse niedrig) signifikant höher als auf der Hochterrasse (Md 2,77, ca. 11% Gehaltsklasse niedrig) und der Marchniederung (Md 2,53%, ca. 26% Gehaltsklasse niedrig). Mit den AGRANA – Daten werden vermutlich intensiver bewirtschaftete Flächen mitefasst. Denn aus der Beobachtung der Periode 2015-2022 ist ersichtlich, dass die Niederterrasse signifikant höhere Humusgehalte hat (Md: 2,6%, 20% Gehaltsklasse niedrig) und die Hochterrasse (Md: 2,4%, 25% Gehaltsklasse niedrig) bzw. Marchniederung (Md: 2,4%, 25% Gehaltsklasse niedrig) signifikant niedrigere. Auf Ortschaftsebene sticht besonders Breitensee und Oberweiden mit sehr niedrigen Humusgehalten hervor. Werden die AGRANA- und

AGES-Humusgehalte zusammen ausgewertet (Abbildung 4 rechts), so ergibt sich ein genaueres Bild, da Flächen mit einem Humusgehalt <2% erfasst werden (intensiver bewirtschaftete Flächen mit Zuckerrübe, Kartoffel und Mais). Da die Humusgehalte bei unterschiedlichen Temperaturen bestimmt wurden, könnte es eventuell zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Allerdings ist die Methode bei 550°C eine VDLUFA – Methode. Vergleiche mit 650 haben in Ringversuchen zu keinen signifikanten Unterschieden geführt (Ergebnis nicht publiziert), sodass das Zusammenführen der Daten kein Problem darstellt.

Die Humusgehalte von Datensätzen mit System Immergrün zeigen signifikant höhere Humusgehalte im Nordöstlichen Flach- und Hügelland und Alpenvorland. Zwischen jenen die weder am System Immergrün teilnehmen noch im Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat, gibt es keine signifikanten Unterschiede zu jenen, die an den Maßnahmen Zwischenfruchtanbau bzw. Mulchsaat mitmachen (Tabelle 1).

Tabelle 2 Humusgehalt und N-Nachlieferung in Abhängigkeit der ÖPUL – Maßnahme. N = Stichprobenanzahl, Md = Median, X = Mittelwert, Buchstaben = Signifikanz $p < 0.05$ post-hoc nach Tukey, SI = System Immergrün, Z0 oder M0 = 0% Zwischenfruchtanbau oder Mulchsaat, Z1 oder M0 = 1-30% Zwischenfruchtanbau oder Mulchsaat, Z2 oder M0 = >30% Zwischenfruchtanbau oder Mulchsaat.

| | SI | Z0M0 | Z1M0 | Z1M1 | Z2M0 | Z2M1 | Z2M2 |
|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Humusgehalt | N 570 | N 514 | N 3278 | N 4107 | N 1105 | N 1246 | N 1760 |
| % | Md 3,03a X 3,12a | Md 2,7bc X 2,83bc | Md 2,8bc X 2,86bc | Md 2,8bc X 2,87bc | Md 2,79bc X 2,84bc | Md 2,86b X 2,92b | Md 2,73c X 2,84c |
| N-Nachlieferung | N 403 | N 212 | N 2463 | N 2901 | N 752 | N 876 | N 1078 |
| mgN/kg/7Tage | Md 60,5a X 61,3a | Md 49,8bc X 52,6bc | Md 45,5c X 48,4c | Md 46,9b X 50,7b | Md 46,5bc X 48,6bc | Md 48,6bc X 50,5bc | Md 56,6a X 58,1a |

Zusammenfassung

Durch die Zusammenführung der AGES und AGRANA Bodenparametern in Kombination mit den INVEKOS-Daten und Kleinproduktionsgebieten, kann eine sehr ausführliche Darstellung des Zustandes der Ackerböden im Marchfeld durchgeführt werden. Jedoch sollte immer die Datenherkunft auf Gemeinde- oder Ortschaftsebene beobachtet werden. Eine 2-Weg-ANOVA hat sich als „screening“ Methode bewährt. Wenn die Phosphorgehalte auf Marchfeldebene zwischen konventionellen und biologischen Flächen beobachtet werden, gibt es signifikante Unterschiede. Das war jedoch nicht auf Gemeindeebene der Fall und es hat sich herausgestellt, dass ein großer Teil der Daten von Böden mit biologischem Anbau aus Gemeinden stammt (Weiden an der March), wo generell geringere Phosphorgehalte vorliegen. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Phosphor- und Kaliumgehalte von D-E in Richtung Gehaltsklasse C verschoben, wobei die AGRANA Phosphorgehalte einen sehr hohen Anteil an der Gehaltsklasse B aufweisen. Die Gehalte des Spurenelements Zink sind seit 1991 signifikant gesunken und derzeit befinden sich 23% der Zinkgehalte in der Gehaltsklasse A. Die Nährstoffverhältnisse sollten ebenfalls in Zukunft stärker beobachtet werden. So befinden sich 85% der K:Mg Daten unter 1,7 (Magnesiumüberschuss) und weite P:Zn, Cu:Zn und Ca:B wurden beobachtet. Daher sollte sich die Feldforschung bzw. Praxisfeldversuche verstärkt mit dem Thema auseinandersetzen und Pflanzenanalysen generell inkludieren. Die Humusgehalte weisen einen positiven Trend auf, jedoch erfasst man mit den AGRANA – Daten intensive Flächen, wo sich 25% der Humusgehalte <2% befinden. Weiteres beobachtet man auf Flächen mit System Immergrün signifikant höhere Humusgehalte.

Abstract

By combining the AGES and AGRANA soil parameters with the INVEKOS and small production areas, a very detailed depiction of the condition of the arable soils in the Marchfeld can be carried out. However, the origin of the data should always be observed at municipal level and an initial ‘screening’ should be carried out using a 2-way ANOVA. The reason is, for example, the comparison of phosphorus contents between conventional and organically managed areas in the entire Marchfeld. This analysis yields significant differences. At the municipal level, however, not significant differences were obtained, and it has been found out that a large proportion of the soil data from organic farms comes from municipalities (Weiden an der March) where phosphorus levels are generally lower. Over time, the phosphorus and

potassium contents have shifted from content classes D-E towards C, whereby the AGRANA phosphorus contents show a very high proportion of content class B. The trace element zinc has decreased significantly since 1991 and currently 23% of the zinc soil contents are in content class A. The nutrient ratios should also be monitored more closely in the future. For example, 85% of the K:Mg ratios are below 1.7 (magnesium surplus) and wide P:Zn, Cu:Zn and Ca:B ratios were also observed. Field research and field trials should therefore focus more on this topic and generally include plant analyses. The humus contents show a positive trend, though the AGRANA data records intensively managed areas where 25% of the humus content is <2%. Furthermore, significantly higher humus contents are observed on areas using continuous plant cover.

Literatur

- AGES (2010): ÖPUL-Evaluierung – Auswirkungen von ÖPUL-Maßnahmen auf die Nährstoffverfügbarkeit österreichischer Böden. Wien.
- COM (2020): „Vom Hof auf den Tisch“ – eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem. Brüssel.
- Dersch G., Spiegel H., Hösch J., Haselmay H.P. und Baumgarten A. (2013): Humusgehalt, Säuregrad und pflanzenverfügbare Phosphor und Kaliumgehalte auf Acker- und Grünland in Oberösterreich - Aktueller Status auf Basis der Landesbodenuntersuchungsaktion 2009 in Abhängigkeit von Region, Betriebstyp (Tierhaltung und/oder Marktfruchtbetrieb), Bewirtschaftungsform (konventionell vs. biologisch) und weiterer ÖPUL-Maßnahmen sowie Ableitung von Entwicklungstrends seit Einführung des ÖPUL auf Basis von Bodendaten aus der Praxis von den Perioden 1991-1995 und 2008-2011 und der Bodenzustandsinventur OÖ 1993. Wien
- Long, Y., & Peng, J. (2023). Interaction between boron and other elements in plants. *Genes*, 14(1), 130.
- McBride, M. B., Pitiranggon, M., & Kim, B. (2009). A comparison of tests for extractable copper and zinc in metal-spiked and field-contaminated soil. *Soil Science*, 174(8), 439-444.
- Orthofer, R. (1991): Emissionsprobleme bei der Strohverbrennung. In: Stroh sinnvoll nutzen. Tagungsbericht. Wien.
- Ova, E. A., Kutman, U. B., Ozturk, L., & Cakmak, I. (2015). High phosphorus supply reduced zinc concentration of wheat in native soil but not in autoclaved soil or nutrient solution. *Plant and Soil*, 393, 147-162.
- HEINZLMAIER, F., FREUDENSCHUß, A., GERZABEK, M.H.: Der Versorgungsgrad österreichischer Böden mit Pflanzennährstoffen – Ergebnisse der österreichischen Bodenzustandsinventuren. *Die Bodenkultur* 59, 45-55, 2008.
- HEINZLMAIER, F., DERSCH, G., BAUMGARTEN, A., GERZABEK, M.H.: Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in Böden Österreichs. *Die Bodenkultur* 60(2), 17-27, 2009.
- Tamme, O. (2002): Beschäftigungseffekte agrar- und regionalpolitischer Maßnahmen. Forschungsbericht Nr. 49. Bundesanstalt für Bergbauernfragen. Wien.
- Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A., & Inostroza-Blancheteau, C. (2024). Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1332459.
- WPA (2019): Schutz des Grundwassers vor Nährstoffeinträgen - Bewertung der Wirkung relevanter LE - Maßnahmen des österreichischen Programms für ländliche Entwicklung 2014-20. Wien.

Adressen der Autoren

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Abteilung für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

² Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

³ Agrana Research & Innovation Center GmbH, Reitherstr. 21-23, 3430 Tulln an der Donau

* Ansprechpartner: Armin Bajraktarevic armin.bajraktarevic@ages.at

Einfluss unterschiedlicher Begrünungen, Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzstrategien auf den Wachstumsverlauf und die Ertragsleistung von Körnermais

Influence of different cover crops, soil cultivation, and plant protection strategies on the growth process and yield performance of grain maize

Stefan Geyer^{1*}, Peter Prankl², Markus Gansberger² und Hans Gnauer³

Einleitung

Um den Einfluss unterschiedlicher Strategien zur Minimierung der Bodenbearbeitung bei gleichzeitiger Extensivierung des Pflanzenschutzes auf den Wachstumsverlauf und die Ertragsleistung von Körnermais zu überprüfen wurde in Zusammenarbeit mit dem Verein Boden.Leben an der HBLFA Francisco Josephinum über 3 Jahre Parzellen mit unterschiedlichen Begrünungs-, Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzvarianten angelegt.

Die Gründe für eine Reduktion der Bodenbearbeitung und Förderung eines dauerhaften Pflanzenbewuchses liegen in der Erosionsminderung und der Erhöhung des Humusgehaltes bzw. der Verbesserung der CO₂-Effizienz.

Material und Methoden

Die Versuche wurden 2020, 2021 und 2023 im Raum Wieselburg angelegt. Als Begrünung nach Getreide wurden sowohl abfrostende, teilabfrostende als auch winterharte Zwischenfrüchte verwendet. Die Bodenbearbeitung wurde in allen Begrünungsvarianten gleich durchgeführt und reichte von einer Pflugbearbeitung bis hin zur Direktsaat. Jedes Jahr wurden über alle Begrünungs- und Bodenbearbeitungsvarianten drei Pflanzenschutzvarianten (1. Glyphosat mit Nachauflaufbehandlung – Mesotrion, Nicosulfuron, Dicamba; 2. Nachauflaufbehandlung; 3. Ohne PS mit mechanischer Unkrautbekämpfung) durchgeführt. Jahresweise wurden diese Pflanzenschutzvarianten durch weitere Varianten ergänzt. Zur elektronischen Erfassung der Bodenbedeckung wurde die WebApp Soil Cover verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Als wesentliche Faktor für eine erfolgreiche Reduktion der Bodenbearbeitung bei gleichzeitigem Verzicht auf Glyphosat konnte der Witterungsverlauf und die Bodenbedeckung mit toter organischer Substanz im Frühjahr detektiert werden. Zwischenfruchtvarianten welche „stehend“ abfrosten und somit im Frühjahr eine hohe Belichtung der Bodenoberfläche zulassen, begünstigen wie in Abbildung 1 ersichtlich eine frühe Verunkrautung.

Bezüglich Ertrag zeigten die Direktsaatvarianten (DS) mit Abnahme der Pflanzenschutzintensität erwartungsgemäß einen starken Ertragsabfall. Vor allem bei der Verwendung von Glyphosat nach dem Anbau (Roundup Powerflex 3 l/ha) mit anschließender Nachauflaufbehandlung (Kwizda Maispack – Mesotrione, Nicosulfuron, Dicamba) zeigen reduzierte Bodenbearbeitungsvarianten höhere Erträge. Was auch durch die Versuchsjahre 2021 und 2020 bestätigt werden kann.

Die Bodenbearbeitungsvariante „Unterschneidergerät (Untersg)“ zeigt auch ohne Glyphosat eine ausreichende Bekämpfung. Dieses von CFS entwickelte Gerät schneidet den Boden flach durch und führt nur zu einer geringen Krümelung des Bodens an der Oberfläche. Dies führt letztendlich auch zu einer geringen Erosionsneigung. Eine ausreichende Unkrautbekämpfung ist dann gegeben, wenn abgeschnittene Wurzeln nicht sofort wieder in den unbearbeiteten Horizont wurzeln. Regnet es also unmittelbar nach der Bodenbearbeitung bzw. besteht starker Bewuchs (kein Abfrieren der Begrünung bzw. starke Verunkrautung) so ist eine ausreichende Unterdrückung meist nicht gegeben. Vorteilhaft wäre auch der geringe Zugkraftbedarf. Leider neigt dieses Gerät relativ leicht zu Verstopfungen.

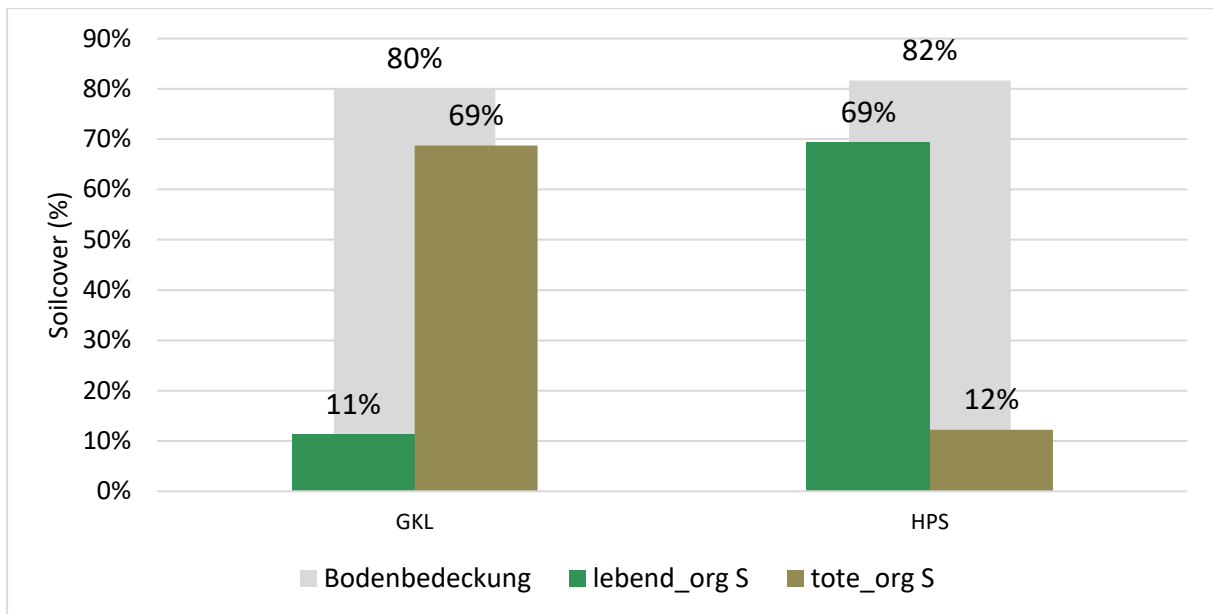


Abbildung 1: **Durchschnittliche Bodenbedeckung (elektronische Messung) im Frühjahr 2023 über verschiedene Begrünmischungen**

Hohe Bodenbearbeitungsintensitäten, welche viel Feinerde produzieren (siehe Variante „SE SEKE DS“ – Scheibenegge (Ende März) – Scheibenegge und Kreiselegge unmittelbar vor der Saat), zeigen zwar schnelle und vollständige Feldaufgänge, bringen aber insbesondere bei hohen Niederschlagsintensitäten in Folge der Bodenverschlammung einen starken Ertragsabfall. Aufgrund der guten unkrautunterdrückenden Wirkung (insbesondere im Vergleich zu allen Mulch- und Direktsaatvarianten ohne chemischen Pflanzenschutz) und der rascheren Bodenerwärmung zeigen die Pflugvarianten hohe und auch über die Jahre stabile Erträge. Obwohl (insbesondere bei der Verwendung von Glyphosat) auch reduzierte Bodenbearbeitungsvarianten mit den Pflugvarianten mithalten können.

Die Ertragswirkung von Glyphosat zeigt sich insbesondere bei der stark verunkrauteten Begrüning. Während im Mittel aller Mulch-Bodenbearbeitungs- und Direktsaatvarianten bei der großkörnigen Leguminosenmischung bei ausschließlicher Nachauflaufbekämpfung „nur“ ein Ertragsabfall von 600 kg/ha im Vergleich zu den mit Glyphosat behandelten Varianten ersichtlich ist, zeigt die stark verunkrautete Begrüning einen Abfall von über vier Tonnen. Die Wirkung der unterschiedlichen Begrüningen wird beim direkten Vergleich der Direktsaat-Varianten deutlich (s. Abb. 2).

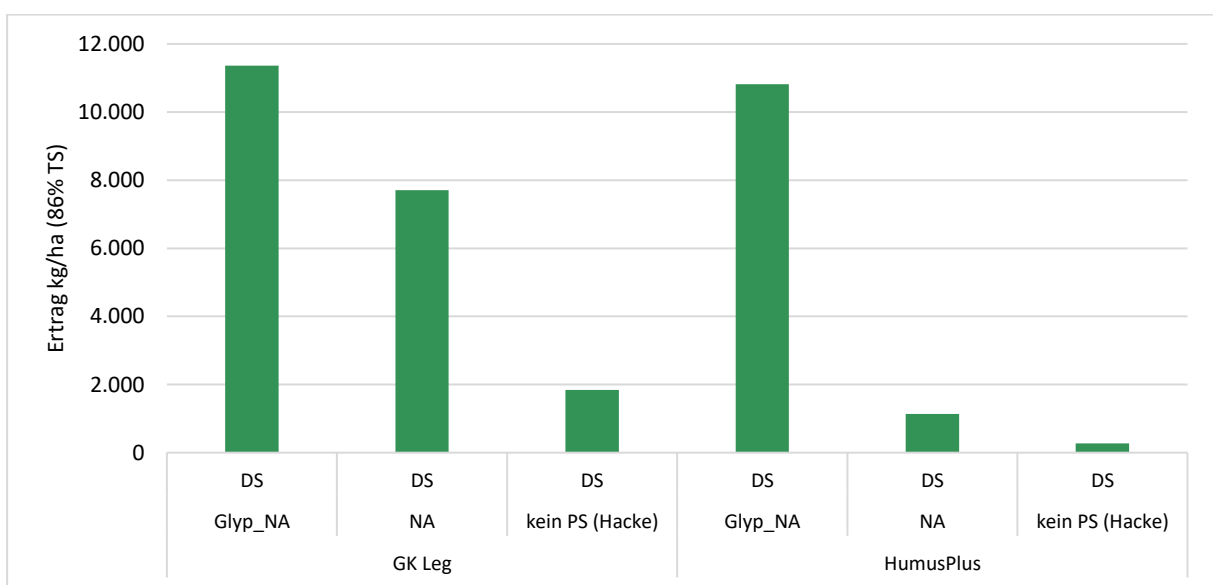


Abbildung 2: **Ertragsleistung von Körnermais nach Direktsaat in Abhängigkeit der Pflanzenschutz- und Begrünungsstrategie (Versuchsjahr 2023)**

Bei beiden Begrünungen zeigt sich bei der Reduktion der Pflanzenschutzintensität ein Ertragsabfall, wobei dieser bei der stark verunkrauteten Begrünung wesentlich drastischer ausfällt. Vergleicht man die durchschnittlichen Erträge der Glyphosatvarianten beider Begrünungen, so zeigt die stark verunkrautete HumusPlus-Begrünung mit durchschnittlich 10.750 kg/ha einen um knapp 700 kg/ha höheren Ertrag als die großkörnige Leguminosenbegrünung. Dieser Effekt wurde auch in den beiden anderen Versuchsjahren beobachtet. In grünen Zwischenfruchtbeständen liegt im Oberboden eine höhere Krümelstabilität vor. Offen bleibt, inwieweit der Ertragsvorteil durch die Diversität der Begrünung (Begrünungspflanzen sind abgefroren) erzielt wurde, oder durch den hohen Anteil lebender Pflanzenwurzeln infolge der höheren Verunkrautung. Betrachtet man die Direktsaat-Varianten über die Jahre, so ist bei der großkörnigen Leguminosenmischung (konstante Begrünungsvariante über die Jahre) hinsichtlich der erforderlichen Pflanzenschutzintensität eine jahresbedingte Wirkung ersichtlich. Während im Jahr 2020 nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Pflanzenschutzvarianten zu verzeichnen waren, zeigen die Ergebnisse der restlichen Versuchsjahre einen doch relativ starken Einfluss der Pflanzenschutzintensität (siehe Abbildungen 10, 11, 12).

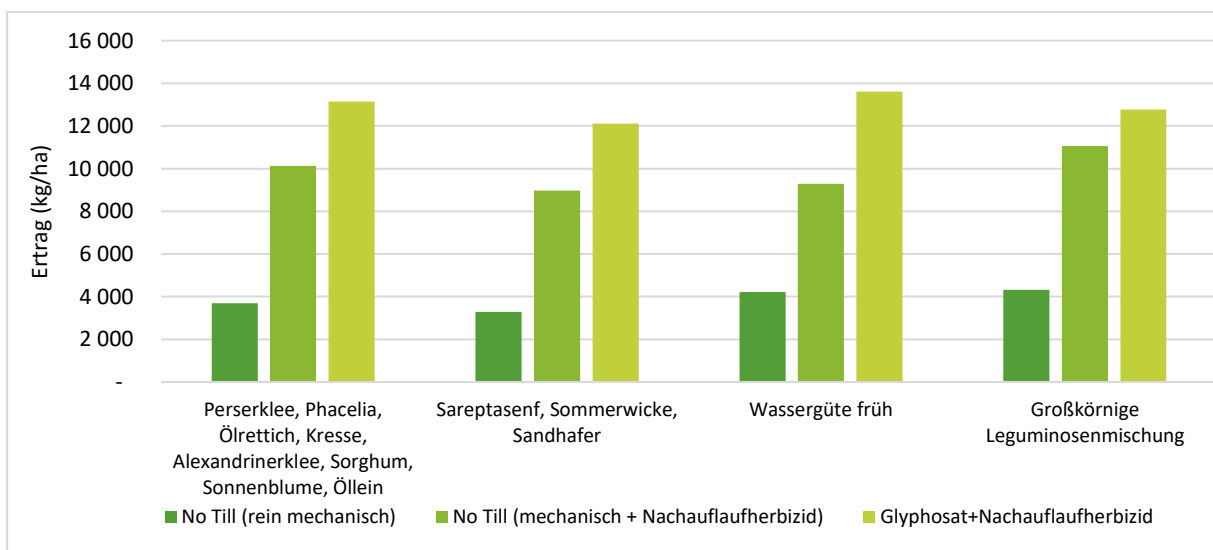


Abbildung 3: Ertragsleistung von Körnermais nach Direktsaat in Abhängigkeit der Pflanzenschutz- und Begrünungsstrategie (Versuchsjahr 2023)

Dies kann durch die trockenen Frühjahrsbedingungen im Jahr 2020 begründet werden. Die geringen Niederschläge führten in Folge auch zu einer geringeren Frühjahrsverunkrautung wodurch der Glyphosateinsatz nicht entscheidend war. Die in Abb. 4 und 5 dargestellten Linien zeigen die pflanzenschutzmittelkostenfreie und maschinenkostenfreie Leistung der unterschiedlichen Varianten. Bei der roten Linie wurden zusätzlich die Maschinenfixkosten abgezogen. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zeigen innerhalb der Mulch- und Direktsaatvarianten Varianten mit geringer Intensität ihren wirtschaftlichen Vorteil. Obwohl eine Pflugbearbeitung aufgrund des Ertrages wirtschaftlich gut mithalten kann.

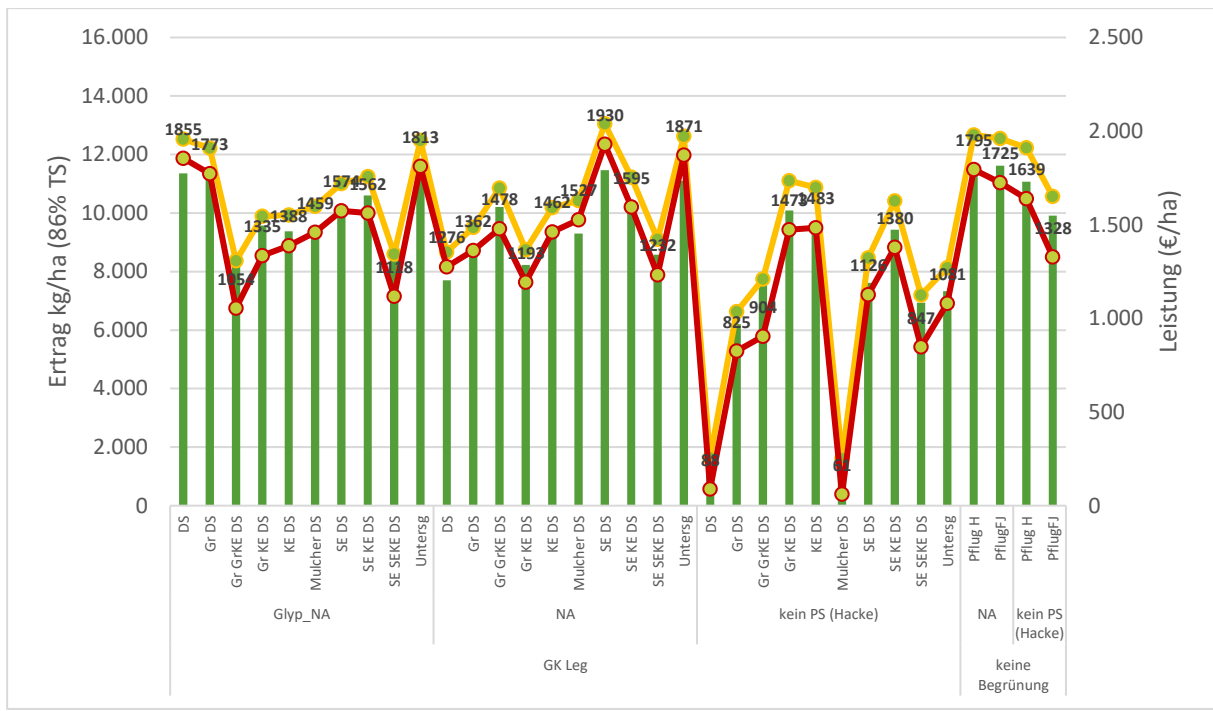


Abbildung 4: Pflanzenschutzmittelfreie und maschinenkostenfreie Leistung von Körnermais auf einer großkörnigen Leguminosenmischung in Abhängigkeit Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzstrategie

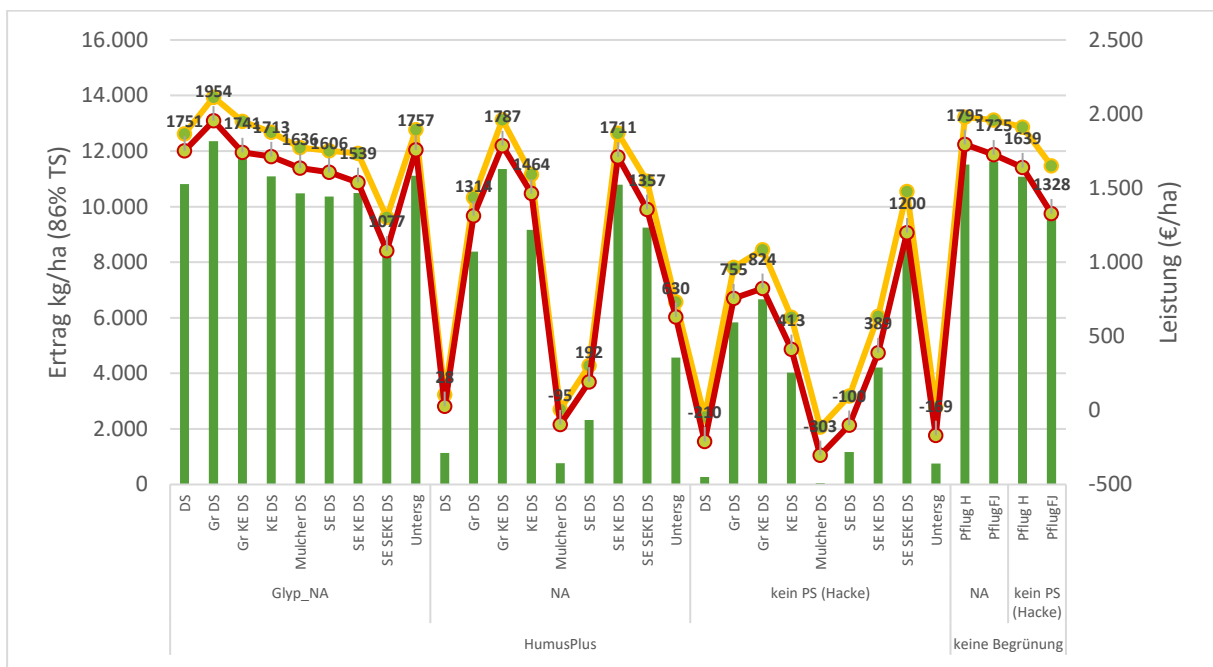


Abbildung 5: Pflanzenschutzmittelfreie und maschinenkostenfreie Leistung von Körnermais auf einer stark verunkrauteten, abfrostenden Begrünungsmischung in Abhängigkeit Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzstrategie

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass allein aufgrund der Erosionsanfälligkeit eine reduzierte Bodenbearbeitung hohes Interesse wecken muss. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit können derartige Varianten durchaus mit dem Pflug mithalten, sofern die Ertragsstabilität gegeben ist. Diesbezüglich spielt neben der grundvoraussetzenden guten Bodenstruktur der Glyphosateinsatz eine wesentliche

Rolle. Je höher die Verunkrautung, je mehr winterharte Begrünungskulturen und je weniger Bodenbearbeitungsintensität desto wichtiger wird der Einsatz eines Totalherbizides. Innerhalb der Mulch- und Direktsaatvarianten ist oft weniger mehr. Je mehr Feinerde desto höher die Erosions- und Verschlammungsneigung. Die durchgeführten Versuche zeigen einen höheren Ertrag der diversen (oft auch stärker verunkrauteten) Begrünungsvarianten. Allerdings war Stickstoff kein Mangelfaktor. Ob dies an der Diversität der Begrünungen liegt, oder an den lebenden Pflanzenwurzeln im Frühjahr, bleibt offen.

Abstract

In summary, it can be stated that reduced soil tillage must arouse high interest solely due to its susceptibility to erosion. In terms of profitability, such methods can indeed compete with ploughing, provided that yield stability is ensured. In this regard, in addition to the fundamentally important good soil structure, the use of glyphosate plays a significant role. The higher the weed infestation, the more winter-hardy cover crops, and the less soil tillage intensity, the more important the use of a total herbicide becomes. Within mulch and direct seeding methods, less is often more. The higher the fine soil content, the greater the tendency for erosion and soil capping. The conducted experiments indicate a higher yield of various (often more weed-infested) cover crop variants. However, nitrogen was not a limiting factor. Whether this is due to the diversity of the cover crops or the living plant roots in the spring remains open.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg, Rottenhauser Str. 1, 3250 Wieselburg

² HBLFA Francisco Josephinum, Schloss Weinzierl 1, 3250 Wieselburg

³ Boden.Leben, Verein für klimaangepasste und aufbauende Landwirtschaft, Wiener Strasse 64, 3100 St. Pölten

* Ansprechpartner: DI Stefan GEYER, stefan.geyer@josephinum.at

Düngung mittels CULTAN-Verfahren - Eine Alternative im Zuckerrübenanbau?

Gereon Heller, Herbert Eigner

Die Produktion von Stickstoffdüngern als auch die Emission von Stickstoff Verbindungen im Rahmen der Düngung schlagen in der Treibhausgasbilanz massiv zu buche. Zwingend Vorgaben zur nachhaltigen Bewirtschaften resp zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen zu einer Einarbeitung der Stickstoffdünger in den Boden, so ergeben sich für den landwirtschaftlichen Betrieb mehr oder weniger gravierende Notwendigkeit zur Anpassung.

Gerade im Trockengebiet hat es sich bewährt mit der Ausbringung von Stickstoffdüngern das Sichtbarwerden der Rübenreihen abzuwarten um zusätzliche Spuren zu vermeiden. Eine Verpflichtung zur Einarbeitung bedeutet eine nach vorne Verschiebung des Ausbringzeitpunkt des Düngers, und somit ein längeres Verbleiben des Stickstoffs ungebunden im Boden. Trockene Erde in zusätzlichen Spuren bewirkt eine höhere Gefahr des nicht Aufgehens der Saat. Sollte es jedoch im Zuge der Nachhaltigkeit und der Reduzierung von Treibhausgasen zu einer Verpflichtung kommen den Stickstoffdünger in den Boden einzuarbeiten, stehen die Landwirte vor einigen Herausforderungen. Der sich nach vorne verschiebende Ausbringzeitpunkt des Düngers, bedingt ein längeres Verbleiben des Stickstoffs ungebunden im Boden, gerade im Trockengebiet bewirken zusätzliche Spuren im Vorfeld des Zuckerrübenanbaus eine höhere Gefahr des nicht Aufgehens der Saat, wo man auf Frühjahrsniederschläge angewiesen ist.

Speziell Betrieben, welche zur Direktsaat greifen, bietet sich bei herkömmlichem Vorgehen kein Ansatz. Eine Alternative für die Einbringung des Düngers in den Boden stellt dabei ein an das „CULTAN Verfahren“ angelehntes Vorgehen dar. CULTAN bedeutet „Kontrollierte Langzeit Ammonium Ernährung“: Hierbei wird ein Flüssigdünger mittels eines Sternradinjektors in einer Tiefe von 5 - 7 cm punktuell appliziert.

In Feldversuchen in den Jahren 2022 und 2023 wurde eine herkömmliche Stickstoffdüngung in fester Form mit der Düngung mittels CULTAN-Verfahren in Stickstoffsteigerungsversuchen verglichen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass:

- Eine Stickstoffdüngung über das Ertragsoptimum hinaus nicht sinnvoll ist – ein zuviel an Stickstoff kommt ausschließliche der Blattbildung zu Gute. Unter trockenen Bedingungen spielt mehr Blatt dem Ertrag an Rübe und somit an Zucker entgegen
- Die Stickstoffdüngempfehlung nach EUF liegt auf allen Standorten am tatsächlichen Ertragsoptimum (50 – 120 kg Rein N je Hektar).
- In beiden Verfahren wird das Ertragsoptimum bei der gleichen Aufwandmenge für Stickstoff gefunden

Die Ergebnisse deuten, dass das an das „Cultan-Verfahren“ angelehnte Vorgehen sein Potential bei guter Wasserversorgung des Bodens ausspielen kann. In Tabelle 1 sind die beiden Varianten mit 80 kg N/ha bzw. 120 kg N/ha bei flüssiger Applikation mit den jeweiligen Varianten der herkömmlichen Düngung hinsichtlich des Zuckerertrages verglichen. Es zeigt sich, dass bei guter Wasserversorgung am Standort D die alternative Variante in beiden N-Stufen gegenüber der festen Form des Stickstoffangebots im Vorteil ist. Es kann dies als Hinweis auf eine hier gegebene höhere N-Effizienz („gleiche N-Menge – höherer Ertrag“) sein. Eine Überprüfung der Beobachtungen an weiteren Versuchen ist zwingend und für 2024 vorgesehen.

Tabelle1: Zuckerertrag in Bezug auf die Stickstoffdüngevarianten 80 kg, 120 kg N/ha, jeweils mit und ohne Cultan-Düngung. Vergleich des Feuchtstandortes Weyer mit dem Mittel aus drei Trockenstandorten.

| Standort | Trockenstandorte | Weyer |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| Düngeempfehlung | 90 - 120 kg | 50 kg |
| Variante | Zuckerertrag [t/ha] | Zuckerertrag [t/ha] |
| 80 kg N/ha | 9,1 | 15,1 |
| 80 kg N/ha Cultan | 9,2 | 16,4 |
| 120 kg N/ha | 9,1 | 15,1 |
| 120 kg N/ha Cultan | 9,0 | 16,6 |

Die dem originären CULTAN-Verfahren zugesprochenen Depotwirkung des Stickstoffs konnte in den Versuchen nicht nachgewiesen werden. Es ist davon auszugehen, dass der gerätebedingte Abstand der Sternräder bei von 25 cm und einem Einstichabstand von 12 cm nicht ausreicht, um die für eine Depotwirkung notwendigen hohen Nährstoffkonzentrationen zu erreichen. Bodenanalysen zu verschiedenen Zeitpunkten im Laufe der Vegetationsperiode zeigten keine Unterschiede in der Stickstoffverfügbarkeit zwischen den Varianten der Düngung in fester und flüssiger Form. Zudem spricht eine massiv einsetzende Blattentwicklung in den betreffenden Varianten für eine sofortige Umsetzung des Ammoniums und die rasche Aufnahme durch die Pflanzen.

Fazit: In beiden Verfahren wird das Ertragsoptimum bei der gleichen Aufwandmenge für Stickstoff gefunden, bei guter Wasserverfügbarkeit kann allfällig eine höhere Stickstoffeffizienz erzielt werden. Düngeempfehlungen liegen nah am Ertragsoptimum, ein Mehr an Stickstoff geht überwiegend ins Blatt und bedeutet nicht mehr Ertrag an Rübe und Zucker. Eine Depotwirkung konnte durch die applizierte flüssige Stickstoffform nicht dokumentiert werden.

Adresse der Autoren

AGRANA Research & Innovation Center GmbH

Energieeffizienz der Körnermaisdüngung in einem Langzeitdüngungsversuch auf einem Hohertragsstandort in der Stmk.

Energy efficiency of maize fertilization in a long-term fertilization trial on a high-yield site in Styria

Gerhard Moitzi^{1*}, Johannes Schantl², Manfred Drexler², Walter Jansel², Andreas Lamprecht², Christoph Hödl², Helmut Wagentristsl¹

Einleitung

Die photosynthetische Energiebindung in Kulturpflanzen kann durch Managementmaßnahmen (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Düngung, Beregnung) gesteigert werden. Dafür ist technische direkte Energie in Form von Kraft- und Brennstoffen, Elektrizität und indirekte Energie für die Produktion von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln (Dünger- und Pflanzenschutzmittel, Landmaschinen) notwendig. Ein energieeffizienter Pflanzenbau zeichnet sich durch einen standortangepassten Betriebsmitteleinsatz aus.

Aus früheren Energieeffizienzanalysen bei Körnermais zeigte sich, dass die Trocknungsenergie einerseits und andererseits die Energie für die Herstellung der mineralischen N-Düngemittel die größten Energieinputkomponenten sind (MOITZI ET AL. 2015). Düngungssysteme mit Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle) sind energieeffizienter in der Pflanzenproduktion als mineralisch gedüngte Systeme. Basierend auf einen weiteren Langzeitdüngungsversuch (Beginn 2011) der Versuchsstation für Pflanzenbau der Steiermärkischen Landesregierung in Kalsdorf bei Ilz wurde erneut eine Energieeffizienzanalyse durchgeführt. Insbesondere wurde u.a. auch das Ziel verfolgt, die optimale N-Dünger- menge bei Mais anhand der berechneten Kennzahlen abzuleiten.

Material und Methoden

Der langjährige Düngungsversuch in einer Gunstlage (Kalsdorf bei Ilz im Feistritztal) auf einem mittelschweren Boden ist in einer generalisierten Gitteranlage mit 21 Versuchsvarianten mit je 4 Wiederholungen in 7 unvollständige Blöcke angelegt. Die Netto-Parzellengröße beträgt 12,6 m² (=9 m x 1,4 m). Die 21 N-Düngungsvarianten mit der Kulturführung sind auf www.versuchsreferat.com umfassend beschrieben. Die einzelnen Düngungsvarianten variieren hinsichtlich N-Menge (0 bis 240 kg N/ha), N-Düngerart (Kalkammonsalpeter, Harnstoff, Harnstoff stabilisiert, Mehrnährstoffdünger, Gülle), Düngerkombination (N-Mineraldünger, Gülle + N-Mineraldünger, Gülle) und Ausbringzeitpunkt (April, Anfang Mai-EC12, Ende Mai/Anfang Juni-EC18).

Für die Energieeffizienz-Analyse wurden Energiekennzahlen (Energieinput, Nettoenergieoutput, Energieumsetzungseffizienz, Energieintensität) berechnet. Dabei setzt sich der direkte Energieinput aus Diesel, Heizöl für die Trocknung und Strom zusammen. Energie für die Herstellung der Betriebsmittel (Saatgut, mineralische NPK-Dünger, Herbizid, Landmaschinen) zählen zu den indirekten Energieinput-Komponenten. Für die Berechnung des Energieoutputs (abgeführtes Ernteprodukt) wurde die Bruttoenergie der Maiskörner (18,95 MJ/kg TM) verwendet. Folgende Energieäquivalente wurden verwendet: Saatgut: 105 MJ/kg; Herbizid: 238 MJ/kg Aktivsubstanz, Kalkammonsalpeter-N: 39,4 MJ/kg N, Harnstoff-N: 48,5 MJ/kg N, P-Dünger: 11,1 MJ/kg P₂O₅, K-Dünger: 13,1 MJ/kg K₂O, Diesel und Heizöl: 39,6 MJ/l; Landmaschinen: 1,956 GJ/ha. Für die Trocknung der erntefeuchten Körner auf 14% Kornfeuchte in einem Durchlauf Trockner wurde ein spezifischer Heizölverbrauch von 0,11 l/kg Wasserentzug und ein Stromverbrauch von 0,03 kWh/kg Wasserentzug herangezogen (Rossrucker, 1977). Die N-Bilanz berechnet sich aus der Differenz von gedüngter N-Menge und N-Entzug durch die Körner.

Tabelle 1: **Monatsmitteltemperatur (°C), Kalsdorf** (Quelle: www.hagelversicherung.at 2024)

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2021 | 2022 | Langjähriger ø |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Jän | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 2,0 | 3,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 1,0 | 2,0 | 1,2 |
| Feb | 0,0 | -1,0 | 1,0 | 3,0 | 2,0 | 6,0 | -1,0 | 6,0 | 4,0 | 5,0 | 2,5 |
| Mrz | 6,0 | 9,0 | 4,0 | 10,0 | 7,0 | 7,0 | 4,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,6 |
| Apr | 14,0 | 12,0 | 13,0 | 13,0 | 12,0 | 13,0 | 16,0 | 13,0 | 9,0 | 10,0 | 12,5 |
| Mai | 17,0 | 17,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 19,0 | 16,0 | 14,0 | 18,0 | 16,5 |
| Jun | 20,0 | 21,0 | 20,0 | 20,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 23,0 | 23,0 | 21,0 |
| Jul | 20,0 | 22,0 | 24,0 | 22,0 | 24,0 | 23,0 | 23,0 | 22,0 | 24,0 | 24,0 | 22,8 |
| Aug | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 19,0 | 24,0 | 20,0 | 23,0 | 22,0 | 20,0 | 23,0 | 21,7 |
| Sep | 19,0 | 17,0 | 15,0 | 16,0 | 17,0 | 18,0 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 15,0 | 17,0 |
| Okt | 10,0 | 10,0 | 12,0 | 13,0 | 10,0 | 10,0 | 13,0 | 11,0 | 10,0 | 13,0 | 11,2 |
| Nov | 3,0 | 7,0 | 6,0 | 8,0 | 8,0 | 5,0 | 7,0 | 5,0 | 5,0 | 7,0 | 6,1 |
| Dez | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 0,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 1,7 |
| ø | 11,1 | 11,5 | 11,3 | 12,0 | 12,3 | 11,6 | 12,3 | 11,8 | 11,3 | 12,3 | 11,7 |

Tabelle 2: **Mittlere Monatsniederschläge (mm), Kalsdorf** (Quelle: www.hagelversicherung.at 2024)

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2021 | 2022 | Langjähriger ø |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| Jän | 13 | 5 | 53 | 37 | 41 | 25 | 32 | 3 | 28 | 13 | 25 |
| Feb | 5 | 13 | 112 | 100 | 22 | 99 | 55 | 23 | 22 | 16 | 47 |
| Mrz | 35 | 2 | 79 | 21 | 21 | 36 | 66 | 24 | 11 | 18 | 31 |
| Apr | 37 | 75 | 32 | 50 | 28 | 48 | 26 | 29 | 27 | 56 | 41 |
| Mai | 86 | 153 | 134 | 128 | 110 | 114 | 150 | 42 | 121 | 82 | 112 |
| Jun | 163 | 107 | 75 | 104 | 49 | 96 | 115 | 172 | 43 | 78 | 100 |
| Jul | 118 | 210 | 17 | 143 | 109 | 85 | 118 | 142 | 79 | 84 | 111 |
| Aug | 103 | 72 | 95 | 159 | 46 | 96 | 86 | 204 | 112 | 66 | 104 |
| Sep | 48 | 113 | 101 | 95 | 83 | 16 | 69 | 86 | 29 | 75 | 72 |
| Okt | 76 | 123 | 34 | 55 | 146 | 87 | 23 | 92 | 21 | 13 | 67 |
| Nov | 0 | 70 | 124 | 50 | 5 | 70 | 49 | 16 | 66 | 57 | 51 |
| Dez | 23 | 18 | 17 | 43 | 2 | 3 | 10 | 74 | 56 | 33 | 28 |
| Σ | 710 | 962 | 872 | 983 | 662 | 774 | 798 | 906 | 615 | 591 | 787 |

Für die statistische Auswertung wurde IBM® SPSS® Statistics 24 verwendet. Zwei Forschungsfragen wurden geprüft. A: Welchen Effekt hat das Versuchsjahr und die mineralische N-Düngungsvariante bei einem N-Düngeniveau von 180 kg N/ha auf den Kornertrag, die N-Bilanz und die Energieeffizienz-Kennzahlen? Dies wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse und anschließendem Gruppenvergleichstest nach Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$) getestet.

B: Gibt es ein „optimales“ Niveau der zugeführten N-Düngermenge? Dabei wurde für jeden jährlichen Beobachtungsdatensatz eine Kurvenanpassung durchgeführt. Danach wurde für die bestimmten quadratischen Funktionen die erste Ableitung ermittelt und nach Nullsetzung aufgelöst.

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzenbauliche Produktionssysteme können durch unterschiedliche Energieeffizienz-Kennzahlen beschrieben werden und haben eine unterschiedliche Aussagekraft. Der direkte Energieinput, indirekte Energieinput und gesamte Energieinput gibt die flächenbezogene Energieintensität aus, ohne Berücksichtigung der photosynthetisch gebundenen Biomasse (=Ernteprodukt). Durch den Ernteproduktbezug wird die flächenbezogene Energieintensität zur produktbezogenen Energieintensität (EI). Die energetische Berücksichtigung des Biomasseertrages in den Kennwerten Netto-Energieoutput (NEO) und Energienutzungseffizienz (EUE=Energieoutput/Energieinput-Verhältnis) gibt Auskunft über den Effekt der Energieinput-Änderung. Die Kurvenverläufe von NEO und EUE sind im Ertragsgesetz des abnehmenden Ertragszuwachses nach MITSCHERLICH (1948) begründet.

Trocknungsenergie - ein wesentlicher Energieinput

Der mittlere Kornfeuchte bei der Ernte über alle Jahre und Versuchsvarianten betrug 27,3% bei einer Variation von max. 39,8% und min. 18,1%. Der Wasserentzug auf 14% Kornfeuchte bedarf technischer Trocknungsenergie. Der mittlere Wasserentzug bei der Körnermaistrocknung betrug 2500 kg/ha bei einer Spannweite von max. 4376 kg/ha und min. 469 kg/ha. Der Heizölbedarf in einem Durchlauftrockner für die Trocknung auf eine Kornfeuchte von 14% steigt linear mit der Erntefeuchte (Abbildung 1). Für

die Trocknung von durchschnittlich 16215 kg Nassmais/ha mit einer mittleren Feuchte von 27,3% auf 14% ist eine Heizölmenge von 275 l/ha notwendig.

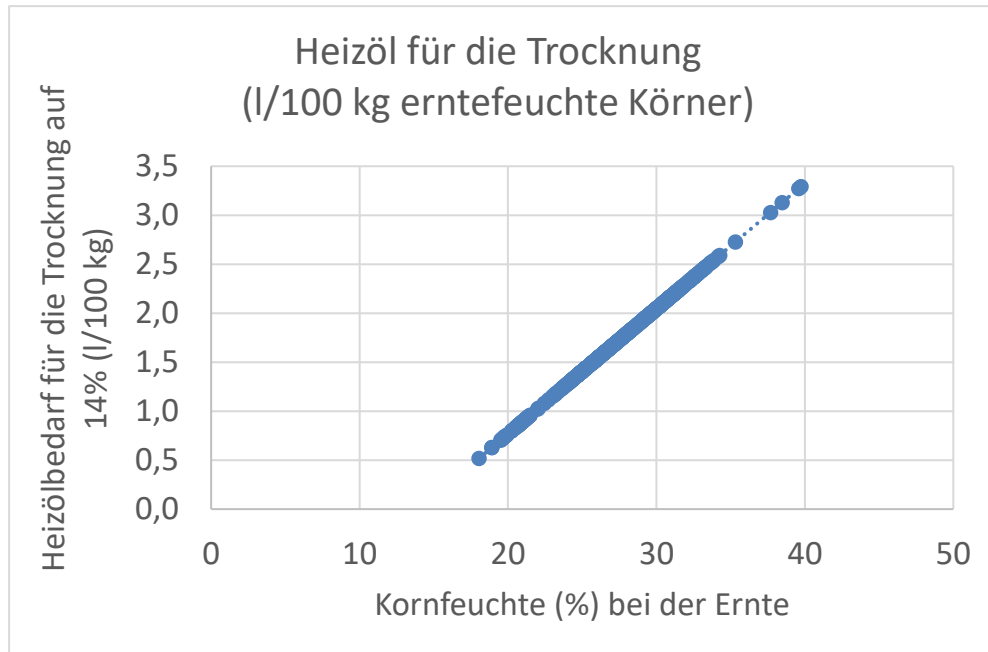


Abbildung 1: Mittlerer Heizölbedarf bei der Maistrocknung auf 14% in einem Durchlauftrockner

Im Mittelwert (n=280) der 10 Versuchsjahre konnten bei allen mineralischen N-Düngungsvarianten von 180 kg N/ha ein Kornertrag von 14814 kg/ha bei einer N-Bilanz von 24,6 kg N/ha erreicht werden. Der mittlere Gesamt-Energieinput von 30,7 GJ/ha teilt sich wie folgt auf: 17,1 GJ/ha für direkt (=55%) und 13,6 GJ/ha für indirekt (45%). Der mittlere Gesamt-Energieinput setzt sich wie folgt zusammen: 12,4 GJ/ha für die Trocknung (Heizöl und Strom) = 40%, 4,7 GJ/ha für den Dieselkraftstoff = 16%, 6,5 GJ/ha für die mineralische N-Düngung = 21%; 1,8 GJ/ha für die mineralische PK-Düngung = 6%, 0,3 GJ/ha für Herbizid = 1%; 3,0 GJ/ha für das Saatgut = 10%, 2,0 GJ/ha für Landmaschinen = 6%.

Effekt der mineralischen 180 kg N/ha Düngungsvarianten und Güllevarianten

Die zweifache Varianzanalyse zeigte signifikanten Effekt von N-Düngungsvariante und Jahr auf den Kornertrag (Tabelle 3). Es gab keine signifikanten N-Düngungsvariante x Jahr Interaktion.

Der N-Düngungseffekt zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den mineralischen Düngungsvarianten mit 180 kg N/ha. Der Kornertrag der Gülledüngung war signifikant geringer als bei den mineralischen N-Varianten. Die N-Bilanzen lagen bei den mineralischen N-Düngungsvarianten zwischen 21 und 29 kg N/ha und waren signifikant geringer als in der Güllevariante.

Die Energiekennzahlen NEO, EUE und EI zeigen, dass sich die mineralischen N-Düngungsvarianten nicht statistisch unterscheiden. Die Güllevariante ist signifikant energieeffizienter als die mineralischen N-Düngungsvarianten, wobei der Kornertrag geringer und die N-Bilanz (69,1 kg N/ha) höher war. Durch die 2-malige Applikation der Gülle (vor Anbau und Ende Mai mit Schleppschlauch) wurden der Kornertrag und die Energieeffizienz signifikant verbessert. Auch die N-Bilanz verringerte sich auf 47,7 N/ha. Von den mineralischen 180 kg N-Düngungsvarianten zeigte die 2-fach gesplittete KAS-Variante (90 Anbau und 90 Beginn Mai) die höhere Energieeffizienz, wobei die Unterschiede zu den anderen mineralischen Varianten nur gering waren.

Der Jahreseffekt war deutlich (Tabelle 3), wobei das Jahr 2018 hervorzuheben ist. Durch die optimalen meteorologischen Witterungsbedingungen in den Monaten Mai, Juni und Juli 2018 mit 19 °C bis 23 °C Monatsmitteltemperatur und 115 bis 150 mm Monatsniederschlag (Tabelle 1 und 2) wurde der Körnermais sehr energieeffizient produziert. Auch die Vorfrucht (2017 Körnerhirse) könnte sich positiv ausgewirkt haben.

Tabelle 3: Körnermaisertrag, N-Bilanz und Energiekennzahlen bei einer Gesamt N-Düngermenge von 180 kg N/ha (10 Jahre; 2011-2016, 2018, 2020-2022), n=40.

| | Düngungsvariante (D) N-Dünger ¹⁾ , Applikationszeit | Korntrag ²⁾ (kg/ha) | N-Bilanz (kg/ha) | Energieinput (GJ/ha) | | Σ Energieinput (GJ/ha) | NEO (GJ/ha) | EUE | EI (MJ/kg) |
|----|---|-----------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | | | | Direkt | Indirekt | | | | |
| 1 | Kontrolle (N0) | 6274 ^{ab3)} | -57,1 ^a | 11,1 ^a | 6,9 ^c | 18,0 ^a | 84,2 ^a | 5,6 ^a | 3,08 ^f |
| 5 | KAS 180 Saat | 14514 ^d | 25,4 ^{bc} | 17,3 ^d | 12,7 ^d | 30,0 ^c | 210,5 ^d | 8,1 ^{cd} | 2,06 ^{cd} |
| 6 | KAS 90 Saat + 90 Beginn Mai | 14926 ^d | 25,1 ^{bc} | 16,8 ^{cd} | 12,7 ^d | 29,5 ^c | 213,7 ^d | 8,3 ^d | 2,00 ^c |
| 7 | KAS 180 Beginn Mai | 14514 ^d | 29,4 ^c | 17,3 ^d | 12,7 ^d | 30,0 ^c | 206,7 ^d | 8,1 ^{cd} | 2,09 ^{cd} |
| 11 | 90 MNS Saat + 90 KAS Ende Mai | 15007 ^d | 22,9 ^{bc} | 16,4 ^c | 13,8 ^e | 30,2 ^c | 214,4 ^d | 8,2 ^{cd} | 2,04 ^{cd} |
| 12 | UREA stabilisiert, 180 Saat | 15025 ^d | 22,2 ^{bc} | 17,3 ^d | 14,4 ^f | 31,7 ^d | 213,2 ^d | 7,8 ^b | 2,14 ^{de} |
| 13 | UREA 90 Saat + 90 KAS Ende Mai | 14739 ^d | 25,9 ^{bc} | 17,5 ^d | 14,4 ^f | 31,9 ^d | 208,3 ^d | 7,6 ^b | 2,20 ^e |
| 14 | UREA 180 Saat | 14731 ^d | 21,2 ^b | 17,5 ^d | 14,4 ^f | 31,9 ^d | 208,2 ^d | 7,6 ^b | 2,20 ^e |
| 19 | Gülle vor Anbau | 11803 ^b | 69,1 ^e | 15,3 ^b | 5,3 ^a | 20,6 ^b | 171,8 ^b | 9,5 ^e | 1,81 ^b |
| 16 | Gülle vor Anbau + Ende Mai | 12622 ^c | 47,7 ^d | 15,5 ^b | 5,5 ^b | 20,9 ^b | 184,8 ^c | 10,0 ^f | 1,71 ^a |
| | Jahr (J) | | | | | | | | |
| | 2011 | 15404 ^e | -6,6 ^d | 19,0 ^f | 12,2 | 31,2 ^f | 220,0 ^f | 8,1 ^e | 2,0 ^c |
| | 2012 | 15178 ^e | 5,1 ^b | 16,9 ^{cd} | 11,9 | 28,8 ^{de} | 218,5 ^f | 8,6 ^f | 1,9 ^b |
| | 2013 | 10564 ^a | 57,6 ^g | 17,4 ^d | 11,7 | 29,1 ^e | 143,0 ^a | 5,8 ^a | 2,9 ^g |
| | 2014 | 12805 ^c | 31,6 ^{ef} | 15,3 ^c | 11,8 | 27,1 ^c | 181,5 ^c | 7,7 ^c | 2,2 ^c |
| | 2015 | 12560 ^{bc} | 35,1 ^f | 12,6 ^b | 11,9 | 24,5 ^b | 180,1 ^c | 8,2 ^e | 2,1 ^c |
| | 2016 | 13569 ^d | 25,9 ^{de} | 15,4 ^c | 11,9 | 27,3 ^c | 193,8 ^d | 8,0 ^e | 2,1 ^c |
| | 2018 | 15200 ^e | 11,1 ^b | 11,3 ^a | 11,9 | 23,2 ^a | 224,4 ^f | 10,6 ^g | 1,6 ^a |
| | 2020 | 14777 ^c | 4,9 ^b | 20,7 ^g | 11,8 | 32,6 ^g | 208,2 ^e | 7,4 ^c | 2,2 ^c |
| | 2021 | 13223 ^{cd} | 18,7 ^c | 17,4 ^d | 11,8 | 29,2 ^e | 186,2 ^{cd} | 7,3 ^c | 2,3 ^c |
| | 2022 | 12030 ^b | 21,2 ^{cd} | 16,4 ^c | 11,8 | 28,2 ^d | 167,4 ^b | 6,9 ^b | 2,4 ^f |
| | ANOVA | | | | | | | | |
| | D | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| | J | *** | *** | *** | ns | *** | *** | *** | *** |
| | D x J | ns | *** | *** | ns | *** | ns | *** | *** |

¹⁾ KAS=Kalkammonsalpeter (27 % N), MNS=Mehrnährstoffdünger (25% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O), UREA=Harnstoff (46% N); ²⁾ Korntrag, gereinigt, 14% Kornfeuchte; ³⁾ signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls, p < 0.05) zwischen den Düngevarianten sind durch Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Berechnetes N-Optimum

Auf Basis aller mineralischen N-Düngungsvarianten und Kontrolle wurden über die 10 Jahre quadratische Funktionen für die N-Bilanz (Abbildung 1), Energienutzungseffizienz EUE (Abbildung 2) und Energieintensität EI (Abbildung 3) bestimmt.

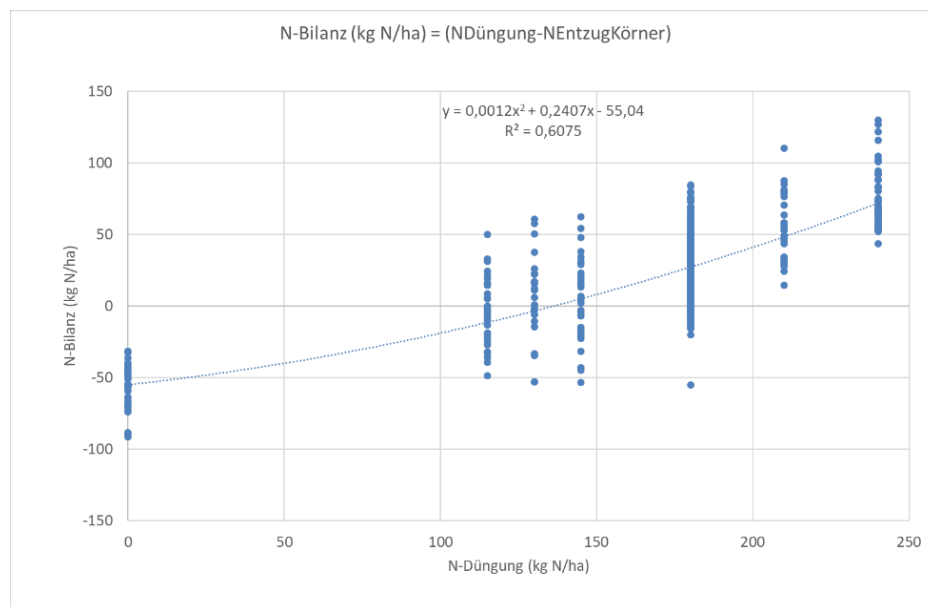


Abbildung 1: N-Bilanz (NDüngung-NEntzugKörner); mineralische N-Varianten, 10 Jahre; Kalsdorf

Die Auflösung der quadratischen Gleichung für die N-Bilanz (=NDüngung-NEntzugKörner) zeigt, dass bei einer N-Düngung von 139 kg N/ha eine theoretische N-Bilanz=0 realisierbar ist.

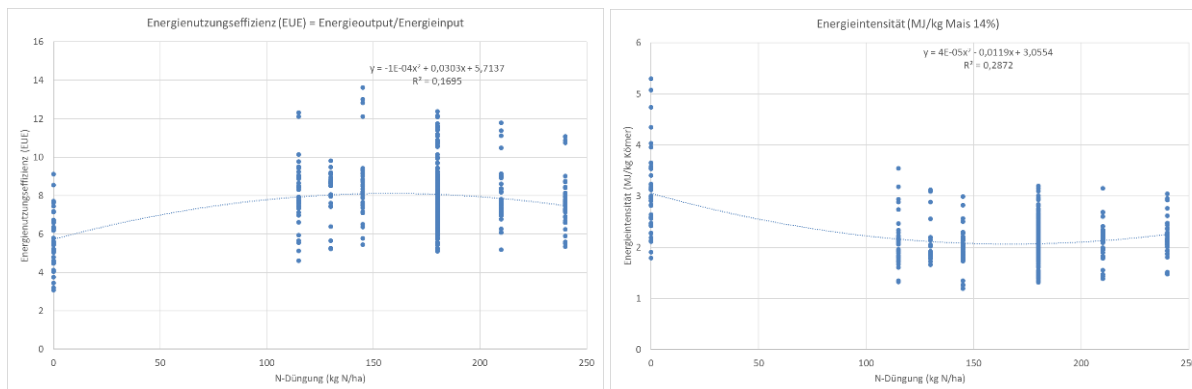


Abbildung 2 (links): **Energienutzungseffizienz (EUE), mineralische N-Varianten, 10 Jahre**
 Abbildung 3 (rechts): **Energieintensität, mineralische N-Varianten, 10 Jahre**

Das berechnete N-Optimum variiert zwischen den einzelnen Jahren beträchtlich (Tabelle 4). Der auf den biologischen Ertragsfunktionen basierende Kornertrag und NEO ergibt ein N-Optimum jenseits der Obergrenze von 210 kg N/ha in der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung – NAPV 2022. Die höchste Energieeffizienz hinsichtlich der Energieeffizienz-Parameter EUE, EI und EP erreicht man bei einer N-Düngung von knapp 160 kg N/ha.

Tabelle 4: **Berechnetes N-Optimum (kg N/ha) für Kornertrag und Energiekennzahlen**

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2021 | 2022 | Mean |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Kornertrag (kg/ha) | 210 | 323 | 519 | 245 | 270 | 356 | 270 | 210 | 577 | 316 | 330 |
| (R ²) | 0,59 | 0,61 | 0,44 | 0,61 | 0,74 | 0,42 | 0,51 | 0,72 | 0,64 | 0,64 | |
| NEO¹⁾ (GJ/ha) | 198 | 285 | 417 | 232 | 253 | 311 | 256 | 198 | 459 | 270 | 288 |
| R ² | 0,62 | 0,63 | 0,45 | 0,61 | 0,75 | 0,43 | 0,52 | 0,73 | 0,66 | 0,67 | |
| EUE²⁾ | 128 | 139 | 189 | 156 | 162 | 167 | 156 | 132 | 174 | 142 | 155 |
| (R ²) | 0,28 | 0,22 | 0,51 | 0,32 | 0,43 | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,42 | 0,56 | |
| EI³⁾ (MJ/kg Körner) | 128 | 136 | 185 | 162 | 166 | 172 | 168 | 139 | 186 | 149 | 159 |
| (R ²) | 0,38 | 0,29 | 0,75 | 0,51 | 0,68 | 0,59 | 0,43 | 0,28 | 0,58 | 0,49 | |
| EP⁴⁾ (kg Körner/MJ) | 143 | 143 | 183 | 147 | 158 | 178 | 163 | 138 | 184 | 147 | 159 |
| (R ²) | 0,29 | 0,22 | 0,50 | 0,33 | 0,44 | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,42 | 0,32 | |

¹⁾ NEO=Nettoenergieoutput = Energieoutput - Energieinput; ²⁾ EUE=Energienutzungseffizienz=Energieoutput/Energieinput; ³⁾ EI=Energieintensität=Energieinput/kg Körner; ⁴⁾ EP=Energieproduktivität = kg Körner/Energieinput

Zusammenfassung:

Auf einen Hohertragsstandort in der Stmk. wurden in einem Langzeit-N-Düngungsversuch der Körnermaisertrag, die N-Bilanz und die Energieeffizienz untersucht. Basierend auf den 10-jährigen Ergebnissen zeigte sich, dass die untersuchten mineralischen N-Düngungsvarianten bei 180 kg N/ha keine wesentlichen Unterschiede im Kornertrag und Energieeffizienz aufweisen. Die Gülledüngung – insbesondere die 2-fach gesplittete Form zeigte gute Kornerträge bei sehr hoher Energieeffizienz. Eine ausgeglichene N-Bilanz wurde bei einer N-Düngung von 139 kg/ha ermittelt. Die „optimale“ N-Düngermenge mit der höchsten Energieeffizienz wurde bei knapp 160 kg N/ha ermittelt.

Literatur:

- MOITZI, G., THÜNAUER, G., ROBIER, J. & GRONAUER, A. (2015): Energieeinsatz und Energieeffizienz der Körnermaisproduktion bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung in der Südsteiermark. Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment 66 (1-2), 25-37.
 ROSSRUCKER, H. (1977): Die Kosten der Trocknung von Körnermais – ihre Berechnung und Problematik. Landtechnische Schriftenreihe Heft 33, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik (ÖKL), Wien.
 VERSUCHSSTATION PFLANZENBAU HATZENDORF. www.versuchsreferat.com

Adressen der Autoren

¹⁾ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

²⁾ Amt der Steiermärkischen Landesregierung Abt. 10/Referat 7 – Landwirtschaftliches Schulwesen - Versuchsstation für Pflanzenbau, A-8361 Hatzendorf 110.

* Ansprechpartner: Dr. Gerhard MOITZI, gerhard.moitzi@boku.ac.at

Herbstaussaat von Sommergerste - Chancen und Risiken

Autumn sown spring barley - opportunities and risks

Marlene Gepp^{1*}, Clemens Flamm^{1*} und Wolfgang Deix²

Einleitung

Die Herbstaussaat von Sommerbraugerste wird seit einigen Jahren praktiziert und gewinnt in Österreich immer mehr an Bedeutung. Im Jahr 2023 wurden etwa 3.550 ha als „Sommergerste (Herbstanbau)“ im Mehrfachantrag gemeldet (AMA 2024). Durch den verschobenen Anbauzeitpunkt kann die Winterfeuchte, die aufgrund der oft ausbleibenden Niederschläge im Frühjahr immer wichtiger wird, besser ausgenutzt werden und die Ertragssicherheit soll so im Vergleich zum Frühjahrsanbau gegeben sein. Weiters ist der Anbau von Sommerbraugerste aufgrund der höheren Preise im Vergleich zur Winterbraugerste ansprechend. 2023 wurde für braufähige Sommerbraugerstenware 288€/t exkl. Ust ausbezahlt und damit um rund 20€/t mehr als bei braufähiger Winterbraugerste (WEINHAPPEL 2023). In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob die Aussaat von Sommerbraugerste im Herbst tatsächlich Vorteile für Landwirte und Landwirtinnen in Österreich bringt.

Material und Methoden

Versuche und Versuchsanlage: In 15 konventionell bewirtschafteten Sommergerstenversuchen (2020-2024) wurden Sommerbraugersten im Herbst zwischen 7. Oktober und 10. November nach den Vorfrüchten Sommergerste, Winterweizen, Sommererbse, Körnermais, Kartoffel, Sommerackerbohne, Sojabohne, Winterroggen bzw. Sommerdurum angebaut. Die Sortenversuche wurden im Pannonikum an den Standorten Mistelbach (Bezirk Mistelbach), Großnondorf (Bezirk Hollabrunn) und Fuchsenbigl (Bezirk Gänserndorf) in Form eines Zwei- bzw. Dreisatzgitters mit drei bzw. vier Wiederholungen durchgeführt. Die Parzellen waren zwischen 10,0 und 13,0 m² groß. Die Versuche umfassten 12 bzw. 16 Versuchsobjekte.

Zusätzlich wurden Saatzeitversuche mit gestaffeltem Anbau im Herbst (früh, mittel, spät und sehr spät) von 2021-2024 in Großnondorf durchgeführt.

Sorten: Neben anderen zugelassenen Sorten und Prüfkandidaten waren die Sommerbraugersten Leandra und Avus, seit 2021 Skyway und Amidala, sowie die Wintergerbraugersten KWS Donau und Monroe Versuchsobjekte.

Bonituren: Am Feld wurden mehrere optische Bonituren durchgeführt. Dabei wurden Noten von 1 (keine Symptome, kein Lager) bis 9 (sehr starke Symptome, sehr starkes Lager) vergeben. Neben agronomischen Eigenschaften wie der Reifezeit, Lagerneigung und Wuchshöhe wurde der Krankheitsbefall (Rhynchosporium-Blattfleckenkrankheit, Netzflecken, Mehltau) zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben. 2024 wurden zusätzlich Auswinterungsschäden bei den Sommerbraugersten SY Solar, LG Andante und Edelmira sowie von der Winterbraugerste Sonja erhoben.

Statistik: Für die Bewertung der ertraglichen Unterschiede zwischen den Sorten wurden multivariate Varianzanalysen mit dem Tukey Post-Hoc-Test mit der Statistik-Software RStudio 4.1.1 durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Ertrag und Agronomische Eigenschaften:

Wie in Abbildung 1 dargestellt, lagen die Sommerbraugersten Skyway und Leandra ertraglich vorne, gefolgt von Amidala und der Winterbraugerste Monroe. KWS Donau und Avus waren leicht abgeschlagen. Eine statistische Absicherung dieser Ertragsunterschiede war jedoch nicht möglich.

Der Vergleich der agronomischen Eigenschaften der Versuchsobjekte ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Winterbraugersten lieferten deutlich bessere Sortierungen (>90,0 dt/ha Vollgerstenertrag) als die Sommerbraugersten im Herbstanbau (80,4 - 86,7 dt/ha Vollgerstenertrag). Auffällig war außerdem der deutlich niedrigere Rohproteingehalt der Sommerbraugersten Herbstanbau im Vergleich zu den Winterbraugersten.

Weder beim Datum Ährenschieben noch beim Zeitpunkt der Gelbreife gab es deutliche Unterschiede zwischen Sommer- und Winterbraugerste.

Die Winterbraugersten zeigten längere Wuchshöhen und daher auch eine tendenziell höhere Lagerneigung.

Markante Unterschiede gab es beim Krankheitsbefall. Von Netzflecken waren sowohl die Winterbraugersten als auch die Sommerbraugerste Leandra kaum betroffen. Skyway, Amidala und Avus zeigten deutliche Symptome. Die Sommerbraugersten profitierten von ihrer genetischen Resistenz gegenüber Mehltau. Von Rhynchosporium-Blattflecken hingegen waren die Sommerbraugersten deutlich stärker befallen. Hier waren Sortenunterschiede zu erkennen. Während Leandra keine Symptome aufwies, waren Skyway, Amidala und Avus stärker befallen.

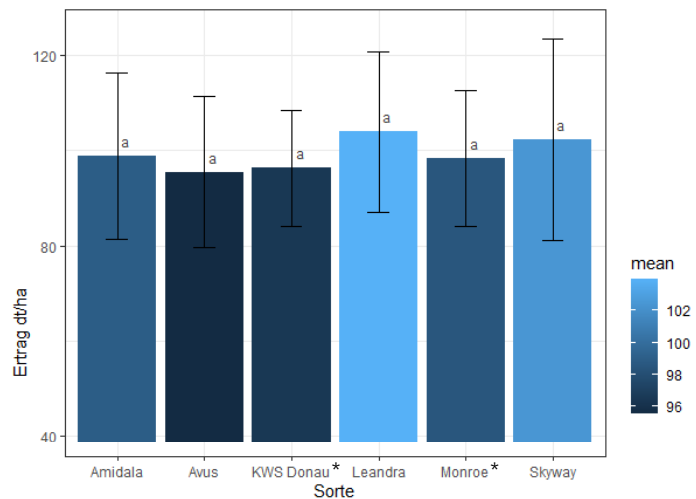


Abbildung 5: Ertragsvergleich Winter- und Sommerbraugerste Herbstanbau: Die ertraglichen Unterschiede sind statistisch nicht absicherbar. (N= 12 bzw. 9 Versuche von 2020-2023. *=Winterbraugerste)

Tabelle 3: Winter- und Sommerbraugerste im Herbstanbau: Vergleich der adjustierten Mittelwerte der Sorten bei Datum Ährenschieben, Gelbreife, Wuchshöhe, Lagerung, Krankheiten und Qualitäten, 12 Versuche 2020-2023

| Sorte | S25Q | RPRT | DTAE | DTGR | WHOE | LAGR | NEFL | MEHL | MARS | N |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| Sommerbraugersten | | | | | | | | | | |
| Leandra | 86,7 | 10,8 | 516 | 622 | 74 | 3,2 | 1,8 | 1,0 | 1,0 | 12 |
| Skyway | 85,3 | 10,2 | 516 | 623 | 77 | 2,7 | 3,1 | 1,1 | 2,5 | 9 |
| Amidala | 81,2 | 10,5 | 514 | 623 | 69 | 2,1 | 3,9 | 1,1 | 2,8 | 9 |
| Avus | 80,4 | 10,3 | 515 | 623 | 76 | 2,4 | 3,4 | 1,0 | 3,0 | 12 |
| Winterbraugersten | | | | | | | | | | |
| Monroe | 92,2 | 12,3 | 516 | 623 | 91 | 3,5 | 1,3 | 3,9 | 1,0 | 12 |
| KWS Donau | 92,2 | 12,1 | 515 | 622 | 86 | 4,1 | 1,4 | 3,0 | 1,0 | 12 |

S25Q = Vollgerstenertrag in dt/ha, RPRT = Rohproteingehalt in %

DTAE = Datum Ährenschieben (MMTT), DTGR = Datum Gelbreife (MMTT), WHOE = Wuchshöhe (cm),

LAGR = Lagerung (Bon. 1-9), NEFL = Netzflecken (Bon. 1-9), MEHL = Mehltau (Bon.1-9),

MARS = Rhynchosporium-Blattflecken (Bon. 1-9)

Ein im Jahr 2023 durchgeführter Saatzeitversuch am Versuchsstandort Großnondorf (Tabelle 2) zeigte, dass sich das Auftreten von Rhynchosporium-Blattflecken bei den im Herbst gesäten Sommerbraugersten Avus und Amidala bei späterem Anbau verringert.

Tabelle 4: Veränderung der Anfälligkeit der Winterbraugerste KWS Donau sowie der Sommerbraugersten Avus und Amidala für Rhynchosporium-Blattflecken (Bon. 1-9) bei unterschiedlichen Saatzeiten (N =1)

| Aussaat | KWS Donau | Avus | Amidala | \bar{x} |
|------------|-----------|------|---------|-----------|
| | MARS | MARS | MARS | MARS |
| 05.10.2022 | 1,0 | 2,3 | 1,7 | 2,0 |
| 11.10.2022 | 1,0 | 2,0 | 1,7 | 1,8 |
| 27.10.2022 | 1,0 | 1,7 | 1,3 | 1,5 |
| 14.11.2022 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

MARS = Rhynchosporium-Blattflecken (Bon. 1-9)

Wie in Tabelle 3 dargestellt, ist die Gefahr der Auswinterung beim Herbstanbau von Sommerbraugerste gegeben. Im Frühjahr 2024 war eine differenzierte Anfälligkeit, besonders zur ersten Bonitur, feststellbar. Während die Winterbraugersten durchgehend keine bzw. nur sehr leichte Winterschäden aufwiesen, wurden besonders SY Solar gefolgt von LG Andante und Avus stark geschädigt. Amidala, Skyway, Edelmira und Leandra waren etwas widerstandsfähiger. Zur zweiten Bonitur hatten sich die Auswinterungsschäden jedoch bereits etwas ausgewachsen. Dennoch hätte der Bestand von SY Solar auf einer Praxisfläche umgebrochen werden müssen. Der Anbau dieser Sorte ist lokal sehr beschränkt und daher von geringerer Bedeutung. Leandra verkraftete, abgesehen von den Winterbraugersten, die tiefen Temperaturen am besten.

Tabelle 5: Winterschäden 2024 in Fuchsenbigl, Großnondorf und Mistelbach: Vergleich Winter- und Sommerbraugerste im Herbstanbau (N = 6)

| Sorte | Fuchsenbigl | | Großnondorf | | Mistelbach | | \bar{x} | σ^2 | \bar{x} | σ^2 |
|--------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| | 24.01.2024 | 28.02.2024 | 24.01.2024 | 21.02.2024 | 23.01.2024 | 13.02.2024 | 1. + 2. Bonitur | 1. + 2. Bonitur | 2. Bonitur | 2. Bonitur |
| Sommerbraugersten | | | | | | | | | | |
| SY Solar | 8,0 | 8,3 | 7,0 | 5,0 | 8,0 | 7,0 | 7,2 | 1,48 | 6,8 | 2,76 |
| LG Andante | 8,0 | 6,3 | 6,0 | 4,7 | 7,0 | 4,0 | 6,0 | 2,16 | 5,0 | 1,39 |
| Avus | 8,0 | 5,5 | 6,0 | 4,0 | 7,0 | 3,3 | 5,6 | 3,15 | 4,3 | 1,26 |
| Amidala | 7,5 | 3,8 | 5,7 | 3,0 | 7,3 | 3,0 | 5,0 | 4,29 | 3,3 | 0,21 |
| Skyway | 7,3 | 4,3 | 4,7 | 3,7 | 6,7 | 3,0 | 4,9 | 2,89 | 3,7 | 0,42 |
| Edelmira | 6,8 | 4,5 | 5,3 | 2,7 | 6,7 | 3,3 | 4,9 | 2,91 | 3,5 | 0,84 |
| Leandra | 6,8 | 2,5 | 5,3 | 3,3 | 7,0 | 2,7 | 4,6 | 4,16 | 2,8 | 0,17 |
| Winterbraugersten | | | | | | | | | | |
| Monroe | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 1,3 | 0,15 | 1,1 | 0,03 |
| Sonja | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,16 | 1,1 | 0,03 |
| KWS Donau | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,16 | 1,1 | 0,03 |

ASW = Winterschäden (Bon. 1-9)

Zusammenfassung

In den Jahren 2020-2024 wurden konventionell geführte Versuche zur Eignung von Sommerbraugerste für den Herbstanbau im Vergleich zu Winterbraugersten angelegt. Die Ertragsunterschiede zwischen Sommer- und Winterbraugerste konnten statistisch nicht abgesichert werden.

Der Vollgerstenertrag sowie der Rohproteingehalt der Winterbraugersten war höher. Der niedrigere Rohproteingehalt der Sommerbraugersten kann jedoch wegen der Vorgaben für die Braufähigkeit des Ernteguts (max. 12 % Protein) auch Vorteile mit sich bringen.

Die Sommerbraugersten zeigten aufgrund ihrer genetischen Resistenz auch beim verschobenen Saatzeitpunkt, im Gegensatz zu den Winterbraugersten, keinen Mehлтаubefall. Die Infektion mit *Rhynchosporium*-Blattflecken war bei Avus, Skyway und Amidala im Herbstanbau deutlich. Um den Krankheitsdruck zu minimieren, und damit die Qualität des Ernteguts abzusichern, sollte die Aussaat später im Herbst, etwa ab dem 26. Oktober, erfolgen. Der Anbau nach späträumenden Kulturen wie Zuckerrübe ist daher prinzipiell möglich. Sommergersten stellen jedoch höhere Ansprüche an das Saatbeet und die Aussaat. Der Anbau bei zu feuchten Bedingungen ist wenig erfolgsversprechend.

Die Winterhärte der Sommerbraugersten ist niedriger als die der Winterbraugersten. Besonders bei Kahlfrösten, wie sie im Frühjahr 2024 auftraten, besteht die Gefahr der Auswinterung. Die Sorte SY Solar war besonders anfällig. Leandra hatte weniger Probleme mit den tiefen Temperaturen.

Zusammenfassend kann der Anbau von Sommerbraugerste im Herbst bei vergleichbaren Ertragsleistungen und aufgrund des derzeit höheren Preisniveaus für Sommerbraugerste vorteilhaft sein. Die genetische Resistenz gegenüber Mehltau ist ebenso positiv. Dennoch muss im Einzelfall abgewogen werden, ob der Anbau Sommerbraugerste im Herbst Sinn macht. Der Anbautermin muss an die Gefahr einer *Rhynchosporium*-Infektion angepasst werden können, ohne dabei bei mangelhaften Bedingungen zu säen. Auch in exponierten Lagen, auf denen die Gefahr von starken Kahlfrösten besteht, kann es bei der Herbstaussaat von Sommerbraugerste zu Verlusten kommen.

Abstract

In the years 2020-2024, conventionally conducted trials were carried out on the suitability of spring brewing barley compared to winter brewing barley for autumn cultivation. The yield differences between spring and winter brewing barley could not be statistically confirmed.

Due to their genetic resistance, the spring brewing barley did not show any powdery mildew infestation, in contrast to the winter brewing barley. There were symptoms of a *Rhynchosporium* infection at Avus, Skyway and Amidala in autumn cultivation. In order to minimise the disease pressure sowing should take place late in autumn (after 26. October). However, spring barley has higher demands on the seedbed.

The winter hardiness of spring brewing barley is lower than that of winter brewing barley. Especially in the case of frosts, such as those that occurred in spring 2024, the summer brewing barley can be damaged. SY Solar couldn't handle the cold temperatures well, Leandra had fewer problems.

In summary, the cultivation of spring brewing barley in autumn can be advantageous for producers due to the higher prices for spring brewing barley, comparable yields to those of winter brewing barley and the resistance to powdery mildew. Nevertheless, it must be possible to adapt the cultivation date to the risk of *Rhynchosporium* infection, without sowing in poor conditions. If there is a risk of very cold temperatures winter brewing barley should be preferred.

Literatur

AGES (Hrsg.) (2024): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2024, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien.

WEINHAPPEL M (2023): Braugerstenpreise der Ernte 2023 - Saatbau Erntegut. Pflanzenbau Aktuell 35/23, 2.

AMA (2024): „AMA Flächenauswertungstool“: <https://flaechenauswertung.services.ama.at>, Agrarmarkt Austria, abgerufen am 28.03.2024

Adressen der Autoren

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

² Land Niederösterreich, Abteilung K4 Schulen, LFS Pyhra, Kyrnbergstraße 4, A-3143 Pyhra

* Ansprechpartner: DI Marlene GEPP, marlene.gepp@ages.at

Winterweizen am Feld und im Labor: Sortenmischungen und Organisch Heterogenes Material (OHM) im Vergleich zur Reinsaat

Winter wheat in the field and in quality analysis: variety mixtures and organic heterogeneous material (OHM) compared to pure stands

Clemens Flamm^{1*}, Silvan Strebel² und Margot Visse-Mansiaux²

Einleitung

Nach AUFHAMMER (1999) verfolgt der Anbau von Mischbeständen u.a. folgende Ziele: Bessere Nutzung von Wachstumsfaktoren, Abwehr biotischer Konkurrenten und Schaderregern, Kompensation abiotischer und biotischer Schadeffekte, Reduktion der Lagerneigung, Beitrag zur Nährstoffversorgung, Sicherung der Erträge. Ähnliche Funktionen kann auch Organisch Heterogenes Material (OHM) erfüllen. Seit Jänner 2022 besteht die Möglichkeit des Vertriebs und Anbaus von OHM nach einer amtlichen Notifizierung (*). Diese wird in Österreich durch das Bundesamt für Ernährungssicherheit durchgeführt. Im INVITE-Projekt wurden Winterweizenmischungen mit Reinsorten und OHM verglichen. Die Ergebnisse der österreichischen Versuche sollen hier dargestellt werden.

Material und Methoden

Versuche: An den Standorten Großnondorf (Bez. Hollabrunn, NÖ) und Grabenegg (Bez. Melk, NÖ) wurden 2021-2022 jeweils konventionell und biologisch geführte Versuche ausgerichtet.

Versuchsanlage: Die einfaktoriellen Sortenprüfungen waren als Dreisatzgitter (dreifach wiederholt) mit einer Parzellenfläche von 10,0 m² angelegt. Der Anbau erfolgte zwischen 11. Oktober und 13. November nach den Vorfrüchten Ölkürbis, Rotklee, Soja bzw. Westerwoldischem Raygras. Die Düngung der konventionellen Versuche variierte zwischen 121-134 kg N/ha. Die Bioversuche erhielten Biogasgülle bzw. Rinderstallmist. Auftretende Krankheiten wurden nicht bekämpft und es wurde kein Wachstumsregler eingesetzt.

Material: Die Weizensorten (Zulassungsland in Klammer; EUROPEAN COMMISSION 2024) 'Aurelius' (AT, HU, SK) und 'Bernstein' (AT, CZ, DE, LU, NO), 'Baretta' (CH) und 'Montalbano' (CH) sowie 'Pizza' (CH) und 'Wiwa' (CH, CZ) wurden jeweils reinsortig und als Mischung 1:1 (nach Gewicht) angebaut. In den Bioversuchen wurden zusätzlich zwei Mischungen aus vier Komponenten getestet. Bei den ausgewählten Genotypen handelt es sich um Qualitätsweizen der Backqualitätsgruppe 7 bzw. 8 (AGES 2024) bzw. TOP (SWISS GRANUM 2021). Sie unterscheiden sich u.a. in der Begrannung (Kolben, Grannen), in der Reifezeit, Wuchshöhe, Lagerneigung und Krankheitsanfälligkeit. Neben den Reinsorten und Mischungen wurden folgende OHM getestet: 'Brandex Population' (DE*), 'Mv Elit CCP' (HU*) und 'Solibam' (IT*).

Statistik: Für die Bewertung der Unterschiede zwischen den Sorten und Mischungen wurden multivariate und univariate Varianzanalysen mit dem Tukey Post-Hoc-Test mit der Statistic-Software IBM SPSS Statistics (Version 26) durchgeführt. Die Beurteilung der Ertragsstabilität erfolgte unter Verwendung der Stabilitätsvarianz (SHUKLA 1972).

Ergebnisse und Diskussion

Die Jahre 2021 und 2022 waren durch eine geringe Krankheitsbelastung geprägt. Gelbrost, Mehltau, *Septoria nodorum* und Ährenfusarium traten kaum auf. Braunrost und DTR-Blattdürre schädigten in mittlerem Maße. Die meisten Sorten lagerten nicht bis wenig. Die Blattabreife erfolgte unterschiedlich. Aufgrund dieses geringen Krankheitsdruckes waren die Unterschiede zwischen den Mischungen zum Mittel der Reinsorten nicht vorhanden bzw. nicht nachweisbar. Die Populationssorte 'Brandex Population' zeigte bei den Bonituren ähnliche Werte, wie die getesteten Sorten. 'Mv Elit CCP' wurde von Ährenfusarium, DTR-Blattdürre und *Septoria nodorum* deutlich stärker befallen. Auch die Blätter reiften früher ab. 'Solibam' zeigte eine höhere Anfälligkeit für Mehltau und *Septoria nodorum* und große Probleme bezüglich der Standfestigkeit.

Tabelle 1: Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen und OHM bei Lager, Krankheiten und Blattabreife, 8 Versuche, 2021 und 2022

| Objekte | LAGR | MEHL | GRST | BRST | SEPB | DTR | AEFU | BLAR |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aurelius + Bernstein, 1:1 | 1,1 | 3,3 | 1,1 | 4,3 | 2,0 | 5,0 | 1,8 | 6,1 |
| Aurelius/Bernstein-Mittel | 1,1 | 2,7 | 1,2 | 4,0 | 2,0 | 5,3 | 1,8 | 6,1 |
| Differenz 1 | ±0,0 | +0,6 | -0,1 | +0,3 | ±0,0 | -0,3 | ±0,0 | ±0,0 |
| Baretta + Montalbano, 1:1 | 1,0 | 1,8 | 1,0 | 3,2 | 2,5 | 5,7 | 1,7 | 5,7 |
| Baretta/Montalbano-Mittel | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 2,7 | 2,3 | 5,8 | 1,3 | 5,5 |
| Differenz 2 | -0,1 | +0,2 | -0,1 | +0,5 | +0,2 | -0,1 | +0,4 | +0,2 |
| Wiwa + Pizza, 1:1 | 2,0 | 2,3 | 1,2 | 5,0 | 3,0 | 5,7 | 1,3 | 5,2 |
| Wiwa/Pizza-Mittel | 1,7 | 2,5 | 1,1 | 4,7 | 3,2 | 5,3 | 1,1 | 5,4 |
| Differenz 3 | +0,3 | -0,2 | +0,1 | +0,3 | -0,2 | +0,4 | +0,2 | -0,2 |
| Linienarten-Mittel | 1,3 | 2,3 | 1,1 | 3,8 | 2,5 | 5,5 | 1,4 | 5,7 |
| Brandex Population | 2,5 | 1,9 | 1,0 | 4,8 | 2,5 | 5,8 | 1,5 | 5,7 |
| Mv Elit CCP | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 3,2 | 4,8 | 7,8 | 3,7 | 8,2 |
| Solibam | 5,8 | 3,8 | 1,0 | 3,8 | 3,7 | 4,5 | 1,2 | 7,5 |

In Post-Hoc-Test: keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Mittel der Komponenten und der Mischung ($\alpha = 0,05$)
 Jeder Parameter Bon.1-9 (1 = kein Lager, kein Krankheitsbefall, sehr geringe Blattabreife): LAGR = Lager, MEHL = Mehltau, GRST = Gelbrost, BRST = Braunrost, SEPB = Septoria nodorum-Blattflecken, DTR = DTR-Blattflecken, AEFU = Ährenfusarium, BLAR = Blattabreife

Bei allen Mischungen zeigten sich etwas höhere Korn- und Proteinerträge im Vergleich zu den Reinsorten. Diese resultierten aber aus unterschiedlichen Ertragsparametern. So entstanden die höheren Korn-erträge in den Mischungen 'Bernstein + Aurelius' sowie 'Baretta + Montalbano' aus einer etwas höheren Bestandesdichte. Die Mischung 'Pizza + Wiwa' hingegen hatte im Mittel um ein Korn je Ähre mehr als im Mittel der Reinsorten. Alle Differenzen waren aber nur Tendenzen, die nicht statistisch nachweisbar waren. Von den OHM lag 'Brandex Population' ertraglich etwas über dem Mittel der getesteten Sorten und 'Mv Elit CCP' leicht darunter. 'Solibam' unterlag mit 69 dt/ha den Mischungen deutlich (-13 bis -27%). Es wurden zwar sehr große Körner bei einer höheren Bestandesdichte angelegt, die Kornzahl je Ähre bzw. je m² und das Ährgewicht waren jedoch unterdurchschnittlich.

Tabelle 2: Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen und OHM bei Korn- und Proteinertrag sowie der Ertragskomponenten, 8 Versuche, 2021 und 2022

| Objekte | KOEQ | BEST | TKGN | KZAE | KZM2 | AEGW | RPSQ |
|---------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Aurelius + Bernstein, 1:1 | 94,9 | 532 | 45,4 | 40,5 | 20.995 | 1,94 | 11,7 |
| Aurelius/Bernstein-Mittel | 94,2 | 521 | 45,7 | 41,0 | 20.707 | 1,89 | 11,3 |
| Differenz 1 | +0,7 | +11 | -0,3 | -0,5 | +288 | +0,05 | +0,4 |
| Baretta + Montalbano, 1:1 | 86,9 | 507 | 45,4 | 38,8 | 19.199 | 1,71 | 11,4 |
| Baretta/Montalbano-Mittel | 86,8 | 502 | 45,2 | 39,5 | 19.323 | 1,76 | 11,3 |
| Differenz 2 | +0,1 | +5 | +0,2 | -0,7 | -124 | -0,05 | +0,1 |
| Wiwa + Pizza, 1:1 | 79,5 | 531 | 42,1 | 33,9 | 17.365 | 1,46 | 10,9 |
| Wiwa/Pizza-Mittel | 78,9 | 547 | 42,9 | 33,0 | 17.662 | 1,46 | 10,6 |
| Differenz 3 | +0,6 | -16 | -0,8 | +0,9 | -297 | ±0,00 | +0,3 |
| Linienarten-Mittel | 86,6 | 523 | 44,6 | 37,8 | 19.230 | 1,70 | 11,1 |
| Brandex Population | 88,7 | 512 | 46,7 | 38,0 | 19.038 | 1,83 | 11,5 |
| Mv Elit CCP | 83,8 | 525 | 44,5 | 36,6 | 18.857 | 1,62 | 10,8 |
| Solibam | 69,0 | 554 | 52,1 | 24,8 | 13.279 | 1,46 | 9,8 |

In Post-Hoc-Test: keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Mittel der Komponenten und der Mischung ($\alpha = 0,05$)
 KOEQ = Kornertrag (dt/ha), BEST = Bestandesdichte (Ähren/m²), TKGN = Tausendkorngewicht (g 86% TS), KZAE = Kornzahl pro Ähre, KZM2 = Kornzahl pro m², AEGW = Ährgewicht (g 86% TS), RPSQ = Proteinertrag (dt/ha)

Qualitativ zeigten sich bei den meisten Parametern nur geringfügige Unterschiede zwischen Mischungen und Mittel der Komponenten. Beim Proteingehalt und bei der Mehlausbeute übertrafen alle Mischungen das Mittel. Beim Sedimentationswert unterlag die Mischung ‘Bernstein + Aurelius’ dem Mittel. Alle erzielten Differenzen der Qualitätsergebnisse waren nicht signifikant und widersprachen teilweise den ebenfalls nicht signifikanten Aussagen früherer Veröffentlichungen (FLAMM 2008, FLAMM & DEIX 2022). Die Populationssorten ‘Brandex Population’ und ‘Mv Elit CCP’ zeigten bei den meisten Qualitätsparametern ähnliche Werte, wie die Mischungen. ‘Solibam’ erzielte einen sehr hohen Proteingehalt, die Proteinqualität war mit 29,6 ml im Sedimentationswert auf Futterweizenniveau. Auch bei der Mehlausbeute und der Kornhärte lag ‘Solibam’ im unteren Sortimentsspektrum.

Tabelle 3: Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen und OHM bei Qualitätsparametern, 8 Versuche, 2021 und 2022

| Objekte | HLGW | RPRT | GLUT | SEDW | FZAL | MA55 | KHTE |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Aurelius + Bernstein, 1:1 | 82,7 | 14,2 | 28,1 | 60,3 | 390 | 71,5 | 55,1 |
| Aurelius/Bernstein-Mittel | 82,8 | 13,9 | 28,1 | 61,6 | 382 | 69,5 | 54,8 |
| Differenz 1 | -0,1 | +0,3 | ±0,0 | -1,3 | +8 | +2,0 | +0,3 |
| Baretta + Montalbano, 1:1 | 79,4 | 15,2 | 30,0 | 61,8 | 370 | 69,1 | 57,8 |
| Baretta/Montalbano-Mittel | 79,7 | 15,1 | 30,1 | 61,9 | 385 | 68,5 | 57,8 |
| Differenz 2 | -0,3 | +0,1 | -0,1 | -0,1 | -15 | +0,6 | ±0,0 |
| Wiwa + Pizza, 1:1 | 82,8 | 15,8 | 33,1 | 64,4 | 371 | 71,3 | 56,6 |
| Wiwa/Pizza-Mittel | 82,9 | 15,6 | 32,7 | 64,4 | 362 | 70,2 | 56,5 |
| Differenz 3 | -0,1 | +0,2 | +0,4 | ±0,0 | +9 | +1,1 | +0,1 |
| Linienarten-Mittel | 81,8 | 14,8 | 30,3 | 62,6 | 377 | 69,4 | 56,4 |
| Brandex Population | 81,0 | 15,0 | 30,9 | 59,6 | 345 | 72,2 | 56,9 |
| Mv Elit CCP | 79,3 | 14,9 | 32,2 | 50,8 | 355 | 64,5 | 56,4 |
| Solibam | 80,5 | 16,4 | 28,4 | 29,6 | 284 | 63,9 | 38,8 |

In Post-Hoc-Test: keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Mittel der Komponenten und der Mischung ($\alpha = 0,05$)
 HLGW = Hektolitergewicht (kg), RPRT = Proteingehalt (%), GLUT = Feuchtkleber (%), SEDW = Sedimentationswert (ml),
 FZAL = Fallzahl (s), MA55 = Mehlausbeute Type 550 (%), KHTE = Kornhärte (%)

Tabelle 4: Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen und OHM bei Teig- und Backparameter sowie bei der Backqualitätsgruppe, 8 Versuche, 2021 und 2022

| Objekte | WAUF | TSTA | QUZA | B135 | M135 | TEEN | VOLU | BQG |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----|
| Aurelius + Bernstein, 1:1 | 59,9 | 9,6 | 101,4 | 178 | 628 | 147 | 471 | 8 |
| Aurelius/Bernstein-Mittel | 59,3 | 8,8 | 93,7 | 177 | 662 | 155 | 471 | 7/8 |
| Differenz 1 | +0,6 | +0,8 | +7,7 | +1 | -34 | -8 | ±0 | |
| Baretta + Montalbano, 1:1 | 62,0 | 7,9 | 91,9 | 180 | 567 | 136 | 458 | 7 |
| Baretta/Montalbano-Mittel | 61,4 | 8,6 | 94,9 | 176 | 563 | 133 | 459 | 8/6 |
| Differenz 2 | +0,6 | -0,7 | -3,0 | +4 | +4 | +3 | -1 | |
| Wiwa + Pizza, 1:1 | 61,0 | 7,2 | 83,5 | 191 | 577 | 145 | 506 | 8 |
| Wiwa/Pizza-Mittel | 61,4 | 7,6 | 85,7 | 193 | 568 | 147 | 514 | 8/9 |
| Differenz 3 | -0,4 | -0,4 | -2,2 | -2 | +9 | -2 | -8 | |
| Linienarten-Mittel | 60,7 | 8,3 | 91,4 | 182 | 598 | 145 | 481 | |
| Brandex Population | 61,5 | 5,8 | 72,0 | 191 | 370 | 99 | 475 | 7 |
| Mv Elit CCP | 66,6 | 5,5 | 74,5 | 173 | 285 | 71 | 456 | 5 |
| Solibam | 59,2 | 2,1 | 35,6 | 219 | 125 | 40 | 396 | 2 |

In Post-Hoc-Test: keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Mittel der Komponenten und der Mischung ($\alpha = 0,05$)
 Farinogramm: WAUF = Wasseraufnahme (%), TSTA = Teigstabilität (min), QUZA = Qualitätszahl (mm)
 Extensogramm nach 135 Min. Teigruhe: B135 = Teig-Dehnbarkeit (mm), M135 = Dehnwiderstand max. (EE), TEEN = Teigenenergie (cm²). Backtest und Einteilung: VOLU = RMT-Backvolumen (ml/100g), BQG = Backqualitätsgruppe (gemäß österr. Backqualitätsschema ‘94)

Bei den Teigeigenschaften im Farinogramm zeigten sich uneinheitliche Eigenschaften der Mischungen. Während ‘Bernstein + Aurelius’ in der Wasseraufnahme, in der Teigstabilität und in der Qualitätszahl zum Mittel der Sorten anstiegen, nahmen bei den anderen Mischungen diese Parameter größtenteils ab. Im Extensogramm verbesserten sich die Parameter durch die Mischung bei ‘Baretta + Montalbano’. Bei den beiden anderen Mischungen war keine einheitliche Tendenz der Parameter feststellbar. Beim Backvolumen zeigten sich kaum Unterschiede zwischen Mischung und Mittel der Komponenten.

Nach einer Einstufung der Schweizer Sorten, der Mischungen und der OHM nach dem Österreichischen Backqualitätsschema ‘94 (OBERFORSTER et al. 1994) erwiesen sich die Mischungen auch ähnlich dem Mittel der Einzelkomponenten. ‘Brandex Population’ entspricht den Kriterien eines Qualitätsweizens der BQG 7. ‘Mv Elit CCP’ würde wegen einer zu geringen Qualitätszahl und Teigenergie im Extensogramm von BQG 7 auf BQG 5 abgestuft. Bei ‘Solibam’ müsste eine Abstufung von BQG 5 zu der Gruppe der ‘Futterweizen und Sonstigen Weizen’ (BQG 2) aufgrund der Unterschreitung folgender Kriterien erfolgen: Sedimentationswert, Fallzahl, Qualitätszahl und Teigenergie im Extensogramm sowie mangelhafter Teigverarbeitungseigenschaften.

Ertragsstabilität: Wegen eines Effektes des Abpufferns von Umwelteinflüssen wird Mischungen die Erhöhung der Ertragssicherheit gegenüber Reinsorten nachgesagt (WOLFE 1985, LANNOU and MUNDT 1996). Die Zwei-Sorten-Mischungen zeigten keine Zunahme der Ertragsstabilität zu den Einzelkomponenten. Die Vier-Sorten-Mischungen hingegen erzielten unter Einbeziehung aller Versuche jeweils eine höhere Ertragsstabilität als alle ihre Komponenten. Einschränkend muss aber die geringe Versuchsanzahl beachtet werden. Die Populationsorten (OHM) erwiesen sich als wenig ertragsstabil.

Tabelle 5: Winterweizen: Ertragsstabilität (Varianz der Ertragsschwankungen) der Sorten, Mischungen und OHM, 8 (bzw. 4) Versuche, 2021 und 2022

| Sorte/Mischung/OHM | Biologisch | Konventionell | Gesamt |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------|
| Baretta + Montalbano + Pizza + Wiwa | 0,99 | - | 0,11 |
| Montalbano | 0,52 | 0,63 | 0,75 |
| Aurelius + Bernstein + Pizza + Wiwa | 7,05 | - | 2,71 |
| Pizza | 2,25 | 4,08 | 2,73 |
| Baretta | 7,45 | 1,58 | 3,83 |
| Baretta + Montalbano, 1:1 | 8,57 | 1,19 | 5,57 |
| Wiwa | -0,05 | 12,07 | 5,87 |
| Wiwa + Pizza, 1:1 | 6,36 | 13,03 | 8,88 |
| Aurelius | 15,51 | 7,54 | 10,76 |
| Aurelius + Bernstein, 1:1 | 20,30 | 2,40 | 10,83 |
| Solibam | 11,18 | 18,25 | 13,01 |
| Brandex Population | 15,50 | 3,61 | 13,81 |
| Bernstein | 43,50 | 3,37 | 22,87 |
| Mv Elit CCP | 32,16 | 11,63 | 24,05 |

Geringe Werte bedeuten eine hohe Ertragsstabilität.

Zusammenfassung

Im INVITE-Projekt wurden in Österreich 2021-2022 drei Mischungen von je zwei Weizensorten an zwei Standorten – jeweils konventionell und biologisch – gemeinsam mit deren Einzelkomponenten und Organisch Heterogenem Material (OHM) untersucht. An den Biostandorten wurden zusätzlich Vierfachmischungen getestet. Es zeigte sich, dass die Effekte durch die Mischungen im Vergleich zum Mittel der Reinsorten gering und in keinem der Parameter statistisch nachweisbar waren. Trends zu positiven Effekten konnten beim Korn- und Rohproteinertrag sowie beim Proteingehalt und der Mehlausbeute festgestellt werden. Die Ertragsstabilität wurde durch die Zweifachmischungen nicht positiv beeinflusst. Die Vierfachmischungen hingegen waren ertragsstabiler als ihre Komponenten. Die OHM ‘Brandex

Population' und 'Mv Elit CCP' erwiesen sich als vergleichbar mit den mitgeprüften Sorten. 'Solibam' hingegen ist nicht gut an die österreichischen Verhältnisse angepasst und wenig vorteilhaft.

Abstract

In the INVITE project, three mixtures of two wheat varieties each were examined in Austria in 2021-2022 at two conventionally and organically managed locations together with the pure stands and organic heterogeneous material (OHM). Quadruple mixtures were also tested in the organic trials. The results showed that the effects of the mixtures were small compared to the average of the pure varieties and were not statistically significant in any of the parameters. Trends towards positive effects were found in grain and protein yield as well as in protein content and flour yield. Yield stability was not positively influenced by the dual mixtures. The quadruple mixtures, on the other hand, had more stable yields than their components. The OHM 'Brandex Population' and 'Mv Elit CCP' proved to be comparable to the varieties tested. 'Solibam', on the other hand, was not particularly adapted to Austrian conditions and was not very advantageous.

Danksagung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des europäischen Forschungs- und Innovationsprogramms „Horizon 2020“ der Europäischen Union im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 817970 finanziert.

Literatur

AGES, Hrsg. (2024): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2024, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien.

AUFHAMMER W (1999): Mischbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ein Beitrag zur Nutzung von Biodiversität im Pflanzenbau. Ulmer Stuttgart.

EUROPEAN COMMISSION (2024): EUPVP - Common Catalogue Information System. Stand 8. Mai 2024, <https://ec.europa.eu/food/plant-variety-portal/>

FLAMM C (2008): Sortenmischungen bei Winterweizen im Biolandbau – Auswirkungen auf Krankheitsauftreten, Ertrag und Qualität. Bericht 63. ALVA-Jahrestagung 2008, 89-91.

FLAMM C, DEIX W (2022): Auswirkungen von Sortenmischungen bei Winterweizen im Vergleich zur Reinsaat auf Krankheitsauftreten, Ertrag und Qualität. Bericht 76. ALVA-Jahrestagung 2022, 341-343.

OBERFORSTER M, SCHMIDT L, WERTEKER M (1994): Bewertungsschema '94 der technologischen Qualität von Weizensorten (Weichweizen). Jahrbuch 1993, 257-280. Bundesanstalt für Pflanzenbau, Wien.

SHUKLA GK (1972): Genotype Stability Analysis and Its Application to Potato Regional Trails. Crop Science, 11, 184-190.

SWISS GRANUM (2021): Sortenversuche Winterweizen: Resultate der Qualitätsanalysen. Swiss Granum- Schweizerische Branchenorganisation Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen, Bern.

LANNOU C, MUNDT CC (1996): Evolution of a pathogen population in host mixtures: simple race-complex race competition. Plant Pathol., 45, 440-453.

WOLFE MS (1985): The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. Annu. Rev. Phytopathol. 23 (1), 251-273. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.001343>.

Adressen der Autoren

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

² Anbautechnik und Sorten Ackerbau, Agroscope, Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF, Route de Duillier 60, CH-1260 Nyon 1

* Ansprechpartner: DI Clemens FLAMM, clemens.flamm@ages.at

Wirkungen zweier Futterrationen, unterschiedlich im nativen Fasergehalt, auf histologische Parameter im Intestinaltrakt von Mastschweinen

Effects of two feed rations, different in native fibre content, on histological parameters in the intestinal tract of fattening pigs

Magdalena Fuchs, Karl Schedle

Einleitung

Im Rahmen einer nachhaltigen Schweinefütterung wäre es zielführend, unabhängiger vom (Eiweiß-) Futtermittelimport zu werden. Daher sollen Alternativen zu Sojaextraktionsschrot, sowie anderen Futtermitteln, welche weniger in Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen (zum Beispiel Nebenprodukte der Bioethanolherstellung, Altbrot, Rapsextraktionsschrot), eingesetzt werden (Liebl et al. 2022; Pichler et al. 2022). Meistens kommt es durch den Einsatz solcher, weniger in Nahrungskonkurrenz stehender Eiweißfuttermitteln, auch zu einer Erhöhung des Fasergehaltes in der Ration, was wiederum positive Effekte auf die Darmgesundheit bewirken könnte (Liebl et al. 2022; Pichler et al. 2022). Darmgesundheitsparameter können auch mittels morphometrischer Messungen, wie zum Beispiel Zottenlänge oder Zottenfläche erhoben werden.

Das Ziel der Studie bestand darin, anhand einer Untersuchung histologischer Parameter von Ileum und Colon, Rückschlüsse auf die Wirkung des Einsatzes von alternativen (Eiweiß-)Futtermitteln, und einen dadurch gegebenen erhöhten Fasergehalt in der Ration, auf die Darmgesundheit zu ziehen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der österreichischen Schweineprüfanstalt in Streitdorf (ÖSPA) durchgeführt. Dort wurden 60 Schweine der Kreuzung ((Edelschwein x Landrasse) x Pietrain), in drei Versuchsgruppen aufgeteilt. Die Tiere wurden auf konventionellen Spaltenböden, auf neun Boxen verteilt, gehalten. Die Fütterung funktionierte über eine automatische Transponderfütterung und für die Wasseraufnahme standen Nippeltränken zur Verfügung. In der vorliegenden Studie wurden drei Boxen zu je fünf Mastschweinen mit einem faserarmen Futter (LF) und weitere drei Boxen zu je fünf Schweinen mit einem weniger in Nahrungskonkurrenz stehenden faserreichen Futter (HF) gefüttert. Zudem hatten drei Boxen zu je zehn Tieren die Wahlmöglichkeit (LF/HF) zwischen diesen beiden Rationen. Das Versuchsfutter (HF) beinhaltete, vor allem aufgrund der alternativen, nicht in Nahrungskonkurrenz stehenden Eiweißfuttermitteln, mehr Faser als die Kontrolle (LF). Es wurde eine 3-Phasen Fütterung gewählt. Die Phasen wurden nach Gewicht unterteilt: Anfangsmast (35,9 kg ± 0,36 kg - 52,3 kg ± 0,47 kg) Mittelmast (52,3 kg ± 0,47 kg - 91,0 kg ± 0,86 kg) und Endmast (91,0 kg ± 0,86 kg - 116,2 g ± 0,30 kg). Die Rationen wurden in allen drei Fütterungsphasen auf denselben Gehalt an Nährstoffen bzw. an verdaulichen Nährstoffen (essentielle Aminosäuren und Phosphor) kalkuliert (Tabelle 1).

Die Schlachtung erfolgte ab einem Gewicht von 113 kg. Die Tiere wurden elektrisch betäubt, entblutet und enthaart. Direkt nach der Schlachtung wurde die Bauchdecke geöffnet, der Verdauungstrakt entnommen und Gewebeproben von Ileum und Colon genommen.

Anschließend mussten die frisch entnommenen Proben mit einer Formaldehydlösung fixiert werden, um Zersetzungsprozesse zu vermeiden. Später wurden die Gewebeproben mit Paraffin infiltriert, um die nachstehenden Arbeitsschritte zu ermöglichen. Es folgte die Schnittpräparation mit dem Mikrotom. Die Arbeitsschritte teilten sich auf in „Trimmen“, mit einer Trimmstärke von 20 Mikrometer, um Unebenheiten zu entfernen und in den Arbeitsvorgang „Schneiden“, welcher der tatsächliche Schnitt mit fünf Mikrometer ist. Diese Schnitte gelangten im nächsten Schritt ins Wasserbad zum Glätten. Auf einem Objektträger kamen sie zur Trocknung über Nacht in den Trockenschrank. Anschließend wurde die AB-PAS-Färbung von Gewebeschnitten durchgeführt. Später wurden mit einem Lichtmikroskop (inklusive Kamera) Bilder aufgenommen und auf einen Computer übertragen. Dort konnte man mit einem computergestützten Bildanalyseprogramm die Vermessung der einzelnen Gewebeschnitte durchführen.

Als Statistisches Modell wurde die zweifache Varianzanalyse herangezogen. Ausgewertet wurde mit dem Statistikprogramm SAS Enterprise Guide 7.1. Als statistische Tendenz wurde ein P-Wert <0,1 als statistisch signifikant ein P-Wert <0.05 festgelegt.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Rationen aller verwendeter Futterrationen

| Futtermittel | Anfangsmast LF | Anfangsmast HF | Mittelmast LF | Mittelmast HF | Endmast LF | Endmast HF |
|---------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|------------|------------|
| Mais, % | 37,45 | 10,00 | 32,76 | 10,00 | 36,00 | 10,00 |
| Gerste, % | 21,54 | 15,00 | 32,05 | 15,95 | 30,70 | 34,64 |
| Weizen, % | 15,00 | 33,62 | 15,00 | 36,05 | 15,00 | 20,47 |
| Weizenkleie, % | 4,00 | 8,04 | 4,00 | 10,00 | 8,00 | 12,00 |
| Sojaextraktions-schrot, % | 18,71 | 6,36 | 13,13 | - | 7,00 | - |
| Rapsextraktions-schrot, % | - | 4,00 | - | 5,14 | - | 3,65 |
| Trockenschlempe, % | - | 6,00 | - | 5,95 | - | - |
| Trockenschnitzel, % | - | - | - | - | - | 0,74 |
| Altbrot, % | - | 13,96 | - | 14,06 | - | 15,92 |
| Lysin, % | 0,37 | 0,58 | 0,39 | 0,61 | 0,41 | 0,51 |
| Methionin, | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |
| Threonin, % | 0,17 | 0,22 | 0,17 | 0,21 | 0,17 | 0,18 |
| Tryptophan, % | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | - |
| Valin, % | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Isoleucin, % | - | - | - | - | 0,1 | 0,02 |
| CaCO ₃ , % | 1,42 | 1,52 | 1,40 | 1,39 | 1,33 | 1,24 |
| Monocalciumphosphat | 0,35 | 0,04 | 0,12 | - | - | - |
| Viehsalz, % | 0,33 | - | 0,33 | - | 0,33 | - |

Ergebnisse

Histologische Ergebnisse des Ileums

Bei der Zottenlänge ergab sich ein tendenzieller Unterschied zwischen den Futtergruppen ($p < 0,01$; Tabelle 1). HF und LF unterscheiden sich in Tendenz. Hinsichtlich der Zottenbreite konnte ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) der Wahlgruppe (LF/HF) zur Kontrolle festgestellt werden. Tendenzielle Unterschiede konnten ebenfalls bei der Zottenfläche festgestellt werden. HF hatte mit $53841 \mu\text{m}^2$ eine tendenziell höhere Zottenfläche als die Kontrolle mit $46424 \mu\text{m}^2$ (Tabelle 2).

Histologische Ergebnisse des Colons

Signifikante Unterschiede wurden bei der Kryptentiefe und Kryptenfläche beim Faktor Geschlecht beobachtet. Männliche Tiere hatten um 8,05 % längere Krypten als die weiblichen Tiere im Versuch. Außerdem hatten die Kastraten im Versuch um 10,05 % größere Kryptenflächen als die weiblichen Tiere. Bei dem Parameter Kryptenbreite konnte eine Tendenz beim Faktor Futter festgestellt werden. HF und LF unterschieden sich in Tendenz ($p < 0,01$) (Tabelle 3).

Tabelle 2: LS-Means, SEM und p-Werte im Ileum

| Parameter Ileum | LF | HF | LF/HF | ♂ | ♀ | SEM | p-Wert Futter | p-Wert Geschlecht | p-Wert Futter* Geschlecht |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Zottenlänge | 290 μm ^(b) | 324 μm ^(a) | 305 μm ^(ab) | 314 μm | 299 μm | 5,350 | 0,0934 | 0,2006 | 0,6055 |
| Zottenbreite | 162 μm ^b | 176 μm ^{ab} | 178 μm ^a | 170 μm | 173 μm | 2,243 | 0,0159 | 0,5723 | 0,1613 |
| Zottenfläche | 46424 μm^2 ^(b) | 53841 μm^2 ^(a) | 50935 μm^2 ^(ab) | 50443 μm^2 | 50357 μm^2 | 1169,860 | 0,0868 | 0,9721 | 0,4215 |
| Kryptentiefe | 398 μm | 377 μm | 383 μm | 386 μm | 386 μm | 7,709 | 0,6390 | 0,9577 | 0,2815 |
| Kryptenbreite | 54 μm | 55 μm | 57 μm | 55 μm | 56 μm | 0,771 | 0,1955 | 0,8000 | 0,8828 |
| Kryptenfläche | 20925 μm^2 | 19725 μm^2 | 21039 μm^2 | 20375 μm^2 | 20751 μm^2 | 591,385 | 0,6591 | 0,7729 | 0,4759 |
| Kryptentiefe: Zottenlänge | 1,42 | 1,25 | 1,30 | 1,28 | 1,37 | 0,037 | 0,2649 | 0,2845 | 0,2306 |

*SEM = Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle 3: LS-Means, SEM und p-Werte im Colon

| Parameter Colon | LF | HF | LF/HF | ♂ | ♀ | SEM | p-Wert Futter | p-Wert Geschlecht | p-Wert Futter* Geschlecht |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Kryptentiefe | 372 μm | 370 μm | 366 μm | 385 μm ^a | 354 μm ^b | 5.351 | 0.8492 | 0.0065 | 0.8089 |
| Kryptenbreite | 66 μm ^(a) | 61 μm ^(b) | 65 μm ^(ab) | 65 μm | 63 μm | 0.857 | 0.0580 | 0.2777 | 0.9272 |
| Kryptenfläche | 24311 μm^2 | 22498 μm^2 | 23590 μm^2 | 24708 μm^2 ^a | 22224 μm^2 ^b | 474.091 | 0.3813 | 0.0146 | 0.9038 |

*SEM = Standardfehler des Mittelwertes

Diskussion und Schlussfolgerung

In Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse lässt sich aufgrund der erhöhten Zottenlänge im Ileum, verursacht durch die faserreiche Fütterung schlussfolgern, dass ein erhöhter Fasergehalt in der Ration positive Auswirkungen auf die Darmgesundheit zeigte. Auch Schedle K. (2007) und Martins et al. (2010) berichteten über längere Zotten aufgrund von mehr Faser in der Ration.

Basierend auf diesen Erkenntnissen lässt sich schließen, dass eine Erhöhung des Fasergehaltes auch positive Auswirkungen auf die tägliche Futtermittelaufnahme, die Gewichtszunahme, die Futtermittelverwertung, sowie auf die Immunfunktion der Tiere hat. Dies führt in weiterer Folge zu einer besseren Leistung und für mehr Wohlbefinden der Schweine.

Zusammenfassung

Ziel der Studie war es daher, anhand einer Untersuchung histologischer Parameter von Ileum und Colon, Rückschlüsse auf die Wirkung des Einsatzes von alternativen Eiweißfuttermitteln und des sich daraus ergebenden höheren Fasergehaltes auf die Darmgesundheit zu ziehen. Im Ileum ergab sich bei der Zottenlänge und bei der Zottenfläche ein tendenzieller Unterschied zwischen den Futtergruppen HF und LF

($p < 0,01$). Hinsichtlich der Zottenbreite konnte ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) der Wahlgruppe zur Kontrolle festgestellt werden. Im Colon zeigten sich signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) bei der Kryptentiefe und Kryptenfläche beim Faktor Geschlecht. Männliche Tiere hatten längere Krypten und größere Kryptenflächen als die weiblichen Tiere im Versuch. Bei dem Parameter Kryptenbreite konnte eine Tendenz ($p < 0,01$) zwischen HF und LF festgestellt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass ein erhöhter Fasergehalt in der Ration, verursacht durch Eiweißalternativen positive Auswirkungen auf die Darmgesundheit zeigte.

Abstract

The aim of the study was therefore to draw conclusions about the effect of the use of alternative protein feeds and the resulting higher fiber content on intestinal health by examining histological parameters of the ileum and colon. In the ileum, there was a trend towards a difference in villus length and villus area between the HF and LF feed groups ($p < 0.01$). With regard to villus width, a significant difference ($p < 0.05$) was found between the choice group and the control. In the colon, there were significant differences ($p < 0.05$) in crypt depth and crypt area for the sex factor. Male animals had longer crypts and larger crypt areas than the female animals in the experiment. A tendency ($p < 0.01$) between HF and LF was found for the crypt width parameter. From this it can be concluded that an increased fiber content in the ration, caused by protein alternatives, showed positive effects on intestinal health.

Danksagung

Dieses Projekt wird im Rahmen des Ressortforschungsprogramms über dafne.at mit Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft finanziert. Das BML unterstützt angewandte, problemorientierte und praxisnahe Forschung im Kompetenzbereich des Ressorts.

Literatur

Liebl, M.; Gierus, M.; Rocchi, E.; Potthast, C.; Schedle, K. (2022): Auswirkungen von energiereduzierten Diäten einschließlich alternativer Proteinquellen und einer phyto-genen Ergänzung auf Leistung, Schlachtkörpermerkmale und Verdaulichkeit bei Masthühnern. In: Zeitschrift für angewandte Geflügel-forschung (31 (3), 100265).

Martins, C.; Pinho, M.; Lordelo, M. M.; Cunha, L. F.; Carvalho J.; Freire, J. P. B. (2010): Effect of brewers grain on intestinal microbial activity and mucosa morphology of weaned piglets. In: Livestock Science (133), S. 132–134.

Pichler, J.; Hemetsberger, F.; Buchberger, M.; Schwarz, C.; Schedle, K. (2022): Effect of different dietary fibre sources on the zootechnical performance, feeding behaviour and intestinal physiology of growing and finishing pigs. In: Tschechische Zeitschrift für Tierwissenschaften (67 (1)), S. 15-26.

Schedle K. (2007): Experimental study on the effect of insoluble dietary fiber on performance and gastro-intestinal physiology in weaning piglets used as animal models. In: Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Agrarbiotechnologie, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE)

*Ansprechpartner: Magdalena Fuchs, BSc und Dr. Karl Schedle, karl.schedle@boku.ac.at

Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage

Review on DM losses of forage products in the phases harvest, conservation, storage, removal and presentation to livestock

Reinhard Resch^{1*}, Johannes Thaysen², Brigitte Köhler³

Einleitung

Ziel der Grünfutterkonservierung ist nach STEINHÖFEL et al. (2023), die Nährstoffe über einen längeren Zeitraum durch Inaktivierung mikrobieller und futtermittelspezifischer Enzyme quantitativ und qualitativ zu erhalten, d. h. Zersetzungsprozesse nur in einem unvermeidbaren oder erwünschten Maße zuzulassen. Der Erfolg der Konservierung wird sowohl über die Höhe der Stoff- bzw. Masseverluste als auch über die Veränderung des Futterwertes, der Gärqualität sowie der Futtermittelhygiene definiert. Je nach Konservierungsart, den gegebenen Umweltbedingungen und dem Grad, nach dem die Verfahrensabläufe beherrscht werden, ergeben sich im Laufe von Futterernte, Konservierung, Lagerung und Futterentnahme unterschiedlich hohe mengenmäßige und qualitative Veränderungen, insbesondere in Form von Verlusten an Energie und Nährstoffen.

Somit ist die Futterwirtschaft mit all ihren Prozessen von zentraler und unmittelbarer Bedeutung für den Betriebserfolg. Sie generiert darüber hinaus aus nicht essbarer Biomasse wertvolle Lebensmittel aus der Nutztierhaltung für die Ernährung der Gesellschaft (WINDISCH 2023) und bringt viele Umweltleistungen wie z. B. den Erhalt der Biodiversität von Grünlandökosystemen.

Dieser Review-Beitrag soll einen aktuellen Überblick über Trockenmasse(TM)-Verluste innerhalb der Prozesskette der Futterproduktion geben. Darüber hinaus werden Größenordnungen von unvermeidbaren und vermeidbaren TM-Verlusten beschrieben, wie sie unter günstigen und ungünstigen Bedingungen auftreten können, insbesondere, wenn extreme Wetterereignisse wie Hitze, Trockenheit oder Starkregen die Futterproduktion mengen- und qualitativ gefährden.

Material und Methoden

Grundlage der Bewertung von TM-Verlusten bei Futtermitteln ist nach KÖHLER et al. (2013) die gravimetrische Differenzmethode (total-in vs. total-out) zwischen mindestens zwei Wiegeungen mit zeitlichem Abstand zueinander sowie die Bestimmung des TM-Gehaltes nach VDLUFA (1976) mittels Ofen- oder Gefriertrocknung. Nach WEISSBACH und KUHLA (1995) verflüchtigen sich bei Silagen Ammoniak (NH₃), Essig-, Propion- und Buttersäure sowie Alkohole zum Teil bei der Ofentrocknung. Daher ist eine TM-Korrektur bei Silagen aufgrund der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) notwendig, um Fehler in der TM-Bilanzierung zu vermeiden.

Für die Messung der Atmungs(Respirations)verluste wird die eingewogene Futterprobe idealerweise in einen perforierten Plastikbeutel gegeben. Nach einer festgelegten Zeitdauer wird rückgewogen und der TM-Gehalt bestimmt, um die Verluste quantifizieren zu können. Rech- und Bröckelverluste am Feld ergeben sich anhand der nach der Ernte am Boden verbleibenden Futtermassen. Diese Futterpartikel werden entweder an ausgelegten Platten mit künstlichen Stoppeln nach BUCKMASTER (1993) bzw. LUCAS (2009) oder mittels Staubsauger (BECKHOFF et al. 1979) vom Boden gesammelt und gewogen. Ein Verderb kann über die mikrobiologische Untersuchung nach VDLUFA (2012a) identifiziert werden. Verdorbene Futtermittel der Keimzahlstufe IV (VDLUFA 2012b) dürfen nicht verfüttert werden. Daraus kann sich ein TM-Verlust von bis zu 100 % ergeben. Ähnlich ist die Situation bei Giftpflanzen. Schließlich kann es bei der Futtervorlage zu Selektionsverhalten bis zur völligen Futterverweigerung kommen. Nicht verwertbare Futterreste zählen damit auch zu den TM-Verlusten (DLG 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieses Reviews ist es, das Potenzial der empfohlenen Managementpraktiken in der Futterwirtschaft zur Verringerung von Verlusten und zur Steigerung der Effizienz aufzuzeigen, um die Nachhaltigkeit in der pflanzlichen und tierischen Produktionskette zu verbessern. Dazu wurden einzelne Prozesse sowie Quellen und verantwortliche Einflussfaktoren auf die TM-Verluste in einer Übersicht zusammengestellt (Abbildung 1).

Verluste während der Feldphase

Unmittelbar nach der Mahd eines Pflanzenbestandes setzen nach McDONALD et al. (1991) biologische und chemische Veränderungen ein. Respirationsverluste steigen mit abnehmendem TM-Gehalt und zunehmender Temperatur nach quadratischen Funktionen (HONIG 1980). In Abhängigkeit von der Trocknungsdauer und dem TM-Gehalt des Ernteguts liegen Atmungsverluste unter günstigen Bedingungen für Anwelksilagen nach GROSS und RIEBE (1974) bei 2 bis 3 % und für Heu bei 3 bis 4 % (ROTZ et al. 1984) – Abbildung 1. Diese können bei der Luzerne nach ROTZ und ABRAMS (1988) unter extrem warmen und feuchten Bedingungen auf bis zu 19 % ansteigen.

Mechanische Verluste treten in Zusammenhang mit technischen Bearbeitungsschritten in der Feldphase von der Mahd bis zur Abfuhr des Ernteguts auf. Nach ZIMMER (1977) umspannen die mechanischen TM-Verluste einen Bereich von 3 bis 32 % und hängen vom TM-Gehalt, der Feldliegedauer und den Wetterbedingungen ab. Darüber hinaus bestimmen nach ROTZ et al. (1991) technische Verfahren der Futterbearbeitung/-ernte und deren praktische Anwendung ebenso das Verlustgeschehen am Feld. Beispielsweise können extreme Feldverluste bei der Luzerne von mehr als 30 % TM auftreten, wenn aggressive Knickzetter-Aufbereiter bei der Mahd eingesetzt werden und Bodenheu produziert wird (RESCH 2016).

Regenereignisse während der Feldphase können die TM-Verluste auf mehr als 50 % erhöhen (COLLINS 1983), insbesondere bei extremen Starkregen. Nach ROTZ und MUCK (1994) wirken folgende Einflussfaktoren: Regenmenge, Intensität und Dauer, sowie Pflanzenart, TM-Gehalt, Schwaddichte und der Grad der Futteraufbereitung. Die Auswaschungsverluste steigen mit der Intensität der mechanischen Futteraufbereitung. Je höher der Anwelkgrad des Futters, desto stärker wirkt sich Regen auf die TM-Verluste aus (PARKE et al. 1978).

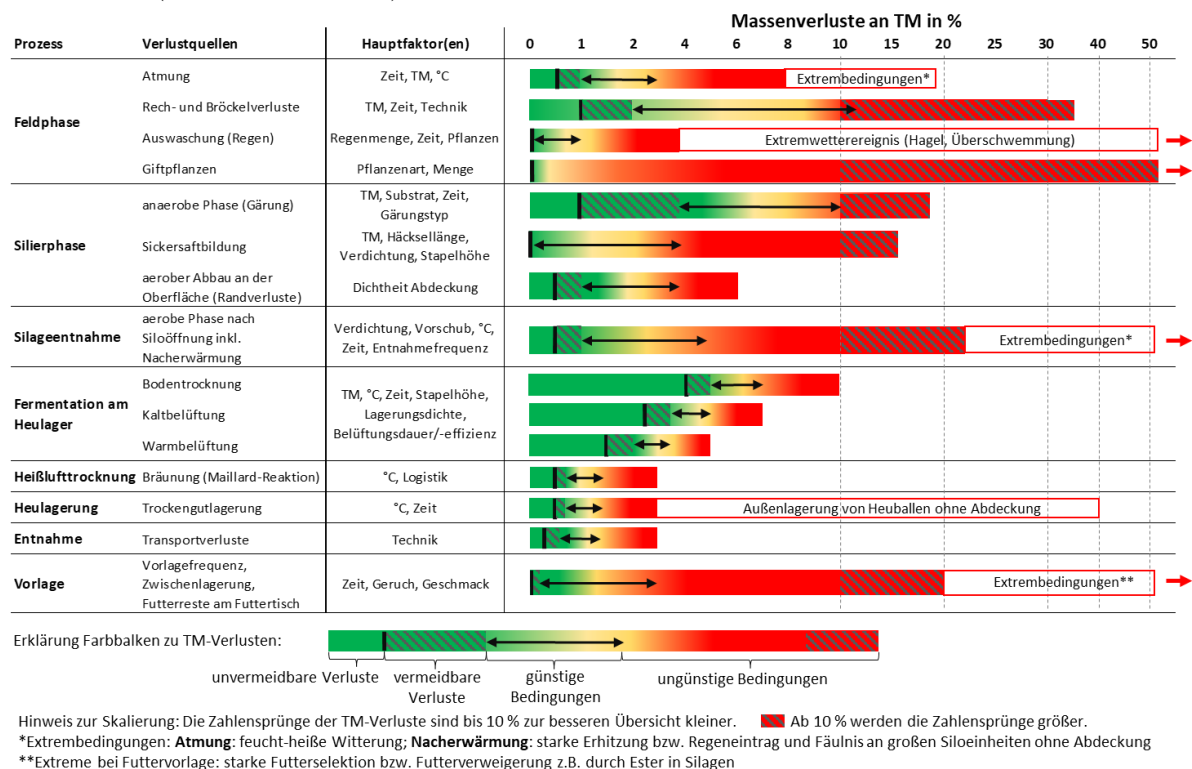


Abbildung 6: Unvermeidbare und vermeidbare TM-Verluste in Abhängigkeit der vorliegenden Bedingungen und der Prozesse in den Phasen Futterernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage

Verluste durch Silierung und Silageentnahme

Den größten Anteil am Grobfutter in der Wiederkäuerfütterung haben Silagen. Eine optimale Silagebereitung ist daher von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Der anaerobe Konservierungsprozess startet nach der luftdichten Versiegelung des Futters im Silo. Nach PAHLOW et al. (2003) werden vier Phasen unterschieden, in denen stoffliche Um- und Abbauprozesse stattfinden: 1) aerobe Phase der Restatmung nach Befüllung, 2) Hauptgärphase, 3) stabile Phase der Lagerung im Silo, 4) aerobe Fütterungsphase, sobald das Silo geöffnet wird. Nach ROOKE und HATFIELD (2003) wird die Höhe der Silierverluste

durch den TM-Gehalt, die Art und Intensität der Gärung (Milch-, Essig-, Buttersäure und alkoholische Gärung) und den Energieverbrauch durch die Stoffwechselwege verschiedener Mikroorganismen beeinflusst. Sachgemäß eingesetzte Additive können den Gärverlauf positiv lenken und damit verlustmindernd wirken (KUNG et al. 2003, DLG 2012).

Sickersaftverluste können nach RESCH und BUCHGRABER (2006) bis zu ca. 15 % TM betragen. Sie hängen stark mit dem TM-Gehalt, der Häcksellänge sowie der Verdichtung und der Stapelhöhe im Silo zusammen. ROTZ et al. (1993) haben ein Rechenmodell für die Sickersaftbildung von Silagen entwickelt.

Während der Lagerphase ist an der Silooberfläche, speziell an den Randzonen von Flachsilos, mit aerobem Stoffabbau im Ausmaß von 1 bis 2 % TM zu rechnen. Unter ungünstigen Verhältnissen, wenn Luft und Wasser eindringen, können die Randverluste auf mehr als 5 % der TM ansteigen, speziell wenn der Oberflächenanteil am Gesamtvolumen entsprechend groß ist.

Sobald das Silo geöffnet wird, ist die Anschnittfläche der Luft ausgesetzt und aerobe Verderbkeime profitieren von der Luft, die in die Futterporen einsickert. Eine ausreichend aerobe Stabilität (ASTA) schützt nach WILKINSON und DAVIES (2013) vor Verderb durch Hefen und Schimmelpilze, welche hauptsächlich für die Nacherwärmung verantwortlich sind. Nach HOLMES und MUCK (2007) sollen TM-Verluste nach Siloöffnung 3 % unterschreiten, allerdings können sich diese bei hohen Lufttemperaturen und bei Vorschubraten unterhalb von 100 cm/Woche bzw. Lagerungsdichten unter 800 kg FM/m³ auf bis zu 25 % erhöhen. Im Extremfall werden bei der Nacherwärmung Temperaturen über 50°C erreicht, wodurch der Stoffabbau in den betroffenen Zonen täglich bis zu 3 % der TM betragen kann. Nach Untersuchungen mit der Total-in vs. Total-out-Methode von KÖHLER et al. (2019) lagen bei Grassilagen die TM-Verluste im Mittel bei 9 % und bei Maissilagen bei 7 % (Quartilsabstand: Grassilage 3 bis 16 %, Maissilage 5 bis 12 %). In ungünstigen Fällen (z. B. bei Nacherwärmung, starker Buttersäurebildung) kann der TM-Verlust im Silo mehr als 20 % betragen.

Verluste bei Futtertrocknung und -lagerung

Nach der Heueinlagerung treten TM-Verluste durch mikrobiellen Stoffabbau auf, welche nach ROTZ et al. (1991) mit 1 bis 8 % zu beziffern sind (Abbildung 1). Die Höhe der Verluste ist abhängig vom TM-Gehalt des Ernteguts, der Zeitdauer bis der kritische TM-Gehalt von 86 % überschritten wird, der Intensität der Vermehrung der Lagerkeime – vorwiegend Schimmelpilze und Hefen – und dem Ausmaß der Temperaturerhöhung sowie der Höhe des Futterstapels und dessen Lagerungsdichte. Bei Bodentrocknung dauert die mikrobielle Stabilisierungsphase am Heulager ca. drei Wochen, während bei gut gesteuerter Heubelüftungstrocknung der kritische TM-Gehalt innerhalb von 2 bis 3 Tagen erreicht wird (RESCH und STÖGMÜLLER 2023). Nach der mikrobiellen Stabilisierung ist nach DULPHY (1987) bei Heulagerung mit durchschnittlichen TM-Lagerverlusten von ca. 1 % zu rechnen, bei Bodenkontakt können die Lagerverluste nach RUSSELL et al. (1990) auch mehr als 3 % betragen. Eine Außenlagerung von Heuballen ohne Vliesabdeckung führt zu extremen Lagerungsverlusten, weil das mikrobiell verdorbene Heu nicht mehr vorgelegt werden darf (Abbildung 1).

Die verlustärmste Form der Futterkonservierung wäre die Heißlufttrocknung von Grünfutter ohne Anwelken und mit kurzem Transportweg zur Trocknungsanlage. Unter optimalen Bedingungen liegen die TM-Gesamtverluste nach Heißlufttrocknung nur bei ca. 1-2 %. Jedoch erhöhen sich die Verluste bei logistischen Verzögerungen und bei einer Anlieferung von Anwelkgut. Eine suboptimale Steuerung der Anlage kann zu Futterbräunung führen (Maillard-Reaktion), wodurch die Verluste steigen bzw. der Futtermwert sinkt.

Vorlageverluste

Im Zuge der Futterentnahme treten in der Praxis TM-Verluste als eine Art Abbröckelverlust beim Futtertransport zum Mischwagen, Futterautomaten bzw. Futtertisch auf. Diese können mit ca. 1 % TM veranschlagt werden. Schließlich sind auch Massenverluste zu berücksichtigen, welche bei der Vorlage der Futtermittel entstehen. Nutztiere prüfen die Futterqualität anhand sensorischer Futtereigenschaften wie Geruch und Geschmack. Eine reduzierte Futterakzeptanz führt zu Selektionsverhalten bis hin zur Futterverweigerung. Ursachen dafür können minderwertige Futterpflanzen, Giftstoffe, mangelnde Futterhygiene, biogene Amine, aber auch zu hohe Gehalte an Estern, Essig- oder Buttersäure und sekundäre

Pflanzeninhaltsstoffe sein. Vorlageverluste sollen weniger als 1 % der TM betragen. STEINWIDDER et al. (2018) ermittelten 5 % TM-Verluste ab Silo (fertige Silage abzüglich gefressener Silage).

Zusammenfassung

In der Futterwirtschaft werden stoffliche TM-Verluste durch eine Kaskade von biotischen und chemischen Prozessen verursacht, welche von Umwelt- und Managementfaktoren beeinflusst werden. In der Summe liegen TM-Verluste vom Pflanzenaufwuchs (Feld) bis zur Futtermittelaufnahme (Tier) für Grassilagen unter optimalen Bedingungen bei ca. 10 %, unter mittleren Verhältnissen bei 15 bis 20 % und unter ungünstigen Voraussetzungen bei über 30 %. Für Bodenheu wären TM-Verluste unterhalb 16 % sehr günstig, bei ca. 25 bis 30 % mittelmäßig und mit mehr als 40 % der TM ungünstig. Das Wissen über die Verlustursachen und ihre Auswirkungen ist komplex, aber von großer Bedeutung für die Grünland- und Viehwirtschaft. Einen aktuellen Überblick über die Arbeiten zu TM-Verlusten in der Futterwirtschaft geben BORREANI et al. (2018).

Abstract

In forage production, DM losses are caused by a cascade of biotic and chemical processes that are influenced by environmental and management factors. In total, DM losses from potential field yield to ruminant intake, under optimal conditions for grass silage are around 10 %, under average conditions around 15 to 20 % and greater than 30 % under unfavourable conditions. For field cured hay, DM losses below 16 % would be very good, at approx. 25 to 30 % average and with more than 40 % of DM unfavourable. Expertise on the causes of losses and their effects is complex, but of great importance for grassland and livestock farming. BORREANI et al. (2018) provide a current overview of studies on DM losses in production of silage and hay.

Literatur

- BECKHOFF J, DERNEDDE W, HONIG H, SCHURIG M (1979): Einfluss neuer Mähauflbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. *Das wirtschaftseigene Futter* 25 (1), 5–19.
- BORREANI G, TABACCO E, SCHMIDT RJ, HOLMES BJ, MUCK RA (2018): Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979.
- BUCKMASTER DR (1993): Alfalfa raking losses as measured on artificial stubble. *Transactions of the ASAE*, 36(3), 645-651.
- COLLINS M (1983): Wetting and Maturity Effects on the Yield and Quality of Legume Hay 1. *Agronomy Journal*, 75(3), 523-527.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2012): *Praxishandbuch Futter- und Substrat-konservierung*. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 416 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2016): *Mengenmäßige Erfassung des wirtschaftseigenen Futters*. DLG-Merkblatt 416, 2. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 9 S.
- DULPHY JP (1987): Fenaison: pertes en cours de recolte et de conservation. 16. Journées du Grenier de Theix. Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation, Ceyrat (France), Institut National de la Recherche Agronomique, May 21-23, 1985, 103-124.
- GROSS F, RIEBE K (1974): *Gärfutter - Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 283 S.
- HOLMES BJ, MUCK RE (2007): Packing bunkers and piles to maximize forage preservation. Proc. 6th Int. Dairy Housing Conf. ASABE and Harvest and Storage. Accessed Jan. 15, 2017.
- HONIG H (1980): Mechanical and respiration losses during pre-wilting of grass. Forage Conservation in the 80s, in: Thomas, C. (ed) Occasional Symposium – British Grassland Society. 11:201-204.
- KÖHLER B, DIEPOLDER M, OSTERTAG J, THURNER S, SPIEKERS H (2013): Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. *Agricultural and food science*, 22(1), 145–150.
- KÖHLER B, TAUBE F, OSTERTAG J, THURNER S, KLUSS C, SPIEKERS H (2019): Dry-matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. *Grass and Forage Science*, 74(2), 274–283; DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12430>
- KUNG Jr L, STOKES MR, LIN CJ (2003): Silage additives. 305-360, In: *Silage Science and Technology* (Agronomy Series No. 42). BUXTON DR, MUCK RE, HARRISON HJ, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- LUCAS L (2009): Vergleich verschiedener Heuwendemaschinen hinsichtlich der Bröckelverluste. Bachelor, Universität Kassel, Kassel, 147 S.
- McDONALD P, HENDERSON AR, HERON SJE (1991): *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications.

- PAHLOW G, MUCK RE, DRIEHUIS F, ELFERINK SJO, SPOELSTRA SF (2003): Microbiology of ensiling. 31-93, In: Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42). BUXTON DR, MUCK RE HARRISON HJ, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- PARKE D, DUMONT AG, BOYCE DS (1978): A mathematical model to study forage conservation methods. Grass and Forage Science, 33(4), 261-273.
- RESCH R, BUCHGRABER K (2006): Sickersaftanfall bei Grassilagen in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 26.11.2006, 2 S.
- RESCH R (2016): Abschlussbericht DaFNE-Projekt 101069 Pickup-Schwader. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 27 S.
- RESCH R, STÖGMÜLLER G (2023): LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 29. und 30. März 2023, 123-155.
- ROOKE JA, HATFIELD RD (2003): Biochemistry of ensiling. 95–139, In: Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42). BUXTON, D.R., MUCK, R.E. and H.J. HARRISON, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- ROTZ CA, SPROTT JW, THOMAS DSJ (1984): Interaction of mechanical and chemical conditioning of alfalfa. Transactions of the ASAE, 27(4), 1009-1014.
- ROTZ CA, ABRAMS SM (1988): Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. Transactions of the ASAE, 31(2), 350-0355.
- ROTZ CA, BORTON LR, BLACK JR (1991): Harvest and storage losses with alternative forage harvesting methods. Forages: A versatile resource. Proc. 1991 Forage and Grassland Com., Columbia, MO, 1-4.
- ROTZ CA, PITT RE, MUCK RE, ALLEN MS, BUCKMASTER DR (1993): Direct-cut harvest and storage of alfalfa on the dairy farm. Transactions of the ASAE, 36(3), 621-628.
- ROTZ CA, MUCK RE (1994): Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, G.C, et al. (1994): Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wisconsin, USA, 828-868.
- RUSSELL J, YODER SJ, MARLEY SJ (1990): The effects of bale density, type of binding and storage surface on the chemical composition, nutrient recovery and digestibility of large round hay bales. Animal feed science and technology, 29(1-2), 131-145.
- STEINHÖFEL O, RESCH R, MARTENS S (2023): Konservierung von Grünfuttermitteln, 191-216. In: DÄNICKKE S et al. (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRIMEDIA, Erling-Verlag, 744 S.
- STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER M, HÄUSLER J, PFISTER R (2018): Vollweide- oder Silagefütterung: Ergebnisse zur Milchflächenleistung von Bio-Milchkühen im Berggebiet Österreichs. Züchtungskunde, 90, (3), 218–239.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2012a): Methode 28.1.2 Futtermitteluntersuchung - Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2012b): Methode 28.1.4 Futtermitteluntersuchung - Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung: Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VO (EG) 183/2005: Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.
- WEISSBACH F, KUHLA S (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten Tierernährung 23: 189–214.
- WILKINSON JM, DAVIES DR (2013): The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass Forage Sci. 68:1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>.
- WINDISCH W (2023): Nachhaltige Landwirtschaft: Darum brauchen wir Nutztiere. agrarheute, <https://www.agrar-heute.com/tier/rind/nachhaltige-landwirtschaft-brauchen-nutztiere-610680> (10.02.2024).
- ZIMMER E (1977): Factors influencing fodder conservation. In Proc. Int. Meeting on Animal Production from temperate Grassland. Dublin, Irish Grassland an Animal Prod. Ass. Ed., p 121-125.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

² Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel

³ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Kassel

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Tierindividuelle Hitzebelastung beim Milchvieh - Zusammenhang zwischen der tierindividuellen Atemfrequenz und dem Temperatur-Feuchte- Index bei Milchkühen

Animal-specific heat stress in dairy cattle - Relationship between individual breathing rate and temperature-humidity-index in dairy cows

Sophia Sauter*, Dr. Isabella Lorenzini, Sarah Hertle und Dr. Bernhard Haidn

Einleitung

Durch den klimabedingten Temperaturanstieg mit länger anhaltenden Hitzeperioden im Jahresverlauf und aufgrund einer deutlichen Steigerung der Tages-/Jahresmilchleistung werden Milchkühe zunehmend hitzebedingten Belastungen ausgesetzt. Um eine auftretende Hitzebelastung einer Milchkuhherde besser einschätzen zu können, wird aktuell der Temperatur-Feuchtigkeits-Index (THI) über Klimaparameter (Stalltemperatur und relative Luftfeuchtigkeit) mit Hilfe einer Formel berechnet. Die THI-Werte mit den Grenzen, ab denen die Hitzebelastung einen milden, mäßigen oder starken Hitzestress auslöst, werden für den Stall bzw. die ganze Herde ausgegeben und berücksichtigen keine weiteren Klimaparameter wie die Wärmestrahlung oder die Luftgeschwindigkeit und auch keine tierindividuellen Parameter, wie die Milchleistung, die Rasse oder den Laktationstag, die ebenfalls einen Einfluss auf die Hitzebelastung haben (THOM 1959, ZIMBELMANN und COLLIER 2009). Hierbei konnte eine Studie eine hohe Korrelation zwischen Wiederkäuen, Aktivität und einer Veränderung der Temperatur bzw. Luftfeuchtigkeit zeigen (AMMER et al. 2016). Mit einer Verzögerung um zwei Tage nach einer Hitzeperiode verringerten sich die Futterraufnahme und die Milchleistung (ZIMBELMAN 2009, COLLIER et al. 2012). Ebenso kann eine Hitzebelastung direkte Auswirkungen auf die Milchleistung und deren Inhaltsstoffe (LAMBERTZ et al. 2014) sowie auf die Tiergesundheit, die Reproduktionsleistung (RENAU-DEAU et al. 2012) und indirekt auch auf die Nachkommen (TAO et al. 2012) haben.

Für eine auftretende Hitzebelastung scheint sich die Atemfrequenz sehr gut als Indikator zu eignen, da sie unmittelbar mit der steigenden Belastung korreliert (BROWN-BRANDL et al. 2005, TUCKER UND SCHÜTZ 2009). In einer Studie von GEISCHEDER (2017) zeigte sich, dass einzelne Tiere ihre Körpertemperatur bereits unter mäßiger Hitzebelastung nicht mehr selbstständig ausreichend regulieren konnten und es zu einer leichten Hyperthermie kam. Hierbei reagieren die Tiere auf veränderte Bedingungen zeitlich verzögert mit einer Erhöhung der Körpertemperatur (BROWN-BRANDL et al. 2005). Das Ziel des vorliegenden Versuchs war es, den Zusammenhang zwischen der tierindividuell automatisch erfassten Atemfrequenz und dem THI zu untersuchen. Die tierindividuelle Datenerfassung soll Hinweise geben, ob die Belastungssituation einzelner Kühe dadurch besser als durch den Stall bezogenen THI beschrieben werden kann.

Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung wurde bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh auf einem bayerischen Staatsgut durchgeführt. Hierbei wurde die Atemfrequenz sowie Klimaparameter (Stalltemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, THI) in einem Versuchszeitraum von September bis November 2023 an drei Terminen für jeweils sieben Tage bei neun Kühen erfasst. Die hier vorgestellte Untersuchung ist ein erster Teilbereich, im Rahmen eines Projektes zur tierindividuellen Hitzebelastung, der im September 2023 startete und bis August 2024 angelegt ist. Im Rahmen des Projektes werden zusätzliche Leistungs- und Verhaltensparameter aufgenommen, die durch unterschiedliche Sensorsysteme bei verschiedenen klimatischen Bedingungen erfasst werden. Die Atemfrequenz wurde über Atemfrequenzsensoren (Gouna GmbH), die an der Nase angebracht werden, im System alle 30 Sekunden über Druckunterschiede im Nasenbereich beim Atmen gemessen und als Minutenwert ausgegeben. Diese Atemfrequenzsensoren wurden jeweils zu Beginn des Untersuchungstermins angebracht und am siebten Tag wieder abgenommen. Die Klimaparameter (Stalltemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, THI) wurden mithilfe eines Klimasensors (smaXtec animal care GmbH) aufgezeichnet, der Stundenwerte ausgab. Alle erfassten Parameter wurden in einer Datenbank zu einem vollständigen Datensatz zusammengefügt und mit dem Statistikprogramm RStudio analysiert, um einen möglichen Zusammenhang zwischen den erfassten Parametern zu untersuchen.

Zur Darstellung des Zusammenhangs wurden Boxplots der gemessenen Atemfrequenz, geteilt nach den Hitzebelastungsgrenzen des THI sowie Punktwolken mit Regressionsgeraden für die einzelnen Tiere erstellt. Ein Boxplot wird verwendet, um die Verteilung der Daten zu visualisieren. Die wesentlichen Bestandteile des Boxplots sind die rechteckige Box, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen, bekannt als Interquartilsabstand (IQR). Die untere Grenze der Box ist das erste Quartil (Q1), die obere Grenze ist das dritte Quartil (Q3). Die Linie innerhalb der Box zeigt den Median der Daten an. Die Linien, die von den Seiten der Box ausgehen, werden als Whiskers bezeichnet und erstrecken sich bis zum 1,5-fachen des IQR. Die Datenpunkte, die außerhalb des Whiskers liegen, werden als Ausreißer bezeichnet und als einzelne Punkte dargestellt (siehe Abbildung 2). Neben den graphischen Darstellungen wurden Wilcoxon-Tests für gepaarte Stichproben durchgeführt, um die statistische Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Hitzebelastungsgrenzen zu berechnen. Außerdem wurde das Bestimmtheitsmaß für die einzelnen Regressionen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden bei neun Kühen über dreimal jeweils eine Woche im Herbst 2023 Daten erfasst. In Abbildung 1 sind die automatisiert erfassten Atemfrequenzen pro Minute in Abhängigkeit des THI aller drei Termine und für die neun Kühe dargestellt.

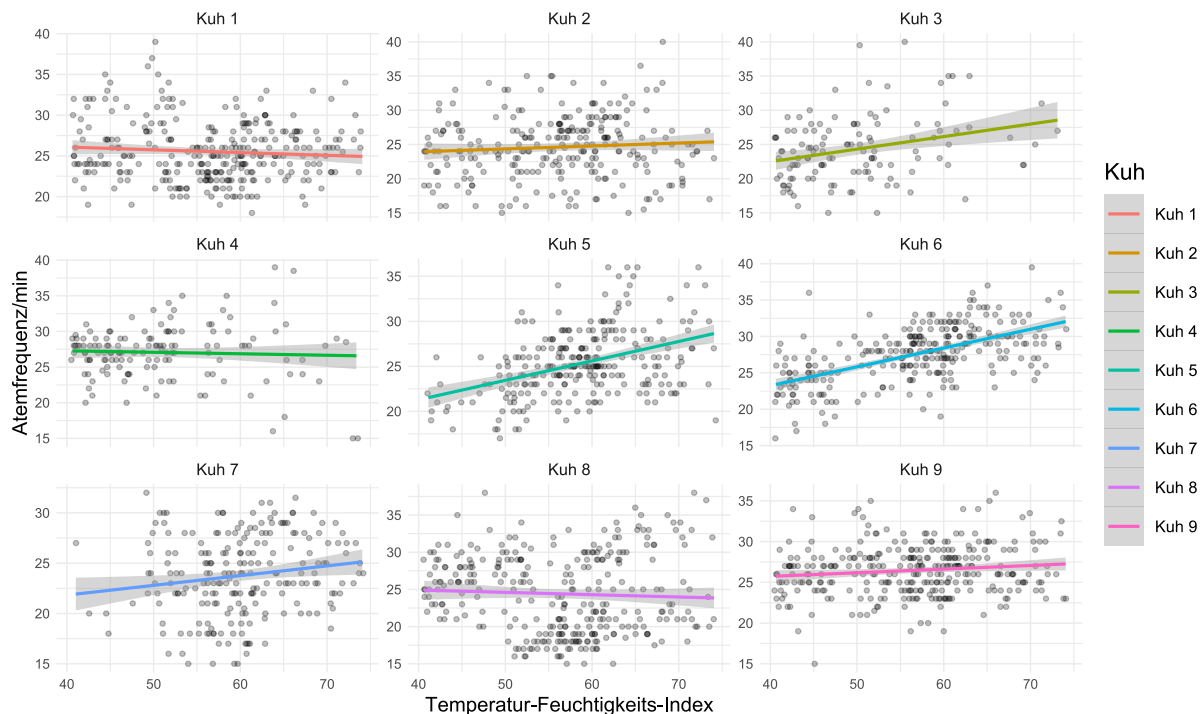


Abbildung 1: Automatisiert erfasste Minutenwerte der Atemfrequenz von Milchkühen in Abhängigkeit des Temperatur-Feuchtigkeits-Index (THI). In der Tabelle sind die Bestimmtheitsmaße (R^2) für die einzelnen Kühe dargestellt.

Tabelle 1: Regressionsmodell der neun Kühe, die in Abb. 1 dargestellt sind.

| Kuh | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| R^2 | 0,0061 | 0,0059 | 0,084 | 0,0020 | 0,1644 | 0,3383 | 0,0253 | 0,0025 | 0,0152 |
| Regression (AF) | $27,43+0,03*THI$ | $22,22+0,04*THI$ | $15,17+0,18*THI$ | $28,12+0,02*THI$ | $12,64+0,22*THI$ | $12,9+0,26*THI$ | $17,96+0,1*THI$ | $26,17+0,03*THI$ | $23,95+0,04*THI$ |

Die Korrelation für das Regressionsmodell mit allen Datenpunkten liegt bei 0,11 und ist signifikant ($p < 0.001$). Es wurden Regressionsmodelle für die einzelnen Tiere berechnet, bei denen bei sechs Kühen (Kuh 2, 3, 5, 6, 7, 9) ein positiv linearer Zusammenhang zwischen der Atemfrequenz (AF) und dem THI erkennbar ist. Bei drei Kühen (1, 4, 8) ist ein leicht negativer Trend zwischen den erfassten Atemfrequenzen und dem steigenden THI zu erkennen (siehe Tabelle 1). Bei den Kühen 3, 4 und 7 ist der Standardfehler für die Regression (in Abbildung 1 als grauer Bereich um die Regressionsgeraden dargestellt) größer als bei den restlichen Kühen, da die Datenpunkte nicht über alle THI-Bereiche gleichmäßig verteilt sind.

Neben der Untersuchung des linearen Zusammenhangs wurde auch das Signifikanzniveau des Vergleichs der Atemfrequenzdaten innerhalb der einzelnen Hitzebelastungsgrenzen anhand des Wilcoxon Tests berechnet. In Abbildung 2 sind die Atemzüge der Tiere pro Minute aufgeteilt nach den THI-Hitzebelastungsgrenzen (keine, mild und mäßig) von ZIMBELMAN und COLLIER (2009) mit den entsprechenden p-Werten dargestellt.

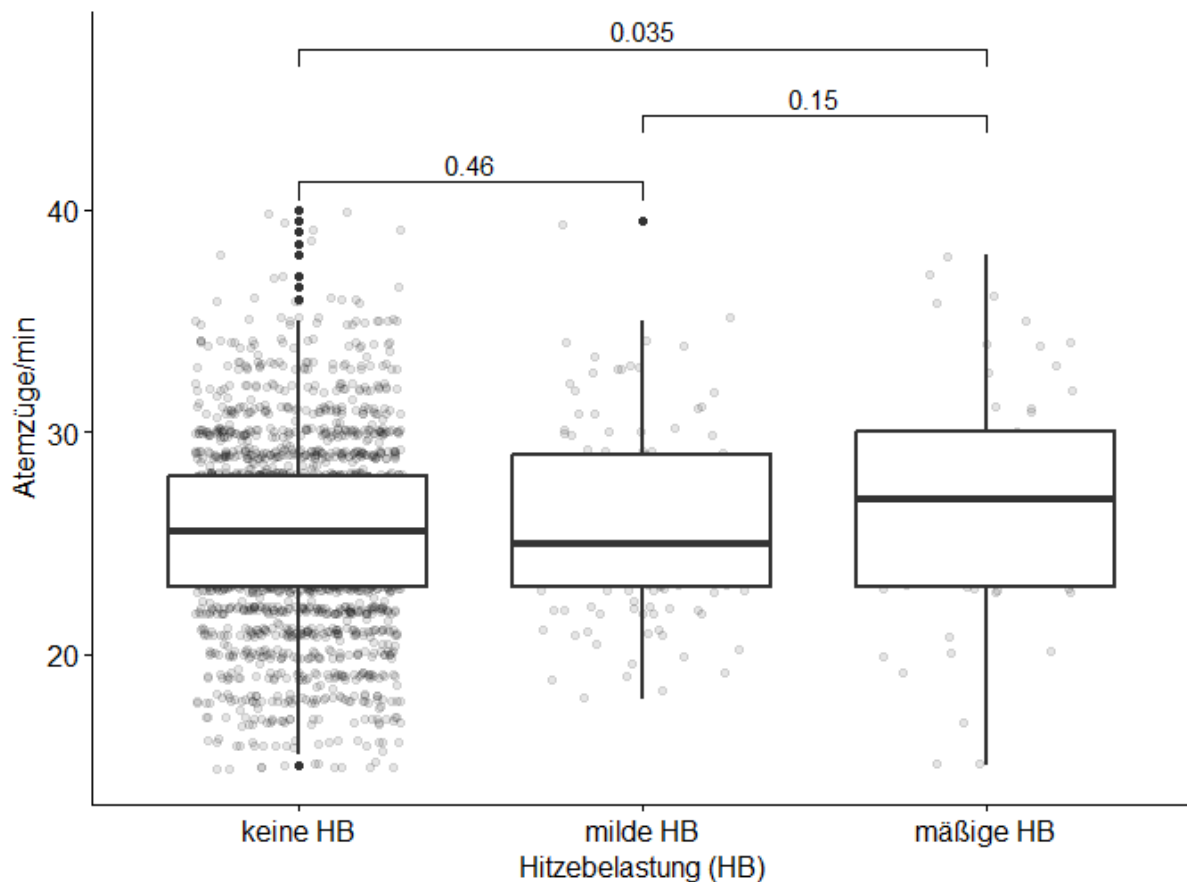


Abbildung 2: keine, milde und mäßige Hitzebelastung in Abhängigkeit der Atemzüge pro Minute bei Milchkühen [n=9]. Einteilung der Hitzebelastung nach ZIMBELMAN und COLLIER (2009). Keine Hitzebelastung (THI bis 68), milde Hitzebelastung (THI 69 bis 71), mäßige Hitzebelastung (THI 72-79), die p-Werte sind jeweils über den Boxplots angegeben.

Der Mittelwert der Atemzüge pro Minute über alle Tiere ist mit 25,4 bei ‚keine HB‘ (THI < 68) signifikant ($p = 0,035$) niedriger als bei ‚mäßige HB‘ (72 < THI < 79) mit 26,8. Es konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,46$) zwischen der mittleren Anzahl an Atemzügen pro Minute bei ‚keine HB‘ und bei ‚milde HB‘ (69 < THI < 71), sowie bei ‚milde HB‘ und ‚mäßige HB‘ festgestellt werden.

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um einen Teilbereich eines Projektes, das sich mit tierindividueller Hitzebelastung beschäftigt. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden in einer ersten Versuchsphase im Herbst 2023 erfasst. Es werden weitere Untersuchungen folgen, in denen auch die höheren THI-Bereiche abgedeckt werden sollen.

Während bei den meisten Tieren im Versuch ein positiver Zusammenhang dargestellt werden konnte, wurde bei drei Kühen ein leicht negativer Zusammenhang zwischen Atemfrequenz (AF) und THI festgestellt. Allerdings sind die Bestimmtheitsmaße der Regressionen bei allen Kühen aufgrund der zum Teil großen Streuung um die Regressionsgerade gering. Die Höhe der Korrelation und die Richtung des Zusammenhangs zwischen AF und THI kann nämlich durch einzeltierbezogene Faktoren, wie den Gesundheitszustand oder die Laktationsleistung beeinflusst werden. Durch eine geringere Milchleistung sinkt die Wärmeproduktion und die Tiere sind toleranter gegenüber Hitze (GEISCHEDER 2016). Bei zwei Studien (GEISCHEDER 2016, HOFFMANN et al. 2022) konnte ein stärkerer, signifikanter Zusammenhang zwischen AF und THI festgestellt werden, allerdings muss bedacht werden, dass in diese Studien AF-Werte miteinfließen, welche auch bei höheren Temperaturen im Sommer erfasst wurden.

Die Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt zeigen, dass auch im Herbst einzelne THI-Werte erreicht werden, die eine milde bzw. mäßige Hitzebelastung bei den Tieren hervorrufen können. Allerdings waren in der vorliegenden Studie THI-Werte über 68 bzw. 72 nur in einem geringen Anteil enthalten, so dass sich in diesen Zeiten die Atemfrequenz der Einzeltiere aufgrund der Hitzebelastung zwar unterschiedlich aber insgesamt nur mäßig erhöhte. Wie groß die Unterschiede in den Reaktionen der Tiere auf eine längere und stärkere Hitzebelastung sein werden, sollen die Untersuchungen im Frühjahr und Sommer 2024 zeigen.

Zusammenfassung

Durch die veränderten klimatischen Bedingungen und die damit verbundene steigende Anzahl an „heißen Tagen“ in Kombination mit hohen Milchleistungen werden Milchkühe zunehmend mit Hitzebelastungen konfrontiert. Für die bessere Einschätzung der Hitzebelastung der Tiere, kann der Temperatur-Feuchtigkeits-Index (THI) im Stall erfasst werden. In die Berechnung des THI fließen die Stalltemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit mit ein. Die durch den THI vorgegebenen Grenzwerte und nachfolgende Empfehlungen werden für den gesamten Stall bzw. die ganze Herde ausgegeben und berücksichtigen keine tierindividuellen Unterschiede. Gleichzeitig beeinflusst eine Erhöhung des THIs auch das Verhalten der Tiere. Hierbei konnten Studien eine Korrelation zwischen Wiederkäuen, Aktivität und einer Veränderung der Temperatur bzw. Luftfeuchtigkeit (AMMER et al. 2016) sowie der Futteraufnahme und Milchleistung zeigen (ZIMBELMAN 2009, COLLIER et al. 2012). In der aktuellen Untersuchung wurden Daten von Atemfrequenzsensoren mit Klimaparametern (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, THI) im Stall, kombiniert, um mögliche Zusammenhänge der Parameter bei individuellen Tieren zu identifizieren. Obwohl die Datenerfassung im Herbst durchgeführt wurde und nur wenige Messpunkte nach den Grenzwerten des THI eine milde oder mäßige Hitzebelastung anzeigten, konnte bei sechs von neun Tieren ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Atemfrequenz und einem steigenden THI erkannt werden. Für das Regressionsmodell der Daten aller Kühe wurde ein Korrelationskoeffizient von 0,11 ($p < 0,001$) berechnet. Bei drei Kühen war ein leicht negativer Trend zwischen den erfassten Atemfrequenzen und dem steigenden THI zu erkennen. Bei dem verwendeten Wilcoxon Test, der den Mittelwert der Atemzüge pro Minute über alle Tiere in die drei Belastungsbereiche vergleicht, ist mit 25,4 (Atemzüge/min) die Atemfrequenz bei ‚keine HB‘ ($\text{THI} < 68$) signifikant ($p = 0,035$) niedriger als bei ‚mäßige HB‘ ($72 < \text{THI} < 79$) mit 26,8 (Atemzüge/min). Es konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,46$) zwischen der mittleren Anzahl an Atemzügen pro Minute bei ‚keine HB‘ und bei ‚milde HB‘ ($69 < \text{THI} < 71$) sowie bei ‚milde HB‘ und ‚mäßige HB‘ festgestellt werden. Im fortlaufenden Projekt werden im Frühjahr und Sommer 2024 mehr Phasen mit anhaltend heißen Tagen erfasst werden und damit mehr Datenpunkte in den THI-Bereichen mit mäßiger oder sogar starker Hitzebelastung.

Abstract

Changing weather conditions due to climate change and the associated increase in the number of hot days in combination with high milk yields mean that dairy cows will be increasingly confronted with heat stress (HB). The temperature-humidity index (THI) in the barn can be used to better assess the heat stress of the animals. The barn temperature and relative humidity are included in the calculation of the THI. The limit values specified by the THI and subsequent recommendations are issued for the entire barn or herd and do not consider individual animal differences. At the same time, an increase in the THI also influences the behavior of the animals. Studies have shown a high correlation between rumination, activity and a change in temperature or humidity (AMMER et al. 2016) as well as feed intake and milk yield (ZIMBELMAN 2009, COLLIER et al. 2012). In the current study, data from respiratory frequency sensors were combined with climate parameters (temperature, relative humidity, THI) in the barn to identify possible correlations between the parameters in individual animals. A significant correlation between the respiratory rate and an increasing THI was recognized in six animals with an overall correlation for the regression model for all datapoints and all cows of 0.11 ($p < 0.001$). In three cows, a slightly negative trend between the recorded respiratory rates and the increasing THI was recognized. The Wilcoxon test was used, which compares the mean value of respiration rate across all animals into the three stress ranges, is significantly lower ($p = 0.035$) at 25.4 (breaths/min) for 'no HB' ($\text{THI} < 68$) than for 'moderate HB' ($72 < \text{THI} < 79$) at 26.8 (breaths/min). No significant difference ($p = 0.46$) was

found between the mean number of breaths per minute in 'no HB' and in 'mild HB' ($69 < \text{THI} < 71$), as well as in 'mild HB' and 'moderate HB'.

Further THI ranges and more data points will be recorded in the ongoing project to obtain results during days with higher temperatures. However, a linear relationship between the breathing frequency of the animals and the THI can already be seen during the cooler days in autumn.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms Experimentierfelder in der Landwirtschaft.

Literatur

AMMER S, LAMBERTZ D, SOOSTEN D VON, ZIMMER K, MEYER U, DÄNICKE S, GAULY M (2016): Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. DOI: 10.1111/jpn.12664

BROWN-BRANDL T M, EIGENBERG R A, NIENABER J A, HAHN G L (2005): Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. In: *Biosystems Engineering* 90 (4), S. 451–462. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006.

COLLIER R J, HALL L W, RUNGRUANG S, ZIMBELMAN R B (2012): Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance. In: *Proceedings of the 23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium*, S. 74–83.

GEISCHEDER S (2017): Auswirkungen von Hitzestress auf Milchkühe der Rasse Fleckvieh unter bayerischen Klimabedingungen und Einfluss einer Unterstützungslüftung durch Ventilatoren. Dissertation. Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, München. Lehrstuhl für Tierchutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung.

HOFFMANN G, HEINICKE J, AMMON C, STRUTZKE S, PINTO S, DISSMANN L, AMON T (2022): Entwicklung und Anwendung eines Atemfrequenzsensors bei Milchkühen zur Hitzestresserkennung. In: *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, Soest, S. 75-79.

LAMBERTZ C, SANKER C, GAULY M (2014): Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science* 97, 319–329.

RENAUDEAU D., COLLIN A, YAHAV S, BASILIO V de, GOURDINE J L, COLLIER R J (2012): Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6, 707–728.

TAO S, MONTEIRO A P A, THOMPSON I M, HAYEN M J, DAHL G E (2012): Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. In: *Journal of dairy science* 95 (12), S. 7128–7136. DOI: 10.3168/jds.2012-5697.

THOM E C (1959): The discomfort index. *Weatherwise*. 1959;12:57–61. DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960

ZIMBELMAN R B, RHOADS R P, RHOADS M L, DUFF G C, BAUMGARD L H, COLLIER R J (2009): A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows., S. 158–169.

Adressen der Autoren

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing

* Ansprechpartnerin: Sophia Sauter, SophiaAnna-Maria.Sauter@lfl.bayern.de

Zuchtfortschritt von Maishybriden in der österreichischen Sortenwertprüfung

Breeding Progress of Maize Hybrids in Austrian VCU trials

Martin Fuchs*

Einleitung

Die Maiszüchtung konnte mit der Einführung der Hybridzüchtung seit den 1930er Jahren in den USA und seit den 1960er Jahren in Österreich einen enormen Zuchtfortschritt verzeichnen (DUVICK 2005; HINTERHOLZER 1999). Durch die stetige Verbesserung der Inzuchtlinien konnte die Züchtung und die Saatgutproduktion vereinfacht werden, von anfangs meist Doppelhybriden über Dreiwegehybriden bis heute fast nur noch Einfachhybriden produziert werden (AGES 2023; HINTERHOLZER 1999). In Österreich werden jährlich ca. 20-25 neue Maishybriden registriert, die einen „landeskulturellen Wert“ aufweisen, d.h. einen Zuchtfortschritt darstellen (AGES 2023). Die Hybriden stammen aus internationalen Zuchtprogrammen, werden jedoch speziell für die Anbaueignung in Österreich getestet, bzw. selektiert. Für die Registrierung in Österreich müssen neue Maissorten mindestens eine zweijährige Prüfung durchlaufen. Diese wird in replizierten Exaktversuchen an multiplen repräsentativen Standorten Österreichs, aufgeteilt nach Reifegruppen, durchgeführt. In den Versuchen werden aktuelle in der Landwirtschaft relevante Sorten als langjährige Vergleichssorten herangezogen. Auf diese Weise wird der für Österreich relevante Zuchtfortschritt gut abgebildet. Die Entwicklung der Realerträge in der Landwirtschaft hingegen hängen von vielen zusätzlichen Faktoren ab, wie etwa Veränderungen der Anbaugebiete, der Düngung oder maschineller Anbautechnik (LOBELL et al. 2009). Entscheidend für die jährlichen Schwankungen sind insbesondere die Wetterbedingungen. Dementsprechend relevant sind klimatische Veränderungen für langfristige Trends (ALMARAZ et al. 2008).

Ziel dieser Arbeit ist es auf die umfangreichen Ertragsdaten der Mais-Wertprüfung Österreichs der letzten 30 Jahre zurückzugreifen, um den Zuchtfortschritt zu berechnen. Zusätzlich werden die Ertragshebungen der tatsächlichen landwirtschaftlichen Produktion der Statistik Austria analysiert und mit Klimadaten der ZAMG (GeoSphere Austria) in Zusammenhang gebracht.

Material und Methoden

Sortenprüfung Österreich: Die Ertragsdaten zur Berechnung des Zuchtfortschritts entstammen dem langjährigen Datensatz der österreichischen Sortenwertprüfung.

Für die Berechnung des Zuchtfortschrittes wurden Daten der letzten 30 Versuchsjahre abgerufen. Diese umfassten 1521 Versuche für Körnermais und 492 Versuche für Silomais. Für die Vergleichbarkeit der Erträge über den gesamten Zeitraum sind langjährige Standardsorten essenziell. In den Körnermaisversuchen standen 89 Sorten acht oder mehr Jahre in den Versuchen, für Silomais waren es 24 Sorten.

Zuchtfortschritt: Für die Berechnung des Zuchtfortschritts wurden zunächst adjustierte Mittelwerte für jede Sorte berechnet. Dies wurde mithilfe eines linearen Modells mit fixen Effekten für Sorte und Versuch und der abhängigen Variable Ertrag berechnet und eines anschließenden Sortenschätzwert mittels Weighted Least Squares. In einem nächsten Schritt wurden die Sortenschätzwerte in Abhängigkeit vom Zulassungsjahr in einem weiteren Modell berechnet. Berücksichtigt wurden für Körnermais Sorten mit mindestens 11 Datenpunkten und für Silomais mit mindestens 7 Datenpunkten.

Für das Ertragsniveau der Versuche aus der Sortenwertprüfung wurden jährliche Mittelwerte über alle Sorten und alle Versuche gebildet, sowohl aufgeteilt nach Reifegruppen als auch als Gesamtmittelwerte. In einem linearen Modell wurden Schätzwerte ermittelt.

Ertrag Statistik Austria: Alle Ertragsdaten der Statistik Austria für Körnermais und Silomais wurden von STATcube runtergeladen (STATISTIK AUSTRIA 2024). Relativerträge wurden berechnet und mittels linearer Modelle Ertragsentwicklungen geschätzt.

Wetterdaten: Der SPARTACUS Tages Datensatz von GeoSphere Austria wurde runtergeladen (HIEBL & FREI 2016). Dieser umfasst 1 km² Zellenwerte für Sonnenscheindauer, maximale und minimale Lufttemperatur, sowie Niederschlagsmengen für ganz Österreich. Mittelwerte für alle Zellenwerte, die unter 500 m ü. M. liegen, wurden für jedes Bundesland berechnet. Tagesmittelwerte wurden als Durchschnitt aus minimaler und maximaler Lufttemperatur berechnet. Anschließend wurden Monatswerte gemittelt, bzw. aufsummiert. Zusätzlich wurde die Anzahl an Tagen mit Maximaltemperaturen über 33 °C für

jeden Monat berechnet. Aus den Monatsmittelwerten für Lufttemperatur und Niederschlag wurde der Trockenheitsindex SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index) unter Einbezug dreier aufeinanderfolgender Monatswerte berechnet (BEGUERÍA & (BEGUERÍA & VICENTE-SERRANO 2023).

Die Ertragsdaten der Statistik Austria wurden mittels graphischer Darstellung und linearer Regressionen mit verschiedenen Wetterparametern in Zusammenhang gebracht.

Alle Berechnungen wurden in R version 4.3.2 durchgeführt (R CORE TEAM 2023).

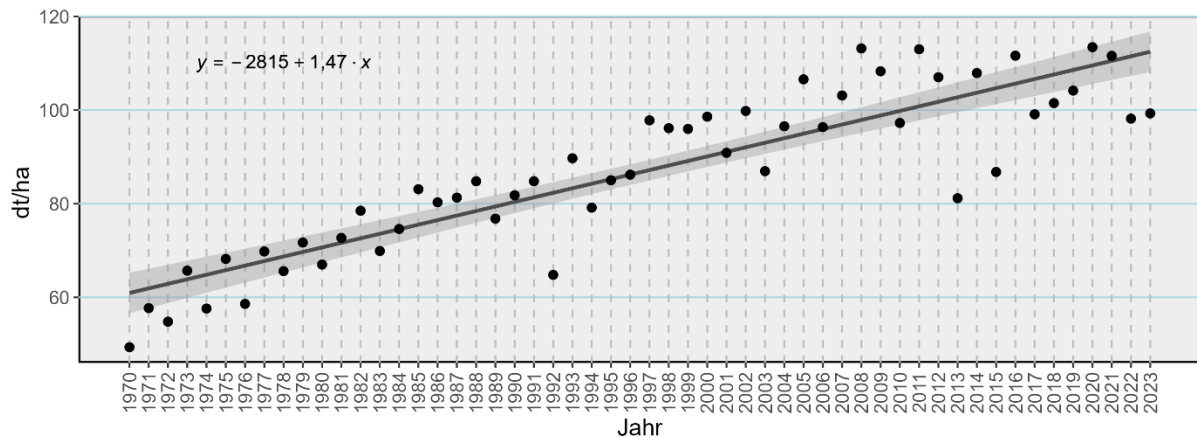


Abbildung 7 Ertragsentwicklung Körnermais, Statistik Austria

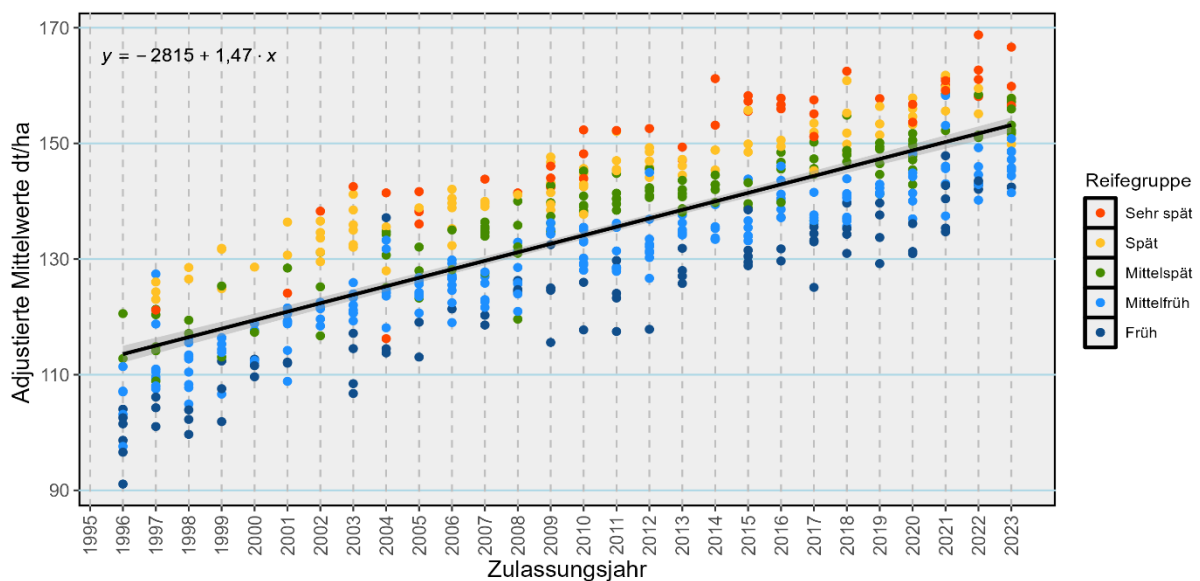


Abbildung 8 Zuchtfortschritt Körnermaisenertrag (14% H₂O) - AGES-Versuche 1993-2023

Ergebnisse

Zuchtfortschritt österreichische Wertprüfung: Die Wertprüfungsdaten für Mais aus den Jahren 1993-2023 ergaben einen genetischen Ertragszuwachs für Körnermais (14% H₂O) mit 147 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ und Silomais mit 178 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ Trockenmasse (Abbildung 2). Das jährlich gemittelte Ertragsniveau über alle Versuche reichte von 99 bis 155 dt ha⁻¹ für Körnermais und 171 bis 261 dt ha⁻¹ für Silomais. Eine lineare Regression ergab einen jährlichen Ertragszuwachs von im Mittel 140 kg ha⁻¹ für Körnermais und 147 kg ha⁻¹ für Silomais an.

Ertragsdaten der Statistik Austria: Die Ertragsentwicklung der Statistik Austria zeigen für Körnermais einen relativ konstanten Ertragszuwachs, der jedoch durch gehäufte Ausreißer nach unten für die späteren Jahre etwas abzuflachen scheint. Eine lineare Regression ergab für den Zeitraum 1970 bis 2023 einen Zuwachs von 97 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹, während der Zeitraum von 1996 bis 2023 einen Zuwachs von nur mehr 41 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ aufweist. Der Ertragszuwachs von 1970 bis 1997 ergibt auf diese Weise rund 33 dt, während der gleich lange Zeitraum von 1996 bis 2023 einen Zugewinn von nur 11 dt aufweist. Ein

anderes Bild zeichnet sich für die Silomaiserträge, die einen Höhepunkt um 1980 aufweisen mit Erträgen meist über 500 dt ha⁻¹ Frischmasse, während alle Erträge ab 1987 unterhalb diesem Schwellenwert bleiben. Im Zeitraum von 1993 bis 2023 besteht kein signifikanter Trend nach oben oder nach unten, mit einem Durchschnittsertrag von 457 dt ha⁻¹ Frischmasse.

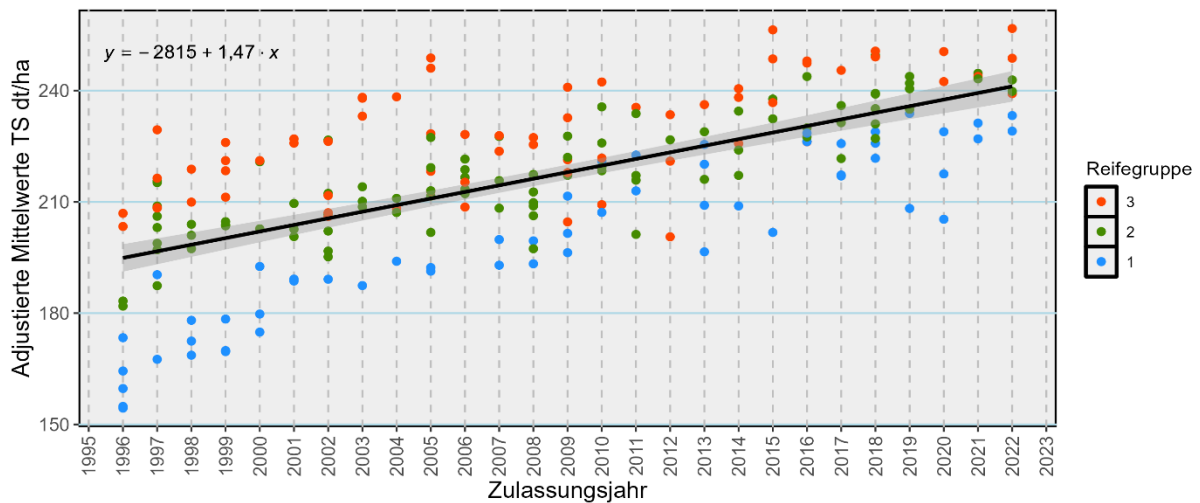


Abbildung 3 Zuchtfortschritt Silomais - AGES-Versuche 1993-2023

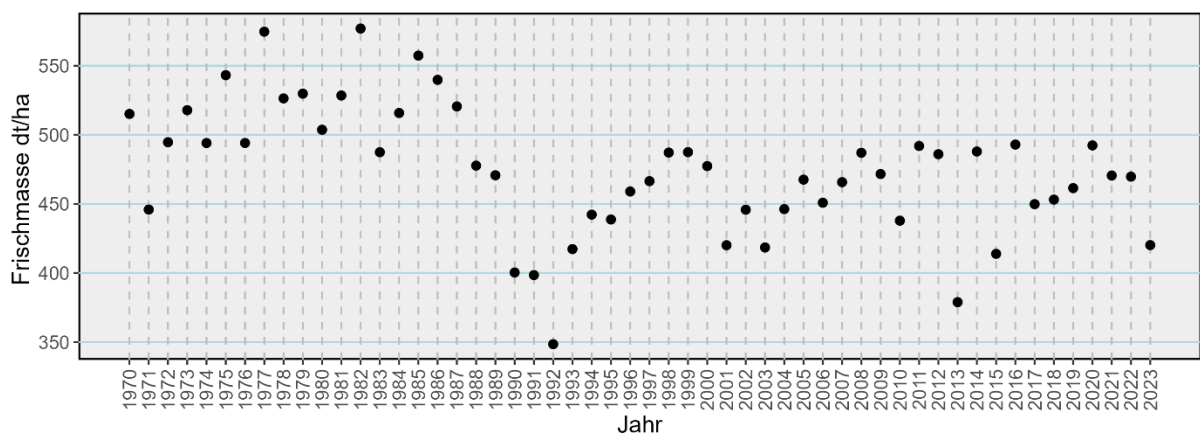


Abbildung 4 Ertragsentwicklung Silomais Frischmasse, Statistik Austria

Klimadaten SPARTACUS

Die mittlere monatliche Lufttemperatur für die wichtigsten Maisbauggebiete erhöhte sich pro Jahrzehnt durchschnittlich um 0,36 °C, 0,72 °C, 0,63 °C und 0,53 °C jeweils für die Monate Mai, Juni, Juli und August. Das Vorkommen maximaler Lufttemperaturen über 33 °C hat die letzten 50 Jahre, insbesondere in den Monaten Juli und August, deutlich zugenommen (Abbildung 5). In den monatlichen Niederschlagssummen konnte für die Monate Juni und Juli kein eindeutiger Trend festgestellt werden, während für die Monate Mai und August ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist.

Der Trockenheitsindex SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index) zeigte eine stetige Zunahme von Trockenstressrisiko. Während für die 1970er und 1980er Jahre kaum ein Wert unter Null berechnet wurde, häufen sich negative Indices ab den 2010er Jahren insbesondere für die Monate Juli und August.

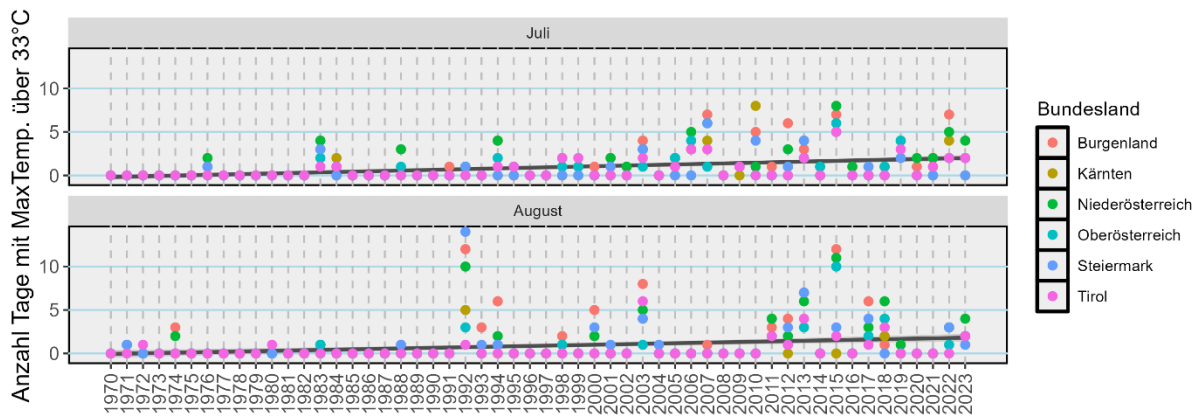


Abbildung 5 Tage mit Maximaltemperaturen über 33 °C, SPARTACUS Klimadaten, unter 500 m ü. M.

Ertrag und Klima: Über den gesamten Datensatz der Statistik Austria von 1970 bis 2023 weisen Juni Sonnenscheindauer und mittlere Lufttemperatur einen starken positiven Zusammenhang mit dem Ertrag auf ($P < 0,001$). Für Körnermais hat der Trockenheitsindex SPEI und Maximaltemperaturen über 33 °C über den gesamten Zeitraum betrachtet einen positiven Einfluss auf den Ertrag. Bei Betrachtung des Zeitraums von 1990-2023, wirkt sich jedoch jeder Augusttag über 33 °C, sowie der SPEI-Index deutlich negativ auf den Ertrag aus (Abbildung 6). Für Silomais besteht zwischen der mittleren Lufttemperatur im Juli und August und dem Ertrag ein signifikanter ($P < 0,001$) negativer Zusammenhang über den gesamten Datensatz. So verlor der Silomais im Schnitt 179 kg bzw. 193 kg Frischmasse pro °C gestiegener Lufttemperatur für die Monate Juli und August (Abbildung 7).

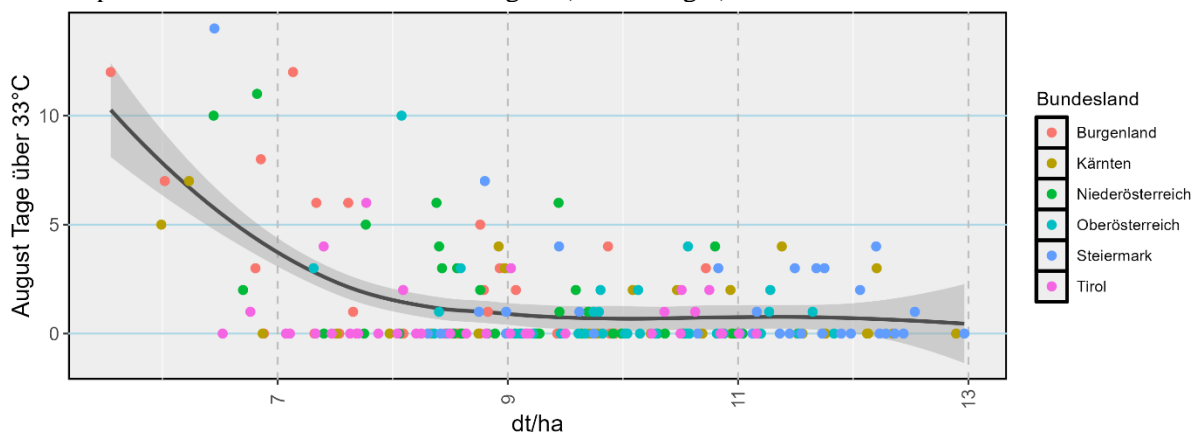


Abbildung 6 Körnermaisertrag 1990-2023 abhängig von Augusttagen mit Maximaltemperaturen ≥ 33 °C

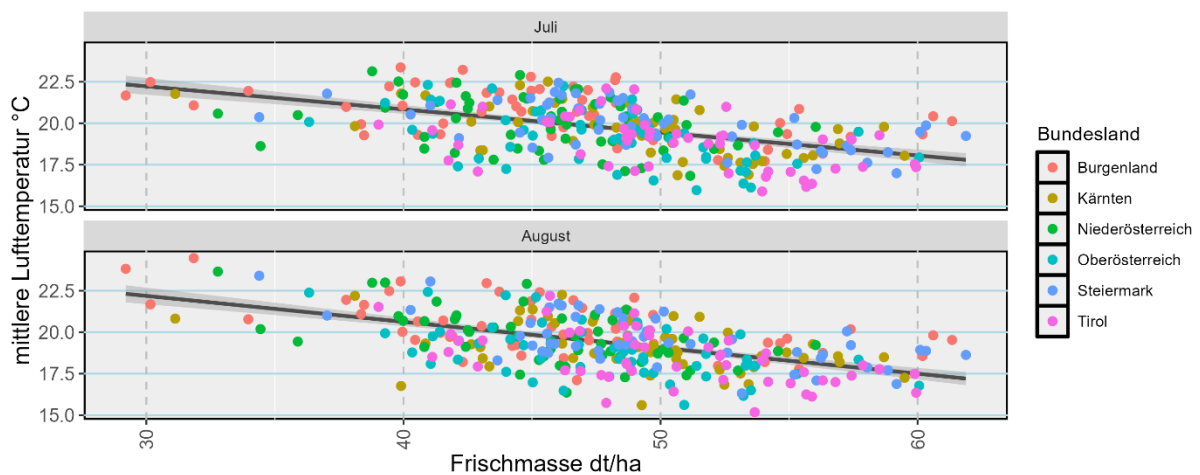


Abbildung 7 Silomaisertrag 1970-2023 abhängig von der mittleren Lufttemperatur

Diskussion

Zuchtfortschritt: Der für Österreich berechnete Zuchtfortschritt, sowohl im Körnermais mit einem genetischen Ertragszuwachs von $147 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ und $178 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ Trockenmasse für Silomais liegt im Bereich anderer Studien. So wurde etwa für die Wertprüfung in Deutschland für den Zeitraum von 1983 bis 2012 ein genetischer Ertragszuwachs von $159 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ für Körnermais und $192 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ für Silomais berechnet (LAIDIG et al. 2014). Für die Wertprüfung in den Niederlanden wurde für Silomais ein genetischer Fortschritt von $173 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ berechnet (SCHILS et al. 2020). Für Körnermais wurden etwas geringere Werte in Versuchen in Amerika berechnet. Für die Jahre 1979-1998 wurde in Argentinien ein Wert von $107 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, in Brasilien von 1963-1993 mit $123 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, und in den USA von 1991-2001 mit $77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ ermittelt (DUVICK 2005). Die Berechnung des genetischen Ertragszuwachs wird durch den sogenannten „aging effect“ überschätzt (LAIDIG et al. 2014). Dieser beschreibt Ertragseinbußen älterer Sorte aufgrund des Auftretens neuer Pilzrassen, die die vorhandenen Resistenzen umgehen können, etwa bei *Helminthosporium turcicum* (AHANGAR et al. 2016; LAIDIG et al. 2014). Nichtsdestotrotz zeigen diese Daten einen nach wie vor ungebrochenen Zuchtfortschritt im Mais, mit Sorten, die kontinuierlich an die aktuellen Umweltbedingungen und Anbautechniken angepasst werden. Obwohl in der österreichischen Wertprüfung der Fokus auf der Körnermaisprüfung liegt und nur wenige reine Silomaistypen zugelassen werden, zeigt sich auch hier ein sehr starker genetischer Ertragszuwachs.

Maiserträge Statistik Austria: Der Körnermaisertrag der Statistik Austria zeigt einen stetigen Ertragszuwachs seit den 1970er Jahren und ein Abflachen ab den 2010er Jahren. Auffällige Ausreißer bilden die Hitze und Trockenjahre 1992 und 2013. Während der Zuchtfortschritt von 1996-2023 mit insgesamt 39,6 dt berechnet wurde, ergaben die Statistik Austria Daten in diesem Zeitraum nur eine Ertragssteigerung um 11 dt, obwohl die Ertragssteigerung von 1970 bis 1997 noch 33 dt betrug. Diese Ergebnisse legen nahe, dass in früheren Jahren der Zuchtfortschritt noch besser in die Realerträge der Landwirtschaft umgesetzt werden konnten. Obwohl die Ursachen für diesen Rückgang an Ertragssteigerungen vielfältig sein können, wie etwa durch ein verringertes Düngenniveau, liegt ein Zusammenhang mit veränderten klimatischen Bedingungen nahe. Die Analyse des SPARTACUS Datensatzes hat eine deutliche Zunahme von Hitze und einhergehender Trockenstressgefahr in den wichtigen Maisbaugebieten ergeben. Während die Körnermaiserträge in den frühen Jahren des Datensatzes noch positiv durch hohe Temperaturen beeinflusst wurden, gab es einen starken negativen Zusammenhang zwischen Spitzentemperaturen und dem Trockenheitsindex SPEI ab den 1990er Jahren und bestärkt somit die Vermutung, dass der fortschreitende Klimawandel für die Einschränkung der Realerträge verantwortlich ist. Ähnliche Ertragseinbußen durch Hitze und Trockenstress hat eine Studie in Tschechien ergeben (MAITAH et al. 2021).

Die Silomaiserträge zeigen ab 1993 keinen klaren Trend und liegen sogar unter dem Ertragsniveau um das Jahr 1980. Dies steht im klaren Widerspruch zu den Ergebnissen des genetischen Zuchtfortschrittes mit einer Ertragssteigerung von $178 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ Trockenmasse. Auch die absoluten Ertragswerte der Silomaisversuche der AGES im Zeitraum von 1993 bis 2023 zeichnen ein anderes Bild mit einem Ertragszuwachs von $147 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, was zwar unter dem genetischen Zuchtfortschritt liegt, jedoch einen deutlichen Trend nach oben verfolgt. Die Gründe für diese Diskrepanz können hier nicht vollends diskutiert werden. Ein naheliegender Teilgrund könnte die Erhebung der Statistik Austria als Frischmasse sein, was zu deutlich unterschiedlichen Ertragswerten in der Trockenmasse führen kann. Weiterhin könnten gewisse Verschiebungen der Anbauflächen, das Düngungsniveau oder Ungenauigkeiten in der Datenerhebung einen Einfluss haben. Anders als beim Körnermais wurde für den Silomais für den gesamten Datensatz ein negativer Einfluss auf den Ertrag durch hohe mittlere Lufttemperaturen für die Monate Juli und August festgestellt. Einerseits kann hier die Temperatur einen Einfluss auf die Erntefeuchtigkeit haben, wenn durch ein schnelleres Abtrocknen der passende Erntezeitpunkt verpasst wird. Andererseits können Unterschiede in der Standortwahl mit unterschiedlichen Wasserspeicherkapazitäten Auswirkungen haben. Einen weiteren Faktor stellt die Möglichkeit zur Bewässerung dar. Im Vergleich zum Körnermais scheint der Silomais insgesamt stärker von klimatischen Faktoren betroffen zu sein. Auch für die Zukunft sehen die Prognosen nicht gut aus. So machen PEICHL et al. (2019) Modellvorhersagen für die Jahre 2021-2050 mit einer Ertragsreduktion durch den Klimawandel zwischen 120 und $1050 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ für Silomais in Deutschland (PEICHL et al. 2019).

Ausblick: DUVICK (2005) fasst in seinem Review Veröffentlichungen zusammen, die zeigen, dass neuere Sorten unter einer Vielzahl von abiotischen Stressbedingungen den älteren Sorten überlegen sind. So wurden z.B. unterschiedliche Stickstoffniveaus oder Trockenstressniveaus verglichen. Stets waren jedoch die neueren Sorten den älteren überlegen, der Ertragsvorsprung war jedoch oftmals höher auf den vorteilhaften Standorten, als auf den Stressstandorten (DUVICK 2005). Dies zeigt, dass bereits jetzt die Züchtung neue Sorten hervorbringt, die besser an den Klimawandel angepasst sind. Einen großen ertraglichen Fortschritt werden diese Sorten jedoch nur unter

optimalen Wuchsbedingungen erbringen. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels wird ein zunehmender Fokus auf eine Züchtung gegenüber abiotischen Stressoren gelegt werden müssen, um Ertragseinbußen zu minimieren. Eine Aussicht auf einen zufriedenstellenden Erfolg können diese Maßnahmen jedoch nur haben, wenn es gelingt die fossilen Emissionen zu stoppen und somit den Klimawandel auf ein „erträgliches“ Maß zu reduzieren.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden Daten der österreichischen Sortenwertprüfung der letzten 30 Jahre analysiert. Es wurde gezeigt, dass das österreichische Sortenangebot einem erheblichen züchterischen Fortschritt unterliegt mit einem genetischen Ertragszuwachs für Körnermais (14% H₂O) von 147 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ und Silomais mit 178 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ Trockenmasse. Gleichzeitig wurde jedoch festgestellt, dass tatsächliche landwirtschaftliche Erträge, wie sie von der Statistik Austria erhoben werden, diesen Zuchtfortschritt immer weniger widerspiegeln. Als einer der Hauptgründe wurde hier der voranschreitende Klimawandel ausgemacht. Folglich brauchen wir weitergehende Bemühungen die Landwirtschaft an den Klimawandel anzupassen.

Abstract

In this work, data of the Austrian variety testing for cultivation and use of the last 30 years were analysed. It was shown that the Austrian variety catalogue is subject to a considerable breeding progress with a genetic yield increase for grain maize (14% H₂O) of 147 kg ha⁻¹ a⁻¹ and silage maize with 178 kg ha⁻¹ a⁻¹ dry matter. At the same time, however, it was found that actual agricultural yields, as recorded by Statistics Austria, reflect this breeding progress less and less. Advancing climate change was identified as one of the main causes. Consequently, we need further efforts in agriculture for climate change adaptation.

Referenzen:

- AGES. (2023). Österreichische Beschreibende Sortenliste 2023 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH.
- AHANGAR, M. A., BHAT, Z. A., SHEIKH, F. A., DAR, Z. A., LONE, A. A., HOODA, K. S., & REYAZ, M. (2016). Pathogenic variability in *Exserohilum turcicum* and identification of resistant sources to turcicum leaf blight of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3), 1523–1529.
- ALMARAZ, J. J., MABOOD, F., ZHOU, X., GREGORICH, E. G., & SMITH, D. L. (2008). Climate change, weather variability and corn yield at a higher latitude locale: Southwestern Quebec. *Climatic Change*, 88(2), 187–197.
- BEGUERÍA, S., & (BEGUERÍA & VICENTE-SERRANO, S. M. (2023). SPEI: Calculation of the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index. <https://CRAN.R-project.org/package=SPEI>
- DUVICK, D. N. (2005). The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.). In *Advances in Agronomy* (Vol. 86, pp. 83–145).
- HIEBL, J., & FREI, C. (2016). Daily temperature grids for Austria since 1961—Concept, creation and applicability. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(1–2), 161–178.
- HINTERHOLZER, J. (1999). Produktionserfolge im österreichischen Maisbau.
- LAIDIG, F., PIEPHO, H.-P., DROBEK, T., & MEYER, U. (2014). Genetic and non-genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(12), 2599–2617.
- LOBELL, D. B., CASSMAN, K. G., & FIELD, C. B. (2009). Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 179–204.
- MAITAH, M., MALEC, K., & MAITAH, K. (2021). Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Scientific Reports*, 11(1), 10467.
- PEICHL, M., THOBER, S., SAMANIEGO, L., HANSJÜRGENS, B., & MARX, A. (2019). Climate impacts on long-term silage maize yield in Germany. *Scientific Reports*, 9(1), 7674.
- R CORE TEAM. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- SCHILS, R. L. M., VAN DEN BERG, W., VAN DER SCHOOT, J. R., GROTEN, J. A. M., RIJK, B., VAN DE VEN, G. W. J., VAN MIDDELKOOP, J. C., HOLSHOF, G., & VAN ITTERSUM, M. K.

(2020). Disentangling genetic and non-genetic components of yield trends of Dutch forage crops in the Netherlands. *Field Crops Research*, 249, 107755.

STATISTIK AUSTRIA. (2024). STATcube—Statistische Datenbank von Statistik Austria.

Adresse des Autors

¹Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: DI Martin Fuchs, martin.fuchs@ages.at

Einfluss von Trockenheit auf den Ertrag und die Wurzelbiomasse von Knaulgras-Sorten

Influence of drought on cocksfoot cultivars on yield and root biomass

Lukas Gaier*, Andreas Klingler, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer

Einleitung

Der Klimawandel stellt das österreichische Grünland durch eine Zunahme von Extremwetterereignissen und eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zunehmend vor Herausforderungen. Die Vegetationsperiode beginnt deutlich früher, damit verändern sich traditionelle Auf- und Austriebstermine. Der Futterzuwachs im Frühjahr nimmt bei ausreichender Wasserverfügbarkeit zu, die Ertragsdepression im Sommer ist in den meisten Jahren deutlich ausgeprägter als früher. Damit verändern sich auch traditionelle Schnitttermine. Mit Ausnahme der gut wasserversorgten Standorte in kühleren Lagen ist künftig allgemein mit Ertragseinbußen zu rechnen. Aus diesen Gründen muss über eine Änderung des Pflanzenbestands und auch des Managements nachgedacht werden. Besonders das Gräsergerüst leidet, da sich der Hauptwurzelanteil vieler, für das Wirtschaftsgrünland bedeutender Grasarten in den oberen Bodenschichten befindet (Staniak & Kocóń, 2015). Aus diesem Grund ist auf dürregefährdeten Standorten die Zusammensetzung von Saatgutmischungen hin zu trockenheitstoleranteren Arten zu verschieben. In diesem Zusammenhang kommt dem Knaulgras (*Dactylis glomerata*) eine besondere Bedeutung zu. Die Futterqualität von Knaulgras ist zwar geringer als die des englischen Raygrases (*Lolium perenne*), kompensiert dies aber durch eine robuste Ertragsleistung im Sommer und eine erhöhte Toleranz gegenüber abiotischen Stressfaktoren, was es zu einer zuverlässigen Wahl unter schwierigen Anbaubedingungen macht (Sanada et al., 2010).

Obwohl die Art grundsätzlich als sehr trockenheitstolerant gilt, ist nur sehr wenig über Sortenunterschiede bekannt, da eine standardisierte Erhebung in Feldversuchen sehr schwierig ist. Aus diesem Grund wurde im Folientunnel der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet, um die Trockentoleranz von fünf Knaulgrassorten (Amba, Laban, RGT Lovely, Prolana und Tandem) unterschiedlicher europäischer Herkunft unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen.

Material und Methoden

Diese Sorten wurden vier Bewässerungsbehandlungen unterzogen, die in sechsfacher Wiederholung in 120 randomisiert verteilten Töpfen über drei Aufwüchse wiederholt wurden. Das Hauptziel bestand darin, die Auswirkungen von drei Feldkapazitätsstufen (T1→80%, T2→60%, T3→40%) zu untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf dem Ertrag und der Wassernutzungseffizienz der Sorten lag. Die Versuchsanordnung umfasste die Aussaat der Pflanzen in Anzuchterde, das Umpflanzen in Saatschalen und schließlich das Umtopfen in mit Quarzsand gefüllte Mitscherlich-Töpfe. Diese Töpfe hatten einen abgedeckten Wasserablauf mit Untersetzer, um das Eindringen von Wurzeln und das Auslaufen von Substrat zu verhindern. Es wurde eine Startdüngung mit Stickstoff, Phosphor und Kali sowie diversen Spuren- und Mengenelementen vorgenommen und eine Kalkgabe zu Pufferung des pH-Wertes durchgeführt. Die Feldkapazität wurde aus der Differenz zwischen dem Sättigungsgewicht und dem Trockengewicht des Substrats berechnet. Der Wassergehalt der Töpfe wurde mehrmals pro Woche gravimetrisch überwacht, wobei die Bewässerung so angepasst wurde, dass das vorgegebene Gewicht beibehalten

wurde. Bei den Schnitterminen wurden alle Pflanzen auf einer Höhe von 5 cm mit einer Schere abgeschnitten (Abbildung 1) und das Frischmassegewicht pro Topf auf Zehntelgramm bestimmt.

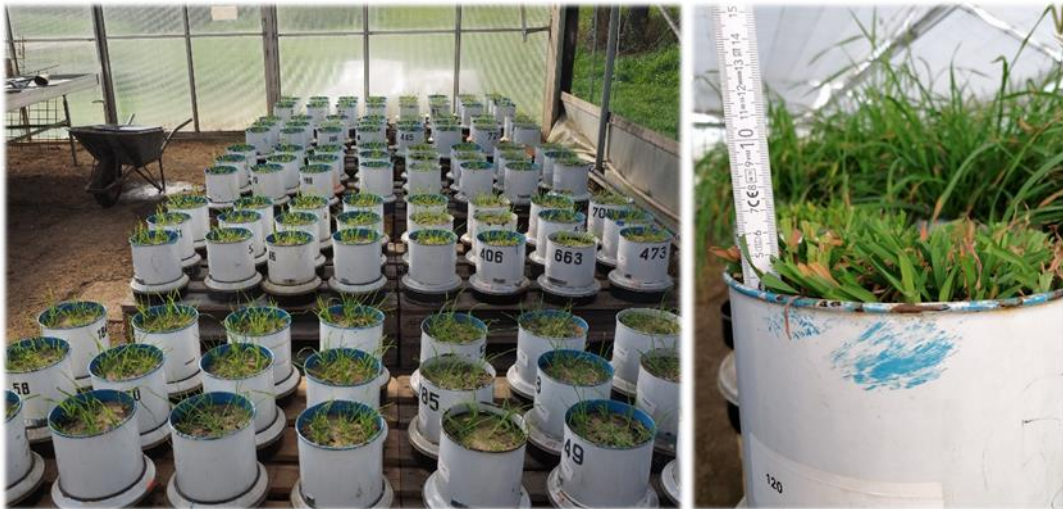


Abbildung 9: **Jungpflanzen nach der Verpflanzung in die Mitscherlichgefäße (links) und nach der Ernte des ersten Aufwuchses (rechts)**

Danach wurden die das Erntegut? in einer Warmlufttrocknung bis auf einen Wassergehalt von ca. 11 % getrocknet und dadurch konserviert. Die finale Bestimmung der Trockenmasse erfolgte mittels NIRS-Spektroskopie.

Nach der Ernte des dritten Aufwuchses wurden die Pflanzen an der Bodenoberfläche gekappt (Abbildung 4) und der Wurzelanteil in drei verschiedenen Bodenschichten (0-5 cm, 5-10 cm, >10 cm) ermittelt. Dazu wurden die Wurzelballen in den betreffenden Tiefen durchgeschnitten, die Wurzeln ausgewaschen und deren Frischmasse erhoben. Die Wurzeln wurden anschließend in einem Muffelofen getrocknet und der Trockenmasseanteil bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Studie zeigte, die höchsten Erträge über alle Wachstumsstadien und Sorten hinweg in der gut wasserversorgten T1 zu verzeichnen waren (Abbildung 2), während die Erträge in den T2 und T3 allmählich abnahmen.

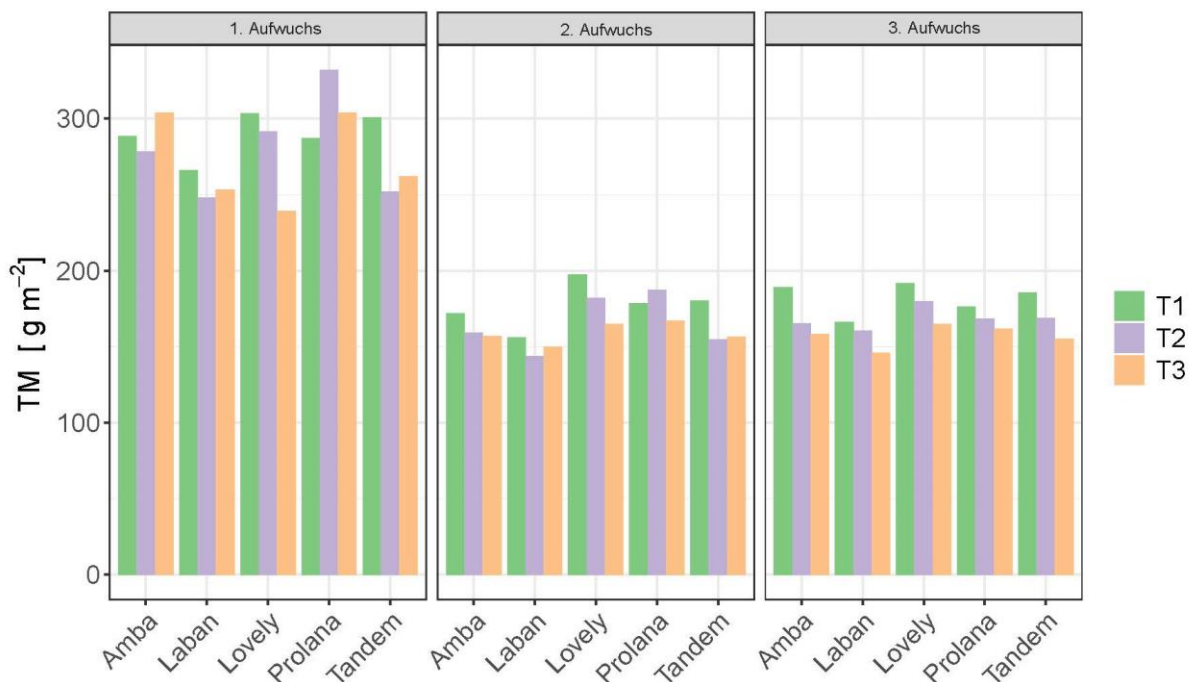


Abbildung 10: Futterertrag von Knäulgrassorten vom ersten bis zum dritten Aufwuchs unter verschiedenen Feldkapazitäten (T1 =80% FC, T2 =60% FC T3 =40% FC).

Der erste Aufwuchs lieferte bei allen Sorten und Behandlungen durchweg die höchsten Erträge. Die Ergebnisse stimmen mit denen aus der Literatur überein und weisen auf eine wiederkehrende Beobachtung hin: Trockenheit wirkt sich zwar auf alle Sorten aus, aber nicht auf die gleiche Weise (Bristiel et al., 2019).

Unter den Sorten stach Prolana mit dem höchsten Durchschnittsertrag über alle Aufwüchse und Treatments hinweg hervor und übertraf Tandem und Laban signifikant. Bei der Untersuchung der Treatments zeigten Lovely und Tandem beeindruckende Erträge in allen Aufwüchsen unter T1 und übertrafen durchweg den Treatmentschnitt. In T2 war der Ertrag von Prolana am höchsten und lag deutlich über dem von Laban. In T3 hatten sowohl Prolana als auch Amba höhere Erträge als der Treatmentschnitt, wobei Prolana den Treatmentschnitt in jedem Wachstum übertraf.

Die verschiedenen Bewässerungstreatments zeigten deutliche Unterschiede in Hinblick auf die Wurzelmasse der fünf Sorten. In jedem Bewässerungstreatment zeigt dabei die Sorte Prolana die höchste Wurzelmasse, mit einem deutlichen Abstand zu den anderen Sorten. Lediglich bei stark reduzierter Bewässerung zeigte die Sorte Amba ein ähnlich hohes Niveau. Die niedrigsten Wurzelmassen wiesen in allen Bewässerungsvarianten die Sorten RGT Lovely und Tandem auf.

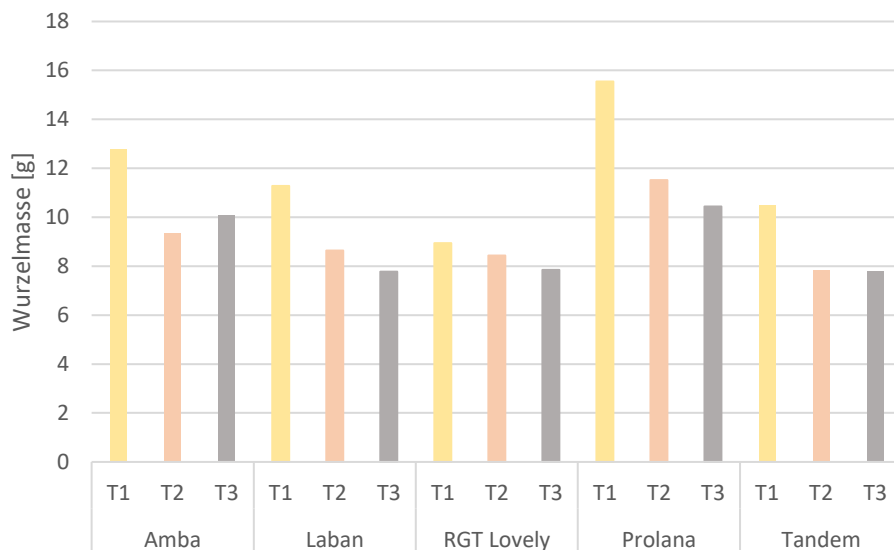


Abbildung 11: Wurzelmasse von Knautgrassorten unter verschiedenen Feldkapazitäten (T1 =80% FC, T2 =60% FC T3 =40% FC).

Die Ergebnisse zeigen deutlich die starke Variabilität von Sorten unter verschiedenen Trockenheitsbedingungen. Bei den reduzierten Bewässerungstreatments zeigte über alle untersuchten Eigenschaften hinweg die Sorte Prolana eine sehr starke Performance, dies ist womöglich durch ein überdurchschnittlich stark ausgeprägtes Wurzelsystem zu begründen. Bei voller Bewässerung hingegen konnte die Sorte 4 in Hinblick auf die TM-Erträge nicht mit den Sorten RGT Lovely und Tandem mithalten. Während es bei der oberirdischen Biomassebildung zwischen den Sorten unterschiedliche Reaktionen auf die verschiedenen Trockenheitstreatments gab, zeigten die Untersuchungen der Wurzeln ein homogeneres Bild, da hier unabhängig der Bewässerung die Prolana die höchste Wurzelmasse aufwies.

Generell kann zusammengefasst werden, dass die Trockenheitstreatments alle untersuchten Parameter stark beeinflussten. Dies zeigt, dass in Zukunft ein verstärktes Augenmerk auf die Trockenresistenz in der Zucht, aber auch in der Prüfung von neuen Sorten gelegt werden muss. Während bei der Zucht die kontrollierten Bedingungen für die Selektion noch verhältnismäßig einfach umgesetzt werden können, stellt die Sortenprüfung eine größere Herausforderung dar.

Zusammenfassung

Der Klimawandel und die damit verbundene Zunahme von Trockenperioden stellen die Grünlandwirtschaft vor große Herausforderungen. Um die Pflanzenbestände stabil zu halten, ist die Verwendung von trockenheitstoleranten Arten und Sorten unerlässlich. Da nur wenig über die Trockentoleranz von Grassorten bekannt ist, haben wir einen Gewächshausversuch gestartet, um die Trockentoleranz von fünf europäischen Knautgras-Sorten zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede in Bezug auf Ertrag und die Wurzelbiomasse. Die höchsten Erträge wurden bei allen Sorten bei 80% Feldkapazität / voller Bewässerung erreicht. Bei trockenen Bedingungen zeigte die Sorte Prolana die besten Ergebnisse hinsichtlich des Ertrags was zumindest teilweise an ihrer verhältnismäßig hohen Wurzelbiomasse liegt. Die Ergebnisse betonen die Bedeutung trockenheitstoleranter Sorten für zukünftige landwirtschaftliche Praktiken, wobei die Sorten auf die jeweilige Region abgestimmt werden müssen.

Abstract

Climate change and the associated increase in dry periods pose major challenges for grassland farming. In order to keep plant populations stable, the use of drought-tolerant species and varieties is essential. As little is known about the drought tolerance of grass varieties, we started a greenhouse trial to

investigate the drought tolerance of five European cocksfoot varieties. The results showed clear differences in terms of yield and root biomass. The highest yields were achieved for all varieties at 80% field capacity. In dry conditions, the Prolana variety showed the best results in terms of yield, partly due to its comparatively high root biomass. The results emphasise the importance of selecting drought-tolerant varieties for future agricultural practices, whereby the varieties must be adapted to the respective region.

Literatur

BRISTIEL P, ROUMET C, VIOLLE C, VOLAIRE F (2019): Coping with drought: root trait variability within the perennial grass *Dactylis glomerata* captures a trade-off between dehydration avoidance and dehydration tolerance. *Plant Soil*, 434(1), 327-342. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3854-8>

SANADA, Y., TAMURA, K., & YAMADA, T. (2010): Relationship between Water-Soluble Carbohydrates in Fall and Spring and Vigor of Spring Regrowth in Orchardgrass. *Crop Science*, 50, 380-390. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.01.0031>

STANIAK, M., & KOCON, A. (2015): Forage grasses under drought stress in conditions of Poland. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(6), 116. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1864-1>

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: DI Lukas GAIER, lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at

VoPoKi-Projekt: Erkenntnisse aus dem Sortenversuch zur Potentialerhebung von Kichererbsen im Trockengebiet von Österreich

VoPoKi project: Findings from the variety trial to determine the potential of chickpeas in arid regions of Austria

Svenja Bomers¹, Philipp von Gehren^{1*}, Elisabeth Reiter², Magdalena Wagner²,
Nathalie Runge², Sylvia Vogl³, Anna Moyses⁴, Astrid Plenk⁴

Einleitung

Die Kichererbse (*Cicer arietinum*), mit ihrer hohen Trockentoleranz, stickstoffunabhängigem Wachstum und ihrem hohen Proteingehalt, ist eine vielversprechende Kultur für den Anbau in trockenen Regionen Ostösterreichs. Eine Ausdehnung des Anbaus dieser Kultur könnte nicht nur dazu beitragen, die Importabhängigkeit zu reduzieren, sondern auch eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Eiweißquellen bieten. Trotz wachsender Anbauflächen (von 80 Hektar im Jahr 2017 auf 471 Hektar im Jahr 2021 (AMA, 2024)), kann die Nachfrage nach Kichererbsen in Österreich nicht gedeckt werden, sodass jährlich rund 1.600 t importiert werden (FAOSTAT, 2024). Angesichts dieses steigenden Bedarfs und der Bedeutung regionaler Produkte in Österreich wird ein erhebliches Marktpotenzial für Kichererbsen aus regionaler Produktion, insbesondere in Bioqualität, erwartet. Jedoch fehlen vielen österreichischen Landwirten und Landwirtinnen Informationen und der Zugang zu geeigneten Sorten und Saatgut, um Kichererbsen erfolgreich in ihrer spezifischen Anbauumgebung anzubauen. Das Hauptziel dieses Projekts war es, durch die Durchführung eines Sortenversuchs mit 24 verschiedenen Kichererbsen-Sorten im trockenen Anbaugbiet Marchfeld im Jahr 2023 weitere Informationen darüber zu erhalten, welche Sorten für die österreichischen Anbaubedingungen gut geeignet sind.

Material und Methoden

Im Jahr 2023 wurde ein Sortenversuch mit 24 verschiedenen ausländischen Kichererbsensorten auf der Versuchsstation der österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) in Fuchsenbigl, Marchfeld, einem trockenen Anbaugbiet Ostösterreichs, durchgeführt. Vor dem Anbau wurden Keimfähigkeitstests durchgeführt und das Tausendkorngewicht des Saatguts ermittelt, um die Saatstärke entsprechend anzupassen und eine Bestandesdichte von 50 Pflanzen/m² zu erreichen. Der Sortenversuch wurde in einer vollständig randomisierten Gitteranordnung mit vier Wiederholungen pro Sorte angelegt. Die Kichererbsen wurden mit Legume Fix Torf (Gartensoja) geimpft und am 10.05.2023 ausgesät. Die Saat erfolgte mit einer Drillmaschine in vier Reihen pro Parzelle, mit einem Reihenabstand von 39 cm und einer Saattiefe zwischen 4 und 5 cm. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mechanisch, am 01.06.2023 und am 19.06.2023. Die Ernte fand am 17.08.2023 statt, 99 Tage nach der Aussaat, unter Verwendung einer Parzellenerntemaschine. Die Vegetationsperiode 2023 war durch eine nasse Periode im Mai und Anfang Juni, sowie einen heißen und trockenen Juli gekennzeichnet.

Während der Vegetationsperiode wurden die Kichererbsen an vier verschiedenen Terminen (20.06.2024, 26.06.2024, 10.07.2024 und 11.08.2024) phänotypisch beschrieben. Schädlinge und Krankheiten wurden zweimal (29.06.2024 und 24.07.2024) während der Vegetationsperiode untersucht. Der Ertrag pro Parzelle wurde mit dem Parzellenernter erhoben, dann der Feuchtigkeitsgehalt ermittelt und der bereinigte Ertrag pro Parzelle und Sorte basierend auf einem Trockenmassegehalt von 86% nach Williams (1977) berechnet. Der Proteingehalt wurde durch Verbrennung nach dem Dumas-Prinzip bestimmt und auf einen nominalen Trockenmassegehalt von 86 % standardisiert (Austrian Standards International, 2009, 2016). Die Trypsininhibitoraktivität (TIA) des geernteten Materials wurde in zwei Durchgängen gemessen, wobei die Aktivität in Milligramm gehemmtes Trypsin pro Gramm Probe (mg/g) bestimmt wurde (Austrian Standards International, 2002).

Ergebnisse und Diskussion

In unserem Versuch wurde festgestellt, dass die geringe Keimfähigkeit einzelner Sorten eine Herausforderung darstellte. Etwa ein Drittel (37 %) der untersuchten Kichererbsen-Sorten erreichten nicht den erwünschten Grenzwert von 85 %, wobei mehrere sogar unter 70 % Keimfähigkeit lagen. Diese Varianz

in der Keimfähigkeit hat einen erheblichen Einfluss auf die Aussaatmenge und die Saatgutkosten für Landwirtinnen und Landwirte, da Sorten mit niedrigeren Keimfähigkeiten eine höhere Aussaatmenge erfordern, was zu höheren Saatgutkosten führt. Aufgrund ihrer langsamen Entwicklung, geringen Pflanzenhöhe und verzögerten Bodenbedeckung können Kichererbsen nur schwer mit Unkraut konkurrieren, was zu erheblichen Ertragseinbußen führen kann. Daher ist es entscheidend, eine optimale Bestandesdichte durch angepasste Saatstärken zu erreichen, um die Unkrautkonkurrenz zu verbessern, eine gleichmäßige Reife zu gewährleisten und das Ertragspotenzial zu maximieren. Da Kichererbsen nicht unter die österreichische Saatgutverordnung fallen und daher keine verpflichtende Keimfähigkeitsprüfung vor dem Inverkehrbringen des Saatguts vorgeschrieben ist, ist eine individuelle Keimfähigkeitsprüfung vor der Aussaat von entscheidender Bedeutung, um die erforderliche Aussaatmenge für eine gute Bestandesdichte genau zu bestimmen.

Ebenso wiesen die Tausendkorngewichte (TGW) erhebliche Unterschiede auf, die von 118 g (Sorte Bori) bis 531 g (Sorte Gavdos) reichten. Unsere Ergebnisse bestätigten die bekannte Tendenz, dass Kichererbsen des Desi-Typs im Allgemeinen niedrigere TGWs aufweisen als solche des Kabuli-Typs. Das TGW der Desi-Sorten in unserem Versuch lag zwischen 120 bis 260 g, während dieses für die Kabuli-Sorten zwischen 260 und 530 g lag. Bei Gulabi-Sorten rangierte das TGW zwischen 230 und 290 g. In Bezug auf das Erscheinungsbild unterschieden sich die Kichererbsen vor allem in zwei Typen: Kabuli und Desi, wobei der Kabuli-Typ in Europa bekannter und weiter verbreitet ist. Von den 24 untersuchten Sorten waren 19 vom Kabuli-Typ, 3 vom Desi-Typ und 2 vom Gulabi-Typ. Unsere Ergebnisse bestätigen, dass Desi-Sorten kleinere, kantigere Samen mit rötlich-violetten Blüten und dunkler, gelber oder schwarzer Samenschale aufweisen. Gulabi-Sorten, ein Untertyp des Desi-Typs, können größer sein und eher runde, erbsenförmige Samen haben. Kabuli-Sorten, die typischen Kichererbsen in Mitteleuropa, zeichnen sich durch größere Samen, weiße Blüten und helle, cremefarbene Samen aus (Abbildung 12).



Abbildung 12: Vergleich der Blütenfarbe und Samenform und -farbe der verschiedenen Kichererbsen-Typen Kabuli (links) und Desi (rechts).

Die unterschiedlichen Reifegrade und die uneinheitliche Abreife der Sorten stellten eine Herausforderung dar, um den optimalen Erntezeitpunkt genau zu bestimmen (Abbildung 13). Eine Kategorisierung der Kichererbsen-Sorten nach verschiedenen Reifegruppen könnte dieser Problematik entgegenwirken und sollte als weiteres zukünftiges Forschungs- und Züchtungsziel verfolgt werden. Der sogenannte indeterminierte Wuchs der Kichererbsen erschwert die genaue Bestimmung des Erntezeitpunkts zusätzlich, da sie zur ungleichmäßigen Reifung neigen. Nach Regenfällen können sich bereits in der Abreife befindende Kichererbsen unter Umständen ihr Wachstum fortsetzen, erneut blühen und neue Hülsen und Samen ausbilden. Sorten, die ihr Wachstum auch unter günstigen Bedingungen stoppen, sind erwünscht, um zu vermeiden, dass grüne Samen die Qualität und den Wert der Ernte mindern.



Abbildung 13: Fotos der Parzellen der Sorte Donia (links) und Katalin (rechts) zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Niveaus der Reife 82 Tage nach der Aussaat vom Kichererbsen-Sortenversuch in Fuchsenbigl, Österreich (31.07.2023)

Der erhobene bereinigte Ertrag bei einem normalisierten Trockenmassegehalt von 86 % lag zwischen 16 und 24 dt/ha, mit einem Versuchsdurchschnitt von 20 dt/ha (Abbildung 14). Der Proteingehalt der Kichererbsen bei einem Trockenmassegehalt von 86 % schwankte zwischen 19 % und 23 % (Versuchsdurchschnitt 21 %). Der Proteingehalt ist entscheidend für die Weiterverarbeitung von Kichererbsen, insbesondere in vegetarischen Gerichten, wo sie oft als Ersatz für tierisches Protein dienen. Folglich ist ein hoher Proteingehalt wünschenswert. Die Sorte Analisto wies mit 23 % den höchsten Proteingehalt auf. Die Sorte Flamenco zeichnete sich durch einen hohen Ertrag und einen hohen Proteingehalt aus und weist somit ein hohes Potential für den Anbau in Österreich auf. Insbesondere bei den Sorten des in Europa verbreiteten Kabuli-Typs besteht die Möglichkeit einer weiteren züchterischen Bearbeitung.

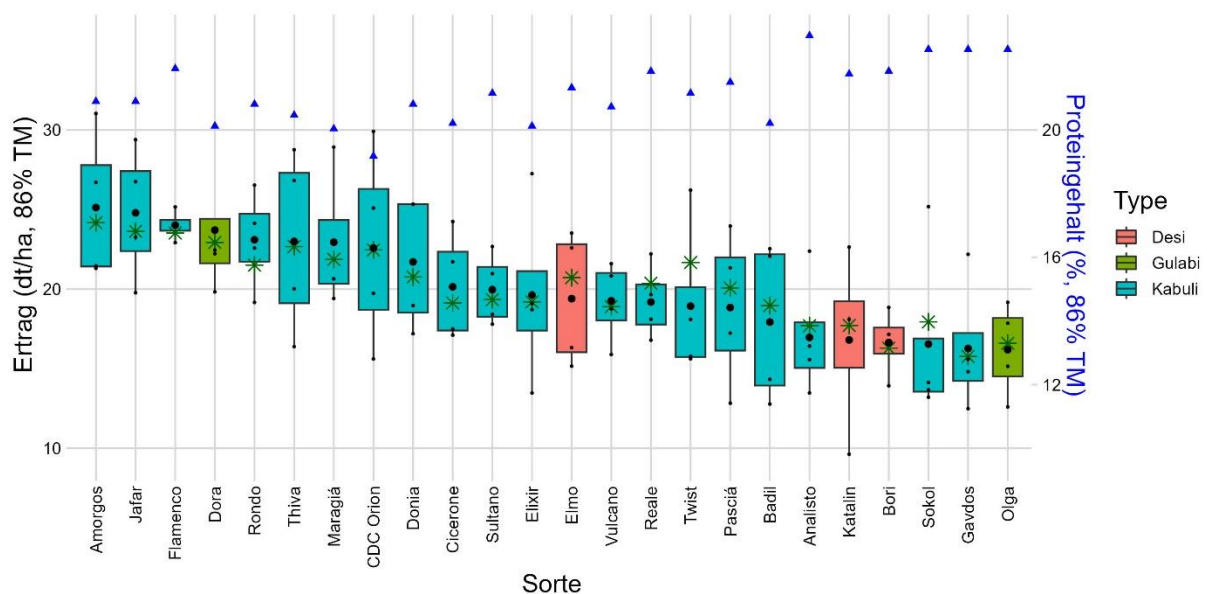


Abbildung 14: Ertrag (dt/ha bei 86 % Trockenmasse) und Proteingehalt (% bei 86 % Trockenmasse) von Kichererbsen-Sorten, die im Jahr 2023 in Fuchsenbigl, Niederösterreich, angebaut wurden. Die Sorten sind nach ihrem arithmetischen Mittelwert des Ertrags (basierend auf 4 Wiederholungsparzellen) geordnet, gekennzeichnet durch den schwarzen Punkt. Der grüne Stern zeigt den bereinigten Mittelwert unter Berücksichtigung des Blockeffekts des Gittermusters laut Williams (1977). Das blaue Dreieck zeigt den Proteingehalt an.

Die Trypsininhibitoren, die die Nährstoffaufnahme in Leguminosen behindern, waren mit durchschnittlich 6,74 mg/g um ein bis zwei Drittel niedriger als in Sojabohnen, aber dreimal höher als in Körnererbsen (Muzquiz & Wood, 2007). Ihr Gehalt übersteigt die empfohlenen Fütterungsmengen, was die Notwendigkeit unterstreicht, eine ordnungsgemäße Zubereitung durch gründliches Erhitzen sicherzustellen. Um verlässliche Aussagen darüber treffen zu können, welche Sorten für österreichischen Böden und im österreichischen Klima geeignet sind, sind weitere Versuche über mehrere Standorte und Jahre notwendig. Die Aufnahme der Kichererbse in die österreichische Saatgutverordnung oder in den EU-Sortenkatalog würde eine höhere Saatgutqualität und die Versorgung mit gesunden, qualitativ hochwertigen und leistungsfähigen Sorten garantieren.

Zusammenfassung

Die Kichererbse, als hochwertige Proteinquelle, wird in der österreichischen Landwirtschaft noch wenig angebaut, obwohl sie aufgrund ihrer hohen Trockenheitstoleranz zu den Gewinnern der sich ändernden klimatischen Bedingungen zählt. Trotz steigenden Anbaus ist Österreich aufgrund der großen Nachfrage immer noch stark von Importen abhängig. Vielen österreichischen Landwirten und Landwirtinnen fehlt zum Anbau von Kichererbsen unter anderem die Verfügbarkeit von passenden Sorten und Saatgut für ihre spezifische Anbauumgebung. In dieser Studie wurden im Jahr 2023 24 verschiedene ausländische Kichererbsensorten in einem Sortenversuch im trockenen Anbaugbiet Österreichs, in Fuchsenbigl, Marchfeld, angebaut und auf ihre Eigenschaften wie Erscheinungsbild, Wachstum, Ertrag und Proteingehalt untersucht, wobei deutliche Sortenunterschiede beobachtet werden konnte. Die Keimfähigkeit des Saatguts einiger Kichererbsensorten war schwach, weshalb eine Anpassung der Saatstärke erfolgte. Im Erscheinungsbild unterschieden sich die Kichererbsen vor allem in zwei Typen: Kabuli und Desi, wobei der Kabuli-Typ in Europa bekannter und beliebter ist. Die Sorten variierten deutlich in Wachstum, Reifezeitpunkt, Ertrag und Proteingehalt. Der erhobene Ertrag bei einem normalisierten Trockenmassegehalt von 86 % lag zwischen 16 und 24 dt/ha, wobei der Proteingehalt zwischen 19 % und 23 % lag. Um verlässliche Aussagen darüber treffen zu können, welche Sorten auf den österreichischen Böden und im österreichischen Klima am besten wachsen, sind weitere Versuche über mehrere Standorte und Jahre notwendig. Die Aufnahme der Kichererbse in die österreichische Saatgutverordnung oder in den EU-Sortenkatalog würde eine höhere Saatgutqualität und die Versorgung mit gesunden, qualitativ hochwertigen und leistungsfähigen Sorten garantieren.

Abstract

Chickpeas, a high-quality source of protein, are still rarely cultivated in Austrian agriculture, although they are one of the beneficiaries of the changed climatic conditions due to their high drought tolerance. Despite increasing cultivation, Austria is still heavily dependent on imports due to its high demand. Many Austrian farmers lack access to chickpea varieties and seeds suitable for their specific cultivation environments. In this study conducted in 2023, 24 different foreign chickpea varieties were grown in a trial in the arid growing region of Austria, in Fuchsenbigl, Marchfeld, and examined for their characteristics such as appearance, growth, yield, and protein content, where considerable differences between varieties were observed. Some observed chickpea varieties displayed a low germination rate, necessitating adjustment of the sowing rate. The appearance of the chickpeas differed mainly between two types: Kabuli and Desi, with Kabuli being more well-known and popular in Europe. Varieties exhibited great differences in growth, maturity, yield, and protein content. Measured yield at normalized 86 % dry matter content ranged between 16 and 24 dt/ha, with the protein content ranging between 19 % and 23 %. Multi-location and multi-year trials are necessary to reliably determine which varieties thrive best in Austrian soils and climate. Inclusion of chickpeas in the Austrian seed regulation or in the EU variety catalog would ensure higher seed quality and supply of healthy, high-quality, and high-performing varieties.

Danksagung

Die Arbeit wurde von BIOS Science Austria - Verein zur Förderung der Lebenswissenschaften gefördert. Die Autoren und Autorinnen bedanken außerdem sich bei ihren Kolleginnen und Kollegen vom Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion (AGES), explizit bei Johannes Hösch, Thomas Miksch und Samuel Winkler für ihre Hilfe bei der Planung, Durchführung und Auswertung des Versuchs. Außerdem

danken wir Armin Bajraktarevic vom gleichen Institut für die Analyse und Auswertung der Bodenproben.

Hinweise

Die vorgestellte Arbeit wurde auch als wissenschaftlichen Artikel im Journal Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment eingereicht. Details können weiters in dem Projekt-Abschlussbericht nachgelesen werden (<https://www.ages.at/forschung/projekt-highlights/vopoki>).

Literatur

Agrarmarkt Austria (AMA) (2024): AMA Flächenauswertung. Retrieved from https://flaechenauswertung.services.ama.at/#/year/2021/prodcat/A_623/region/OE/comparisonYear/2019/detail/1/mapView/0.7g?center=13.1856,47.7077&zoom=7.5

Austrian Standards International. (2002) ÖNORM EN ISO 14902.

Austrian Standards International. (2009) ÖNORM EN ISO 16634-1.

Austrian Standards International. (2016) ÖNORM EN ISO 16634-2.

FAOSTAT (2024): Import Quantity of Chickpea in Austria. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>

Muzquiz M, & Wood JA (2007): Antinutritional factors. In Chickpea Breeding and Management (pp. 143-166).

Williams ER (1977): Iterative analysis of generalized lattice designs. Austral. J. Statist., 19(1), 39-42.

Adressen der Autor:innen

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

² Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Tierernährung und Futtermittel, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

³ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Wieningerstraße 8, 4020 Linz, Austria

⁴ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien, Spargelfeldstraße 191, 1220 Vienna, Austria

* Ansprechpartner: Dr. Philipp von Gehren, philipp.von-gehren@ages.at

Nachhaltigkeit als Sortenmerkmal

Sustainability as a characteristic of plant varieties

Klemens Mechtler^{1*}, Clemens Flamm¹ und Philipp Starnberger¹

Einleitung

Nachhaltigkeit im Sinne einer bestmöglichen Ressourcennutzung in der landwirtschaftlichen Produktion bewegt Landwirte, die Fachberatung und zunehmend auch Konsumenten und politische Entscheidungsträger. Der Verordnungsvorschlag des europäischen Parlamentes und des Rates zur sorten- und saatzgutrechtlichen Neuregelung von Pflanzenvermehrungsmaterial sieht eine starke Betonung von Nachhaltigkeitsaspekten im Sortenzulassungsverfahren vor (EU-KOMMISSION, 2023). Es sind aber auch bei reduziertem Betriebsmitteleinsatz konkurrenzfähige Ertragsleistungen, eine ausreichende Ertragsstabilität und Erntegutqualität gefordert. Damit kommt dem genetischen Potenzial der Sorten in der Produktion erhöhte Bedeutung zu.

Die Nachhaltigkeit von Sorten in Anbau und Verwertung beruht auf vielen Teileigenschaften:

Resilienz gegenüber abiotischen Schadfaktoren:

Winterfestigkeit, rasche Jugendentwicklung oder Trockenheitstoleranz sind dabei zu nennen. Die Winterfestigkeit umfasst physiologische Winterschäden wie Erfrieren oder Sauerstoffarmut unter der Schneedecke, aber auch parasitäres Auswintern durch Schneeschimmel oder Typhulafäule.

Sorten mit kräftigem Jugendwachstum überstehen ein kaltes Frühjahr besser und entwickeln früher eine relevante Unkrautkonkurrenz. Ein kräftiger Jungpflanzenbestand kann dazu beitragen, den Herbizideinsatz und den Aufwand für mechanische Unkrautmaßnahmen zu reduzieren. Bei warmer Witterung wiederum erfolgt der Reihen- bzw. Bestandesschluss, der Boden wird besser beschattet und die Evaporation wird verringert.

Abwehr von biotischen Stressfaktoren:

Diese kann sich in einem geringeren Krankheitsbefall, in einer Verzögerung im Befallsverlauf oder in einer geringeren Beeinträchtigung der Leistungs- und Qualitätseigenschaften zeigen. Beispiele für Resistenzen gegen Schädlinge sind nematodenfeste Sorten von Zuckerrübe, Kartoffel, Senf oder Ölrettich.

Hohe Nährstoffeffizienz:

In der Pflanzenernährung spielt die Stickstoffeffizienz eine besondere Rolle. Als Kriterium für Sortenunterschiede in der Stickstoffverwertung dient die in den Ertragsorganen eingelagerte Stickstoffmenge bei gleicher Nährstoffversorgung im Sortenversuch (LAIDIG et al., 2024).

Im Beitrag wird beispielhaft in Ergebnisdarstellungen zu Getreide, Mais und Sojabohne die verstärkte Ausrichtung in der Sortenwertprüfung auf eine nachhaltigere Produktion dargelegt. Weiters wird auf Möglichkeiten und Grenzen bei der Darstellung der Nachhaltigkeit als Sortenmerkmal eingegangen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden entsprechend den Richtlinien für die Sortenwertprüfung 2022 durchgeführt (BAES, 2022) Die reguläre Prüfdauer beträgt für die meisten Getreidearten, Mais und Sojabohne zwei Jahre; bei Winterweizen, Durumweizen und Dinkel drei Jahre.

Resilienz gegen abiotische Schadfaktoren (BAES, 2022):

Winterhärte: Frostfestigkeit, Toleranz gegen Frosttrocknis, Toleranz gegen lange Schneedecke (Sauerstoffarmut): Bonitur als Winterschäden 1-9

Raschheit der Jugendentwicklung: Wuchshöhe und oberirdische Pflanzenmasse, Bodendeckungsgrad, bei Getreide auch Blatthaltung, Datum bzw. Ausmaß des Reihenschlusses: Bonitur 1-9 bzw. Datum.

Trockenheitstoleranz: Beregnete und unberegnete Versuche im Trockengebiet. Versuche auf trockenen Standorten mit Beregnung unter Bedarf, Bodensensoren für das Monitoring der Bodenwasser-
verfügbarkeit. Kriterien: Ertrag und Ertragsabfall bei ungenügender Wasserversorgung.

Standfestigkeit: Ausmaß der Lagerung nach starken Regenfällen und Winden (Bonitur 1-9).

Sorteneigenschaften gegen biotische Schadfaktoren

Getreide:

Widerstandsfähigkeit gegen Schneeschimmel und Typhulafäule unter Schnee (Bonitur 1-9). Der überwiegende Teil der Ertragsversuche erhält keine Fungizidapplikationen. Das Krankheitsauftreten wird hier je nach Auftreten unter natürlichem Befall erhoben. In den Richtlinien für die Sortenwertprüfung (BAES 2022) sind ergänzend zu den Ertragsversuchen bei Krankheiten mit großem Schadenspotenzial für Ertragsleistung und/oder Erntegutqualität zusätzlich Krankheitsregister vorgesehen, die je nach Schaderreger unter natürlichem Befallsdruck, auf Provokationsflächen oder nach künstlicher Infektion beobachtet werden (Bonitur 1-9 oder quantitative Erfassung).

Tabelle 1: **Krankheitsregister bei Getreide, Richtlinien für Sortenwertprüfung 2022**

| Krankheit Getreideart | Mehltau | Mutterkorn | Gelbrost | DTR-Blattflecken | Ährenfusariose | Gewöhl. Steinbrand | Septoria tritici |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Winterroggen | natürliche Infektion | künstliche Infektion 4x | | | | | |
| Wintertriticale | natürliche Infektion | | künstliche Infektion | | Provokationsparzellen | | |
| Winterweizen | | | künstliche Infektion | natürliche Infektion, Fruchtfolge | Provokationsparzellen | künstliche Infektion | natürliche Infektion |
| Winterdurumweizen | | | künstliche Infektion | natürliche Infektion, Fruchtfolge | Provokationsparzellen | | natürliche Infektion |
| Winterdinkel | | | künstliche Infektion | | | künstliche Infektion | natürliche Infektion |
| Sommerweizen | | | künstliche Infektion | natürliche Infektion, Fruchtfolge | Provokationsparzellen | | natürliche Infektion |
| Sommergerste, Hafer | natürliche Infektion | | | | | | |

Die Symptombeobachtungen erfolgen visuell, quantitative Erhebungen gibt es bei Mutterkorn (Sklerotienanteil im Erntegut), bei Triticale (Mykotoxingehalt, Deoxynivalenol) und bei Gewöhnlichem Steinbrand (Anteil kranker Ähren/Fläche).

Körnermais:

In der Sortenwertprüfung von Körnermais läuft seit 2014 ein Mykotoxinprogramm mit jährlich 850 Proben von allen Sorten und Standorten des zweiten Wertprüfungsjahres, die auf ihren Mykotoxingehalt (Deoxynivalenol, Zearalenon und Fumonisine) untersucht werden. Je nach Befallsituation gibt es von etwa einem Drittel der Standorte auch visuelle Erhebungen zum Kolbenbefall.

Nährstoffeffizienz:

Stickstoffeffizienz: Proteinertrag bei Getreide und Körnermais

Ergebnisse und Diskussion

Nachstehend ist je ein Beispiel für Getreide, Mais und Sojabohne mit Ergebnissen zu für eine nachhaltige Produktion wichtigen Sorteneigenschaften angeführt. In den künstlich infizierten Versuchen zu Weizensteinbrand zeigen die Sorten für den Bioanbau Tilliko, Tillsano oder Axaro wesentlich geringere Befallswerte im Vergleich zu den übrigen Sorten.

Bei Getreide hat die Analyse des Proteingehaltes eine lange Tradition. Die Sorteneinstufung für die Stickstoffeffizienz anhand des Proteinertrages wird daher schon seit Jahren in der Beschreibenden Sortenliste (BSL) veröffentlicht (BAES 2024).

Tabelle 2: **Anfälligkeit von Winterweizen für Weizensteinbrand (*Tilletia caries*): Prozentanteil befallener Ähren nach künstlicher Infektion (4 Versuche 2022 bis 2023)**

| SORTE | Fuchsenbigl, NÖ | | Grabenegg, NÖ | | Mittel |
|----------|-----------------|------|---------------|------|--------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | |
| Capo | 79 | 26 | 59 | 72 | 59 |
| Mandarin | 75 | 12 | 67 | 81 | 59 |
| Ehogold | 87 | 11 | 74 | 59 | 58 |
| Arminius | 76 | 9 | 62 | 81 | 57 |
| Aurelius | 75 | 3 | 74 | 77 | 57 |
| Arnold | 75 | 5 | 59 | 75 | 54 |
| Edelmann | 55 | 25 | 57 | 74 | 53 |
| Adamus | 57 | 8 | 68 | 61 | 49 |
| Tilliko | 9 | 3 | 4 | 24 | 10 |
| Tillsano | 12 | 0 | 6 | 8 | 7 |
| Axaro | 1 | 0 | 0 | 19 | 5 |

Quelle: AGES, Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024

Bei Körnermais wurde auf Projektbasis 2018 mit der Analyse des Proteingehaltes begonnen. Die anhaltenden Ertragsfortschritte machten eine Aktualisierung der Datengrundlage zum Proteingehalt notwendig. Sorteneinstufungen dazu sind ab 2024 in der BSL enthalten. Tabelle 3 bietet einen Überblick zu den Proteinträgen in den AGES-Sortenversuchen, differenziert nach Reifegruppen, und die davon abgeleitete Variation in den Einstufungen zur Stickstoffeffizienz.

Tabelle 3: Körnermais: Proteinträge und Einstufungen zur N-Effizienz nach Reifegruppen (Versuche 2018 bis 2023)

| Reifegruppe | Sortiment | Sortenzahl | N-Effizienz | | Spannweite dt/ha | Mittelwerte dt/ha |
|--------------------|----------------|------------|-------------------------------|--------|------------------|-------------------|
| | | | 1=sehr niedrig 9=sehr hoch | Median | | |
| Maturity Group I | ≤ FAO 250 | 25 | 3 - 6 | 4 | 9,5 – 11,4 | 10,45 |
| Maturity Group II | FAO >250 - 300 | 38 | 3 - 8 | 4 | 9,6 – 12,4 | 10,38 |
| Maturity Group III | FAO >300 - 350 | 26 | 4 - 7 | 5 | 10,2 – 11,6 | 10,70 |
| Maturity Group IV | FAO >350 - 450 | 36 | 3 - 8 | 6 | 9,8 – 11,9 | 10,98 |

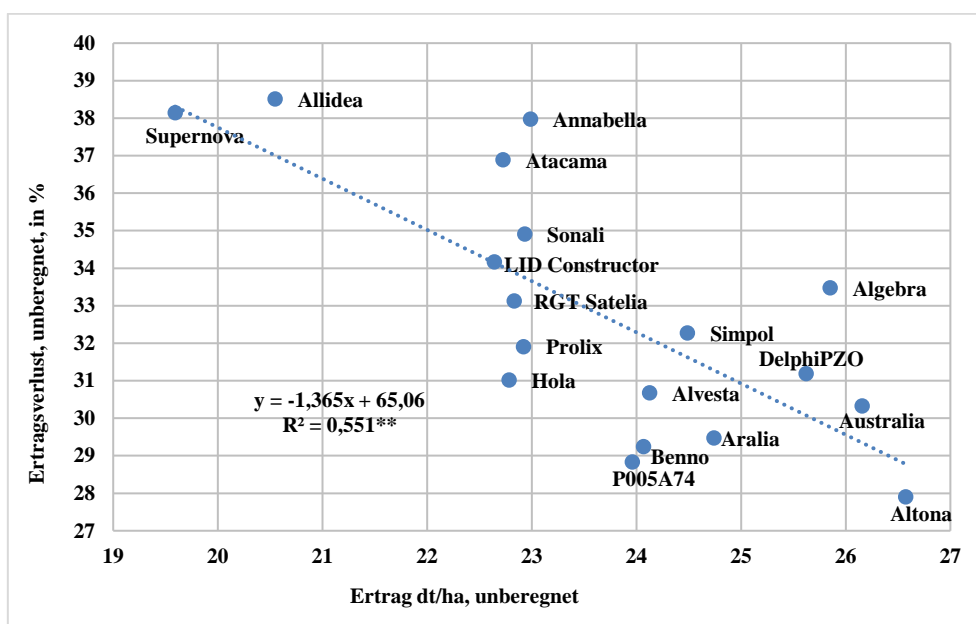


Abbildung 1: Körnerertrag und Ertragsverlust in unberechneter Variante, Sojabohne 2021-2023, Marchfeld
Für den Sojabohnenanbau ist in Ostösterreich Trockenheitstoleranz gefordert. Abb.1 zeigt die Beziehung zwischen den Ertragsniveaus der unberechneten Variante zu den Ertragsverlusten in % im Vergleich

zur berechneten Variante Die Sorten im rechten, unteren Quadranten weisen in den bislang dreijährigen Versuchen mit und ohne Beregnung im Marchfeld die günstigsten Ergebnisse auf.

Angesichts der Vielzahl an Sorteneigenschaften mit Einfluss auf die Ausprägung der Nachhaltigkeit im Anbau und Verwertung einer Sorte erscheint ein integrativer Bewertungsansatz eher zielführend. Bei der Auswahl der je Kulturart relevanten Eigenschaften und deren Gewichtung sind die regionalen Unterschiede im Anforderungsprofil für die Sorten zu beachten, insbesondere was z.B. das Auftreten von Krankheiten, die Häufigkeit von Trockenperioden und weiteren biotischen oder abiotische Stressoren anbelangt.

Zusammenfassung

Der Verordnungsvorschlag der EU zur sorten- und saatzgutrechtlichen Neureglung von Pflanzenvermehrungsmaterial betont besonders Aspekte der Nachhaltigkeit im Sortenzulassungsverfahren. Damit treten im Zuge der Sortenbeurteilung Eigenschaftskomplexe wie Resilienz gegen ungünstige Umweltfaktoren, Resistenz gegen Schaderreger und Nährstoffeffizienz noch stärker in den Vordergrund. Im Beitrag werden Adaptionen der Sortenwertprüfung bei ausgewählten Kulturarten bzw. -gruppen Getreide, Mais und Sojabohne aufgezeigt. Ergebnisse zu Trockenstresstoleranz, Resistenz gegen Steinbrand und Stickstoffeffizienz werden stellvertretend für die genannten Merkmalsbereiche dargelegt. Die Ausweisung von Sorten in ihrem Nachhaltigkeitsverhalten erfordert einen integrativen Ansatz, der auch regionale Unterschiede im konkreten Anforderungsprofil mitberücksichtigen muss.

Abstract

The EU's proposed regulation on the new regulation of plant propagating material under plant variety and seed law particularly emphasises aspects of sustainability in the variety registration procedure. As a result, trait complexes such as resilience to unfavourable environmental factors, resistance to pests and nutrient efficiency are becoming even more important in the course of variety assessment. In this article, adaptations of variety value testing are shown for selected crop species and groups: cereals, maize and soya bean. Results on drought stress tolerance, resistance to common bunt and nitrogen efficiency are presented as representatives of the main groups of traits mentioned. The characterization of varieties in terms of their sustainability behaviour requires an integrative approach that must also take into account regional differences in the specific requirement profile.

Literatur

AGES Hrsg. (2024): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2024, ISBN 1560-635X, im Druck.

BAES Hrsg. (2022): Methoden für Saatgut und Sorten gemäß § 5 Saatgutgesetz 1997 BGBl. I Nr. 72/1997 idgF – Richtlinien für die Sortenwertprüfung. 30. Jg., Schriftenreihe 22 – Sondernummer 92, ISSN 1560-635X.

EU KOMMISSION, (2023): Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates über die Erzeugung und das Inverkehrbringen von Pflanzenvermehrungsmaterial in der Union. 2023/0227 (COD), Brüssel.

LAIDIG F, FEIKE T, LICHTHARDT C, SCHIERHOLT A, PIEPHO HP (2024): Breeding progress of nitrogen use efficiency of cereal crops, winter oilseed rape and peas in long-term variety trials. Theor. Appl. Gen. 137, 45-66. <https://doi.org/10.1007/s00122-023-4521-9>.

Adressen der Autoren

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: DI Klemens MECHTLER, klemens.mechtler@ages.at

Reifeverzögerung: Reduktion des Zuckergehalts in den Beeren durch weinbauliche Maßnahmen

Delay of ripening: reduction of the sugar content in the berries by means of viticultural measures

Martin Mehofer^{1*}, Karel Hanak¹ und Bernhard Schmuckenschlager¹

Einleitung

Höhere Temperaturen, insbesondere im Frühjahr, führen zu einer erheblich früheren Traubenreife, so dass regelmäßig Weine mit unerwünscht hohen Alkoholgehalten und geringen Säuregehalten entstehen (CACCANELLO et al., 2019 und WEINMANN und KLODT, 2021). Außerdem bewirken die veränderten klimatischen Bedingungen eine suboptimale Farbe der Weine und führen zu atypischem Weingeschmack (GATTI et al., 2016). Somit verändert der Klimawandel den Weinbau und damit auch die Ziele im Weinbauversuchswesen. Während Reifebeschleunigung und Mostgewichtssteigerung in den Hintergrund rücken, treten die Reduktion von Trockenstress, die Optimierung der Wasser- und Nährstoffaufnahme der Reben und Methoden zur Reifeverzögerung in den Vordergrund (BECKER, 2019). Eine Möglichkeit die Wasserverdunstung sowie die Assimilation und damit die Zuckerbildung der Reben zu vermindern, besteht in der Applikation von Antitranspirantien auf die Laubwand (PALLIOTTI et al., 2010 und HESSDÖRFER, 2018). Auch gezielte Eingriffe in die Laubwandstruktur wie beispielsweise die Reduktion der Laubwandhöhe können zur Reifeverzögerung eingesetzt werden (MEHOFER et al., 2013 und MEHOFER, 2021). Außerdem bietet die starke Entblätterung der Traubenzone eine Möglichkeit zur Verringerung der Assimilationsfläche und damit zur Verzögerung des Reifeverlaufs, wodurch allerdings auch Effekte auf die Traubeneinhaltsstoffbildung durch die stärkere Belichtung der Beeren verursacht werden können (SCHULTZ und STOLL, 2010 und MEHOFER et al., 2015). Eine weitere Maßnahme des Eingriffs in die Laubwandstruktur bietet die Entfernung der Blätter und Geiztriebe oberhalb der Traubenzone bis kurz vor die Triebspitze zum Entwicklungsstadium BBCH 75 (HESSDÖRFER, 2019).

Um die Reifeentwicklung von Grüner Veltliner zu verzögern wurden im aktuellen Projekt folgende Methoden zur Reifeverzögerung angewendet und entsprechend evaluiert: “Dreimalige Applikation eines Antitranspirants in der Nachblütephase“, “Totalentblätterung oberhalb der Traubenzone zum Stadium “Ende des Traubenschlusses“ und “Kurzhalten der Laubwand auf 70 cm Höhe“.

Material und Methoden

Lage, Boden und Bodenbewirtschaftung: Der Versuchsweingarten hat sich in der Katastralgemeinde Klosterneuburg in der Ried Rothäcker in einer steilen Hanglage (Steigung: 36 bis 39 %) mit Ausrichtung nach Südosten befunden. Die Bodenart ist eine carbonathaltige Braunerde auf Flyschmergel. Die Bodenschwere ist mittel. Die Bodenbewirtschaftung in den Fahrgassen erfolgte mittels Rotationsbegrünung bestehend aus Sommerwicke (25 kg/ha), Buchweizen (20 kg/ha) und Phacelia (3 kg/ha). Diese wurde jedes Jahr im Frühjahr abwechselnd in jeder zweiten Fahrgasse neu angelegt. Der Unterstockbereich wurde mittels Kombination aus Herbizideinsatz und Mähen beziehungsweise Abschlagen des Bewuchses mittels Fadenrotor bearbeitet.

Charakteristika der Rebanlage und klimatische Bedingungen: Rebsorte: Grüner Veltliner (Klon A 1-5) auf der Unterlagsrebsorte SO4; Pflanzjahr: 2010; Pflanzweite: 3,00 x 1,00 m; Erziehungssystem: mittelhohe Spalierziehung mit Kordondraht h = 0,80 m, 3 Heftdrahtpaaren h = 1,10 m, 1,50 m und 1,90 m; Laubwandzielhöhe = 1,30 – 1,40 m; Schnittart: Zweistrecker als Flachbogen á 6 Augen und zwei Ersatzzapfen á 2 Augen; Schnittstärke: 5 Augen pro m². Die Jahresniederschlagsmengen betragen in den Jahren 2021 und 2022 453 beziehungsweise 386 l/m². Die Niederschlagsmengen in den jeweiligen Vegetationsperioden (April bis September) betragen jahresabhängig 314 beziehungsweise 287 l/m². Im Jahr 2022 wurden die Reben mittels Tropfbewässerung am 14., 20. und 27. Juli und am 10. August bewässert. Dazu wurden pro Termin 33 Liter pro Rebstock, also in Summe 132 Liter pro Pflanze ausgebracht. Der Huglin-Wärmesummenindex betrug jahresabhängig 1915 beziehungsweise 2105. Für eine entsprechende Reife von Grüner Veltliner soll dieser Index mindestens 1700 betragen (PRETTENTHALER und FORMAYER 2013).

Pflanzenschutz: In Abhängigkeit vom Vegetationsjahr wurden sechs beziehungsweise sieben Applikationen mit biotechnischen und chemischen Pflanzenschutzmitteln gemäß den Richtlinien der integrierten Produktion durchgeführt.

Getestete Methoden zur Reifeverzögerung:

Variante 1 (Abb. 1) = Kontrolle: praxisübliche Laubarbeit

Variante 2 (Abb. 2) = Applikation des Antitranspirants Vapor Gard® zu den Entwicklungsstadien BBCH 73 (Beeren sind schrotkorn groß), BBCH 79 (Ende des Traubenschlusses) und BBCH 83 (Fortschreiten der Beerenaufhellung und Beerenverfärbung) vollflächig auf beide Seiten der Laubwand.

Variante 3 (Abb. 3) = Totalentblätterung oberhalb der Traubenzone zwischen dem 2. und 3. Heftdrahtpaar zum Beginn des Entwicklungsstadiums BBCH 79 (Ende des Traubenschlusses).

Variante 4 (Abb. 4) = Kurzhalten der Laubwand auf 70 cm Höhe (= bis zum 2. Heftdrahtpaar).

Die vier Versuchsvarianten wurden in Form von vier Wiederholungen je Variante mit 5 Stock pro Wiederholung (n = 80) randomisiert angelegt.

Abbildung 1: **Variante 1.** Abbildung 2: **Variante 2.** Abbildung 3: **Variante 3.** Abbildung 4: **Variante 4.**



Die Fotos der Abbildungen 1, 2, 3 und 4 wurden am 11. August 2022 aufgenommen.

Erntetermine und Bestimmung der Ertrags- und Reifeparameter und der Gehalte an Stickstoff, Kalium und Gesamtphenolen im Most:

Die Traubenernte erfolgte an folgenden Terminen: 30.09.2021 und 28.09.2022. Zur Bestimmung der Reifeparameter wurden unmittelbar vor der Lese gepoolte Beerenproben von allen Stöcken pro Wiederholung entnommen. Der Probenumfang betrug etwa 250 Beeren pro Wiederholung. Die Beeren wurden gleichmäßig verteilt von beiden Seiten der Laubwand und jeweils von der Vorder- und Rückseite und vom oberen, mittleren und unteren Drittel der einzelnen Trauben entnommen. Das Gewicht von 100 Beeren wurde mit Hilfe einer Präzisionswaage bestimmt. Die Entsaftung der entnommenen Beeren erfolgte mittels Saftzentrifuge und die Filtration mit Hilfe von Faltenfiltern 3 hw. Der Zuckergehalt wurde mittels Handrefraktometer, der Säuregehalt durch Titration mit 2/15 normaler Blaulauge bis zum Umschlagpunkt (pH = 7) und der pH-Wert mittels elektronischem pH-Messgerät ermittelt. Die Ertragsbestimmung erfolgte unmittelbar nach der Ernte in der Projektanlage mittels Waage entsprechend dem Versuchsplan für jede Wiederholung. Der durchschnittliche Einzelstockertrag wurde im Anschluss daran rechnerisch ermittelt, indem der erhobene Ertrag durch die entsprechende Stockanzahl dividiert wurde. Während der Ernte wurde die Traubenanzahl ermittelt und anschließend das durchschnittliche Traubengewicht rechnerisch mit Hilfe der erhobenen Ertragsdaten und der ermittelten Traubenanzahl bestimmt. Der Stickstoffgehalt im Most wurde fotometrisch und der Kaliumgehalt mittels Atomabsorptionsspektrometer (AAS) bestimmt. Der Gehalt an Gesamtphenolen (als Kaffeesäureäquivalent) wurde am Fotometer bei einer Wellenlänge von 765 nm ermittelt.

Bestimmung des Schnittholzgewichts: Das Schnittholzgewicht wurde nach dem Rebschnitt mit einer transportfähigen mechanischen Zugwaage abgewogen. Dabei wurde das ein- und zweijährige Holz, also der ein- und zweijährige Zuwachs, der im Zuge des Ertragsschnitts entfernt wurde, berücksichtigt.

Statistische Auswertung: Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS. Die Daten wurden mittels Varianzanalyse in Verbindung mit dem F-Test aufbereitet. Danach wurden die Mittelwerte mittels Grenzdifferenz nach Tukey beurteilt ($P < 0,05$). Folgende Signifikanzgrenzen wurden verwendet: $P \leq 0,001$ = "sicher" = ***; $P \leq 0,01$ = "hoch signifikant" = **; $P \leq 0,05$ = "signifikant" = *; $P > 0,05$ = "nicht signifikant" = n.s. Varianzhomogenität und Normalverteilung wurden überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Mittelwerte von Ertrag (kg/Stock), Traubengewicht (g), 100-Beerengewicht (g), Mostgewicht (°KMW), Säuregehalt (g/l) und pH-Wert im Most von Grüner Veltliner in Abhängigkeit von der Versuchsvariante am 30.09.2021.

| | Ertrag (kg/Stock) | Traubengewicht (g) | 100-Beerengewicht (g) | Mostgewicht (°KMW) | Säuregehalt (g/l) | pH- Wert |
|------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| Kontrolle | 4,65 ab | 195 ab | 159 | 19,4 b | 6,1 b | 3,3 |
| Antitranspirant | 5,08 ab | 212 ab | 151 | 17,5 a | 5,3 a | 3,3 |
| Entblätterung | 5,75 b | 234 b | 152 | 18,2 ab | 6,0 b | 3,3 |
| LH = 70 cm | 3,95 a | 178 a | 135 | 19,0 ab | 6,0 b | 3,2 |
| Signifikanz | ** | * | <i>n.s.</i> | ** | ** | <i>n.s.</i> |

In Tabelle 1 sind deutliche Einflüsse der Reifesteuerungsmethoden auf die Reife- und Ertragsparameter im Jahr 2021 zu erkennen. Die dreimalige Applikation des Antitranspirants nach der Blüte bewirkte im Vergleich zur Kontrollvariante eine deutliche Reduktion des Zucker- und Säuregehalts im Most (-1,9 °KMW und -0,8 g/l Säure). Die Totalenblätterung oberhalb der Traubenzone zum Stadium BBCH 79 (= Ende des Traubenschlusses) führte ebenfalls zu einer Mostgewichtsreduktion (-1,2 °KMW), allerdings ohne dabei den Säuregehalt zu beeinflussen. In der Variante mit eingekürzter Laubwand (h = 70 cm) waren das Traubengewicht und damit auch der Ertrag gegenüber der Kontrollvariante verringert (-17 g beziehungsweise -0,7 kg/Stock), während das Mostgewicht nur tendenziell reduziert wurde (-0,4 °KMW) und kein Einfluss auf den Säuregehalt feststellbar war. Auch im Jahr 2022 zeigten sich deutliche Einflüsse der Reifesteuerungsmethoden. Die dreimalige Applikation des Antitranspirants nach der Blüte bewirkte im Vergleich zur Kontrollvariante wieder eine deutliche Mostgewichtsreduktion (-1,2 °KMW) aber nur eine leichte Reduktion des Säuregehalts im Most (-0,4 g/l). Der Einfluss der Totalenblätterung oberhalb der Traubenzone zum Stadium BBCH 79 (Ende des Traubenschlusses) auf das Mostgewicht war mit -1,0 °KMW ähnlich wie im Jahr 2021, ohne dabei den Säuregehalt zu beeinflussen. Die durch das Einkürzen der Laubwand bewirkten Effekte waren im Jahr 2022 nicht signifikant, auch wenn sich wieder Tendenzen zu einer Verringerung des Ertrags (-0,65 kg/Stock) und des Traubengewichts (-33 g) zeigten. SILVESTRONI et al. (2020) applizierten in zwei Vegetationsperioden eine 2 %-ige Lösung des Antitranspirants Vapor Gard® zum Stadium Reifebeginn bei der Rebsorte Sangiovese auf die Blätter oberhalb der Traubenzone. Diese Behandlungen hemmten die Blattfotosyntheserate für zirka 30 Tage und schränkten damit die Zuckerakkumulierung in den Beeren ein. In Gegensatz zu unseren Untersuchungen wurde dabei der Säuregehalt in den Beeren aber nicht gleichzeitig verringert. GATTI et al. (2016) stellten durch Applikationen des Antitranspirants Vapor Gard® bei der Rebsorte Barbera in einer Konzentration von 2 % unmittelbar vor der Blüte, unmittelbar vor Reifebeginn oder an beiden Terminen zugleich keine Einflüsse auf das Beerenwachstum fest. Das Mostgewicht wurde dabei durch die Applikation des Antitranspirants unmittelbar vor Reifebeginn beziehungsweise an beiden Terminen zugleich um 2,1 °KMW beziehungsweise 3,3 °KMW verringert, während die Applikation unmittelbar vor der Blüte nur sehr geringe Effekte auf das Mostgewicht zeigte. PALLIOTTI et al. (2010) stellten fest, dass durch die zweimalige Applikation des Antitranspirants auf die gesamte Laubfläche der Rebsorten Sangiovese und Ciliegiolo vor der Blüte der Ertrag, das Beerengewicht und die Traubendichte reduziert wurden. Außerdem waren zur Lese das Mostgewicht und der Anthocyaningehalt erhöht. HESSDÖRFER (2018) applizierte das Antitranspirant Vapor Gard® auf die gesamte Laubfläche der Rebsorte Silvaner im zweiwöchigen Rhythmus nach der Rebblüte als zweiprozentige Emulsion mit einem Wasseraufwand von 600 l/ha. Dabei beobachtete er eine Mostgewichtsreduktion von 1,4 °KMW ohne Auswirkungen auf den Gesamtsäuregehalt und den pH-Wert im Most. Laut PETGEN (2011) konnte durch die Teilblätterung zum Entwicklungsstadium BBCH 81 das Mostgewicht von Riesling um etwa 0,6 °KMW verringert werden. Analog zu unseren Ergebnissen beobachtete HESSDÖRFER 78. ALVA-Tagung, Hotel Heffterhof, Salzburg 2024

(2019) durch die starke Entblätterung oberhalb der Traubenzone eine deutliche Reduktion des Mostgewichts, ohne dadurch den Gesamtsäuregehalt und den pH-Wert im Most zu beeinflussen. MEHOFER et al. (2015) beobachteten bei Riesling durch die Entfernung der untersten sechs Blätter und Geiztriebe zum Entwicklungsstadium BBCH 83 (Beerenverfärbung) eine signifikante Reduktion des Mostgewichts jahresabhängig um 0,8 bis 1 °KMW beziehungsweise um 0,4 bis 0,7 °KMW. Hinsichtlich Laubwand-einkürzung zeigte sich laut WEINMANN und KLODT (2021) bei den Rebsorten Weißburgunder und Spätburgunder über Jahre hinweg ein Trend in Richtung verringerter Zuckergehalte in den Beeren bei kürzerer Laubwand. Demnach lagen die Mittelwerte bei 130 cm Laubwandhöhe bei 17,2 °KMW (Weißburgunder) beziehungsweise 18,6 °KMW (Spätburgunder), bei 80 cm Laubwandhöhe bei 16,8 °KMW (Weißburgunder) beziehungsweise 18,4 °KMW (Spätburgunder) und bei 50 cm Laubwandhöhe bei 16 °KMW (Weißburgunder) beziehungsweise 18 °KMW (Spätburgunder). Dabei konnte bei beiden Rebsorten kein Einfluss der Laubwandhöhe auf den Gesamtsäuregehalt im Most ermittelt werden. Somit waren die Reben hinsichtlich Mostgewichtsreduktion fähig, den Rückschnitt auf 80 cm noch zu einem guten Teil auszugleichen, während das bei 50 cm Laubwandhöhe nicht mehr möglich war. CACCAVELLO et al. (2019) kürzten die Laubwand während zweier Vegetationsperioden bei der spätreifen Rebsorte Aglianico zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten, und zwar zu Beerenreifebeginn und zwei und vier Wochen danach ein. Dabei zeigte sich, dass der Zuckergehalt in den Beeren durch den spätesten Einkürzungszeitpunkt am stärksten verringert wurde. Auf den pH-Wert und den Weinsäuregehalt des Beerensaftes zeigten sich dabei keine Effekte.

Die Stickstoff-, Kalium- und Gesamtphenolgehalte im Most wurden durch die Reifeverzögerungsmethoden in unseren Untersuchungen weder im Jahr 2021 noch im Jahr 2022 beeinflusst. Analog dazu konnten WEINMANN und KLODT (2021) in Untersuchungen bei den Rebsorten Weißburgunder und Spätburgunder mit Laubwandhöhen von 130 cm, 80 cm und 50 cm keine Unterschiede im Gehalt an hefeverfügbarem Stickstoff im Most zwischen den unterschiedlichen Laubwandhöhen ermitteln. Die hochgerechneten Schnittholzgewichte lagen generell auf einem niedrigen Niveau, wobei sich zwischen den Varianten "Totalentblätterung oberhalb der Traubenzone bei BBCH 79" mit 1600 kg/ha und "Laubwandhöhe = 70 cm" mit 1073 kg/ha signifikante Unterschiede zeigten. Die Werte der beiden anderen Varianten betragen 1308 beziehungsweise 1313 kg/ha.

Zusammenfassung

Die dreimalige Applikation des Antitranspirants nach der Blüte bewirkte jahresabhängig eine Reduktion des Zuckergehalts im Most um 1,9 bzw. 1,2 °KMW und des Säuregehalts im Most um 0,8 bzw. 0,4 g/l. Die Totalentblätterung oberhalb der Traubenzone zum Stadium BBCH 79 führte ebenfalls in beiden Jahren zu einer Mostgewichtsreduktion, und zwar um 1,2 bzw. 1,0 °KMW, ohne dabei den Säuregehalt zu beeinflussen. Im Jahr 2021 wurden durch das Kurzhalten der Laubwand auf 70 cm Höhe das Traubengewicht und damit auch der Ertrag gegenüber der Kontrollvariante verringert (-17 g pro Traube beziehungsweise -0,7 kg/Stock). Dabei wurde das Mostgewicht nur tendenziell reduziert (-0,4 °KMW) und der Säuregehalt nicht beeinflusst. Im Jahr 2022 waren die Effekte auf die Ertragsparameter hingegen nicht signifikant, wenngleich sich Tendenzen zu einer Verringerung des Ertrags (-0,65 kg/Stock) und des Traubengewichts (-33 g) zeigten. Weder im Jahr 2021 noch im Jahr 2022 wurden die Stickstoff-, Kalium- und Gesamtphenolgehalte im Most durch die Reifeverzögerungsmethoden beeinflusst. Die hochgerechneten Schnittholzgewichte lagen generell auf einem niedrigen Niveau, wobei sich zwischen den Varianten "Totalentblätterung oberhalb der Traubenzone bei BBCH 79" mit 1600 kg/ha und "Laubwandhöhe = 70 cm" mit 1073 kg/ha signifikante Unterschiede zeigten. Die Werte der beiden anderen Varianten betragen 1308 beziehungsweise 1313 kg/ha. Die Blattwasserpotentiale hatten sich an keinem Messtermin signifikant voneinander unterschieden. Allerdings waren an zwei von drei Messterminen die Werte in der Kontrollvariante mit 7,8 beziehungsweise 7,5 bar tendenziell am höchsten und jene der Entblätterungsvariante mit 6,8 beziehungsweise 6,5 bar tendenziell am niedrigsten. Daraus kann geschlossen werden, dass der Trockenstress der Kontrollreben höher war, als jener der teilentblätterten Reben.

Abstract

Three applications of the antiperspirant after flowering resulted in a year-dependent reduction of the sugar content in the must by 1.9 and 1.2 °KMW and of the acid content in the must by 0.8 and 0.4 g/l,

respectively. Total defoliation above the grape zone at development stage BBCH 79 also led to a reduction of must weight in both years, by 1.2 and 1.0 °KMW, respectively, without affecting acidity. In 2021, keeping the canopy short at a height of 70 cm reduced cluster weight and thus also yield compared to the control variant (-17 g per cluster and -0,7 kg/vine). Thereby, must weight was only reduced by trend (-0.4 °KMW) and acidity was not affected. In 2022, however, the effects on the yield parameters were not significant, even though there were trends towards a reduction in yield (-0.65 kg/vine) and in cluster weight (- 33 g). Neither in 2021 nor in 2022 the contents of nitrogen, potassium and total phenols in the must were influenced by the methods of delaying maturation. Extrapolated pruning wood weights were generally at a low level with significant differences between the variants “Total defoliation above the grape zone at BBCH 79“ (1600 kg/ha) and “Canopy height = 70 cm“ (1073 kg/ha). The values of the other two variants were 1308 and 1313 kg/ha, respectively. The leaf water potentials did not differentiate significantly from each other on any date of measurement. However, at two out of three measurement dates the values in the control variant tended to be highest at 7.8 and 7.5 bar, respectively and those in the defoliation variant tended to be lowest at 6.8 and 6.5 bar, respectively. From this it can be concluded that the drought stress of the control vines was higher than that of the partially defoliated vines.

Literatur

- BECKER, A (2019): Strategien für den Klimawandel. Teil 2 Weinbau im Wandel. Das Deutsche Weinmagazin (12), 30-33.
- CACCAVELLO G, GIACCONE, M, SCOGNAMIGLIO, P, MATAFFO, A, TEOBALDELLI, M, BASILE, B (2019): Vegetative, yield and berry quality response of Aglianico to shoot-trimming applied at three stages of berry ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 70:4, 351-359.
- GATTI, M, GALBIGNANI, M, GARAVANI, A, BERNIZZONI, F, TOMBESI, S, PALLIOTTI, A, PONI, S (2016): Manipulation of ripening via antitranspirants in cv. Barbera (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22, 245-255.
- HESSDÖRFER, D (2018): Zuckergehalte in den Beeren reduzieren. Es ist Zeit zum Umdenken. *Rebe&Wein* (08), 36-38. // HESSDÖRFER, D (2019): Traubenreife entschleunigen. Slow down! *Rebe&Wein* (07), 30-31. // MEHOFER, M, SCHMUCKENSCHLAGER, B, HANAK, K, VITOVEC, N, PRINZ, M (2013): Zweijährige Untersuchungen zum Einfluss der Laubwandhöhe auf Blattfläche und Reifeparameter der Rebsorten ‘Grüner Veltliner’ und ‘Zweigelt’. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 63, 1-16. // MEHOFER, M, HANAK, K, SCHMUCKENSCHLAGER, B, VITOVEC, N, SCHÖBER, V, WENDELIN, S, PRINZ, M (2015): Untersuchungen zum Einfluss der Entblätterung vor der Blüte auf Traubenqualität und Ertrag der Rebsorten ‘Riesling’ bei biologischem und ‘Zweigelt’ bei integriertem Pflanzenschutz. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 65, 11-25. // MEHOFER, M (2021): Einfluss der Laubwandhöhe bei Zweigelt. Auswirkungen auf Ertrag, Reife, Stickstoff- und Phenolgehalt. *Der Winzer*, 77 (04), 11-15. // PALLIOTTI, A, PONI, S, BERROIS, J G, BERNIZZONI, F (2010): Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirants in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 426-433. // PETGEN, M (2011): Wege zur Regulierung des Zuckerertrags. *Der Deutsche Weinbau* (16-17), 42-45. // PRETTENTHALER, F, FORMAYER, H (2013): Studien zum Klimawandel in Österreich, Band IX: Weinbau und Klimawandel. Erste Analysen aus Österreich und führenden internationalen Weinbaugebieten, 123. ISBN 978-3-7001-7385-4. // SCHULTZ, H R, STOLL, M (2010): Gibt es Möglichkeiten die Reife zu steuern? *Der Deutsche Weinbau* (13), 26-27.
- SILVESTRONI, O, LANARI, V, LATTANZI, T, DOTTORI, E, PALLIOTTI, A (2020): Effects of anti-transpirant di-1-p-menthene, sprayed post-veraison, on berry ripening of Sangiovese grapevines with different crop loads. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26, 363-371.
- WEINMANN, E, KLODT, F (2021): Klimawandel. Laubwand-Management als Methode der Reifeverzögerung. *Der Badische Winzer* (April 2021), 14-17.

Adressen der Autoren

¹ Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wiener Straße 74 und Agnesstraße 60, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: HR Dipl.-Ing. Martin MEHOFER, BEd, martin.mehofer@weinobst.at

Walnussanbau in Österreich: Chancen und Risiken

Walnut cultivation in Austria: opportunities and risks

Mirjam Weißmann, Lothar Wurm

Einleitung

WURM 2021 gibt an, dass sich Obstanbau, aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels sowie zunehmender Klimaextreme, Flächenverlust durch Versiegelung fruchtbarer landwirtschaftlicher Böden, Bedrohung durch neue eingeschleppte Krankheiten oder Schädlinge und die zunehmend kritische Haltung der Gesellschaft gegenüber chemischen Pflanzenschutzbehandlungen, verändert. Dieser Wandel brachte neue Chancen und Risiken mit sich. Beispielsweise Risiken wie erhöhter Krankheits- und Schädlingsdruck und vermehrte Witterungs- und vor allem Frostschäden können auftreten. Um diesen Risiken entgegenzuwirken, setzt man auf Nützlingsschonung, Bienen- und Insektenförderung, Investitionen in Witterungs- und Schaderregerschutzsysteme, sowie den Anbau robuster und seltener Obstarten. Mit dem Anbau seltener Obstbarten, wie Aronia, Kiwibeeren und vielen mehr, können regional erzeugte Produkte angeboten werden und Bienen gefördert werden. (WURM, 2021) Zu den robusten Obstarten zählt auch die Walnuss. In Österreich wurde die Walnussfläche von zirka 100 ha auf knapp 1400 ha in den letzten Jahren stark ausgeweitet. (Statistik Austria 2017)

Die Walnuss, *Juglans regia*, kommt ursprünglich aus Mittelasien. Diese Obstart wurde über das damalige Römische Reich verbreitet, welches sich über große Teile des heutigen Europas erstreckte. Die Walnuss wird hauptsächlich auf der Nordhalbkugel angebaut. Besonders große Anbauflächen finden sich in Iran, China, Chile oder Nordamerika. In Europa sind Südfrankreich, Ungarn, Italien, Rumänien oder Türkei Spitzenreiter (PIRC, 2015). Der Walnussbaum kann bis zu 35 Meter hoch werden. Es kann aber bis zu 18 Jahre dauern bis Walnüsse in Ertrag kommen.

Chancen und Risiken

Chancen:

Die 1400 ha Walnussfläche in Österreich bedeuten, dass, sobald die Bäume in einigen Jahren in Ertrag kommen werden, ein nicht unbedeutendes Produktionspotential vorliegen wird. Die Nachfrage nach regionalen Produkten ist groß, Walnüsse gelten als besonders gesund und schmackhaft, sie werden meist nach Bio-Richtlinien produziert und derzeit gibt es kaum ein Angebot an in Österreich erzeugten Walnüssen, sodass mit guten Vermarktungsbedingungen gerechnet werden kann.

Risiken:

Eventuell werden aber nicht alle 1400 ha Walnüsse in Ertrag kommen. Das kann an mehreren Faktoren liegen. Einige davon wären etwa, falsche Standortwahl, mangelnde Pflege oder Pflanzung nicht verdelter Sämlinge, die besonders spät fruchten.

Ein weiteres Problem ist die Walnussfruchtfliege. Dieser Schädling betrifft nicht nur Österreich, sondern auch andere Länder in Europa, die Walnüsse anbauen. Die Walnussfruchtfliege, *Rhagoletis completa*, ähnelt vom Aussehen und der Lebensweise der Kirschessigfliege. Sie hat einen orange-braun gefärbten Körper mit auffällig schwarzen Bändern in den Flügeln. Die weißlich-gelb gefärbten Larven der Walnussfruchtfliege fressen das Fruchtfleisch. Den Befall erkennt man an der schwarzen Verfärbung der Schale bis zu den Nusskernen. Andere Schäden, etwa auf Trieben oder Blättern verursacht dieser Schaderreger nicht. (AGES, 2023). Zur Kontrolle des Flugbeginns und vorbeugenden Bekämpfung können gelbe Klebetafeln verwendet werden. Wesentlich ist auch eine frühzeitige Entfernung und Vernichtung von befallenen Früchten. Weiters kann man den Boden abdecken, sodass der Schädling nicht im Boden überwintern kann. (AGES, 2023). Zugelassene Pflanzenschutzmittel können zur Bekämpfung auch ausgebracht werden. Im Pflanzenschutzmittelregister findet man eine Zulassung für die Ausbringung von entomopathogenen Nematoden sowie eine Zulassung des Wirkstoffs Spinosad (BAES, 2024). Ein teilweises Wegfangen der Fliegen soll mit der sogenannten „Tap und Trap“-Methode möglich sein. Dabei wird in einem Sackerl oder einer Flasche ein halber Liter Ammoniak und 10-30g Fischreste (optimal sind frische Sardinen, man kann aber auch Sardellen verwenden) zusammengemischt und als Köder während der Flugzeit aufgehängt. Eine weitere Methode wäre „attract and kill“. Das heißt so viel wie

„Anlocken und töten“. Eine Köderflüssigkeit und ein Insektizid werden mit Wasser gemischt und gezielt in die Bäume appliziert. Die adulten Walnussfruchtfliegen nehmen dies dann auf und sterben bevor sie Eier legen können (IVA, 2012). Auch eine Einnetzung der Bäume wird überlegt. Da sich allerdings Walnussbäume im Laufe der Jahre sehr großkronig entwickeln, wird eine Einnetzung vom finanziellen oder auch praktischen Aspekt schwierig zu realisieren sein.

Da die zugelassenen Bekämpfungsmethoden oft nicht ausreichen, um starken Befall zu verhindern, oder oft gar keine Bekämpfung stattfindet, stellt sich die Frage, ob durch Walnussfruchtfliege befallene Früchte noch vermarktet werden können. Die Larven der Walnussfruchtfliege fressen sich in das Fruchtfleisch (die grüne Schale) hinein. Daraufhin können die Fruchtkerne, der für die Vermarktung wesentliche Fruchtbestandteil, sich schwarz verfärben, eintrocknen oder auch verfaulen.

Solche stark befallenen Früchte wurden an der HBLA und BA Klosterneuburg auf ihre Vermarktungsfähigkeit hin untersucht. Es wurden jeweils zehn Walnüsse zu fünf Wiederholungen näher betrachtet. Die Walnüsse wurden zuerst mit Schale und dann nur das Fruchtgewicht gewogen. Danach wurden die Nüsse nach verfaulten beziehungsweise verschwärzten nicht vermarktungsfähigen Anteilen aussortiert. Der vermarktungsfähige Kernanteil liegt nach Entfernung der Schalen und der verfaulenen Früchte bei etwa 30% des Gewichtes der Nüsse mit Schale (Tabelle 1). Betrachtet man nur die Samen, so zeigt sich ein Verlust durch Fäulnis bzw. Eintrocknen von 1 bis 4 Nüssen je 10 Stück untersuchter Nüsse also Verluste von 10 bis 40% (Tabelle 1). Bei den untersuchten Früchten handelte es sich um eine kleinfruchtige Sämlingsherkunft mit vergleichsweise hohem Schalenanteil. Ob also nach starkem Walnussfruchtfliegenbefall dieser Anteil an vermarktungsfähigen Früchten ausreichen kann, um diese Früchte einer Vermarktung zuzuführen, bleibt offen.

| | Anzahl verfaulter Nüsse | %Satz vermarktungsfähiger Kernanteil |
|----|-------------------------|--------------------------------------|
| W1 | 2 | 30 |
| W2 | 1 | 32 |
| W3 | 4 | 20 |
| W4 | 2 | 28 |
| W5 | 1 | 32 |

Tab. 1: Anzahl verfaulter/vertrockneter Nüsse pro 10 untersuchter Nüsse und Gewichtsprozent vermarktungsfähiger Kernanteil bezogen auf das Fruchtgewicht mit Schale

Zusammenfassung

Der Anbau von seltenen, robusten Obstarten wird aufgrund des Klimawandels und der Möglichkeit biologisch zu produzieren und auf chemischen Pflanzenschutz weitgehend zu verzichten, zunehmend interessant. In Österreich stieg die Walnussfläche so stark, dass künftig mit wirtschaftlich relevanten Produktionsmengen gerechnet werden kann. Ob das Hauptproblem, Fruchtschäden durch die Walnussfruchtfliege, in den Griff zu bekommen sein wird, bleibt offen.

Abstract

The cultivation of rare, robust fruit species is becoming increasingly interesting due to climate change and the possibility of producing organically and largely dispensing with chemical plant protection. In Austria, the walnut area has increased so much that economically relevant production volumes can be expected in the future. Whether the main problem, fruit damage, caused by the walnut fruit fly, can be brought under control, remains to be seen.

Literatur

AGES. (2023): Walnussfruchtfliege. Wien, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH [Zugriff am 18.4.2024]. Verfügbar unter:

[Walnussfruchtfliege - Infos der AGES über Schaderreger - AGES](#)

BAES. (2024): Pflanzenschutzmittelregister – Verzeichnis der in Österreich zugelassenen/genehmigten Pflanzenschutzmittel. Wien, Bundesamt für Ernährungssicherheit [Zugriff am 30.4.2024].

Verfügbar unter:

[Pflanzenschutzmittel-Register \(baes.gv.at\)](#)

IVA. (2012): Wo die Walnussfruchtfliege drin ist, hört der Genuss auf. Frankfurt am Main, Industrieverband Agrar e. V. [Zugriff am 30.4.2024]. Verfügbar unter:

[Wo die Walnussfruchtfliege drin ist, hört der Genuss auf | Industrieverband Agrar \(iva.de\)](#)

PIRC, H. (2015): Enzyklopädie der Wildobst- und seltenen Obstarten. Leopold Stocker Verlag 191.

STATISTIK AUSTRIA. (2017): Erhebung der Erwerbsobstanlagen 2017. Wien, Bundesanstalt Statistik [Zugriff am 30.4.2024]. Verfügbar unter:

<https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/pflanzenbau/obst/erwerbsobstbau>

WURM, L. (2021): Obstbau unter sich ändernden Rahmenbedingungen Chancen und Risiken. Berichte über Landwirtschaft Band 99 Ausgabe 2

Adressen der Autoren

¹ Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74 A-3400 Klosterneuburg

Möglichkeiten und Grenzen der Lagerfäulebekämpfung im biologischen Apfelanbau

Possibilities and limits of storage rot control in organic apple cultivation

Mirjam Weißmann, Lothar Wurm

Einleitung

WURM 2021 gibt laufende Veränderungen und Entwicklungen des Obstbaues an, wie etwa die sinkende Zahl von Betrieben mit Obstbau, einen leichten Anstieg der Obstbauflächen, einen leichten Rückgang der Anbauflächen der wichtigsten Obstart Österreichs, des Apfels, eine starke Flächenausweitungen bei Marille, Walnuss und Aronia, einen starken Anstieg der Bio-Flächen, einen sinkenden Apfelkonsum, stagnierende bis sinkende Preise bei Apfel, gestiegene Preise bei Beerenobst und Bio-Obst, sowie die Ausweitung von Termin- und Substratkulturen im Beerenobstbau. Insbesondere die Entwicklung in Richtung Bio-Obstanbau ist in Österreich deutlich spürbar. Die Bioanbaufläche in Österreich ist zirka auf 30% der Gesamtoftbaufläche gestiegen (Statistik Austria, 2017). Damit steigen auch die Anforderungen, Ausfälle biologisch produzierter Früchte durch Lagerfäulen möglichst gering zu halten. Gloeosporium-Fäule zählt zu den gefährlichsten Lagerfäuleerregern. Diese Fäulnis wird durch Neofabraea alba oder weitere bekannte Arten hervorgerufen. Die Sporen werden bei Niederschlagsereignissen auf die Früchte übertragen. Je reifer die Früchte sind, desto höher ist die Infektionsgefahr. Deshalb können Niederschläge im Sommer und vor allem vor der Ernte Infektionen stark begünstigen. Erst nach einer gewissen Lagerungszeit sind Symptome einzelner Lagerfäulekrankheiten zu erkennen. Pflanzenschutzbehandlungen gegen Lagerfäulen mit im Bio-Anbau zugelassenen Präparaten zeigen oft nur begrenzte Wirksamkeit. Nacherntebehandlungen wie das Heißwasserberieselungsverfahren sind hingegen durchaus wirksam (WURM et al., 2016).

Die Früchte vom Braeburn, einer Hauptapfelsorte in Österreich, weisen eine hohe Fruchtfestigkeit auf. Zusätzlich ist diese Hauptsorte eine säurereiche Sorte. Daher müssen die Äpfel erst einige Wochen gelagert werden, um durch Stärke- und Säureabbau einen guten Geschmack entwickeln zu können. Dies erfolgt meist in einem Kühllager mit Kühlungsmotoren (Regular Atmosphere) oder in einer Kühllagerung mit geregelter Atmosphäre (Controlled Atmosphere). Je nach Empfindlichkeit der Sorte oder Standort- und Witterungsbedingungen können Lagerschäden aufkommen. Diese können durch falsche Erntetermine, ungünstige Wachstumsbedingungen oder auch durch ungünstige Witterungsbedingungen, wie etwa Niederschläge oder Hagel, gefördert werden.

Der Hagel kann Holz- und Fruchtschäden verursachen. Bei der Frucht kann es zu Qualitätsschäden sowie zu Fäulnis (aufgrund offener Wunden) kommen. Um Hagelschäden vorzubeugen, ist in den letzten Jahrzehnten stark in Hagelnetze investiert worden. (WURM ET AL. 2010)

Material und Methoden

Am Obstversuchsgut Haschhof wurden aufgrund der früher geringen Hagelgefahr noch keine Hagelnetze installiert. Aufgrund des Klimawandels werden aber auch auf solchen Standorten Hagelunwetter immer häufiger. Am Sommerabend des 26.08.2023 kam es zu einem solchen massiven Hagelunwetter. Um hagelbedingter Lagerfäule entgegenzuwirken, wurde ein Tastversuch gestartet. Drei unterschiedliche Pflanzenschutzvarianten (Cuprozin Progress, Kumar, Kumar + SFP) wurden mit der Kontrolle verglichen. Die Behandlungen erfolgten am 27.8, also einen Tag nach dem Hagelunwetter.

Die Braeburnfrüchte wurden zur Pflückreife geerntet, das Gewicht der Früchte pro Baum wurde bestimmt und die beschrifteten Kisten für einen Monat in das Kühllager gebracht. Nach dieser Zeit wurden Früchte der vier Varianten aufgrund von Schäden sortiert und das Gewicht der Sortierfraktionen bestimmt.

Von jeder Variante wurden an drei Zeitpunkten je drei Kisten mit Früchten für die Messungen herangezogen. Einmal wurden die Kisten gleich nach der Ernte, dann nach der einmonatigen Lagerung und ein weiteres Mal nach der Lagerfaulobst-Entfernung gewogen. Zudem wurde nach der Lagerungszeit jeder Apfel in den Kisten nach Kategorie „verfault“, „angeschlagen“ und „gesund“ gewertet.

Der Wirkstoff *Aureobasidium pullulans* (Handlungsbezeichnung *Blossom protect*) wurde in diesem Versuch nicht verwendet, obwohl als Behandlungsanwendung neben dem Feuerbrand auch die pilzliche Lagerfäule angegeben wird. (Obstwarndienst LKO, 2024) Die Ausführung des Versuches erfolgte schnell nach Eintreten des Hagels. Daher konnte man nur Pflanzenschutzmittel anwenden, die damals auf Lager waren. Diese Pflanzenschutzmittel waren Cuprozin progress, Kumar und Kumar mit SFP:

Cuprozin progress: Der Wirkstoff Kupferhydroxid wirkt gegen pilzliche Erreger, Schorf oder Kragenfäule.

Kumar: Der Wirkstoff Kaliumhydrogenkarbonat hat als Indikation Schorf zur Befallsminderung (Obstwarndienst LKO, 2024).

SFP: Super Fifty Prime ist ein Algenextrakt mit 7% löslichem Kalium und enthält Antioxidantien und Vorstufen von Phytohormonen, die zum Einsatz zur Pflanzenstärkung sowie Minderung von Pflanzenstress kommen (biohelp, 2024).

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels dem Statistik-Programm SPSS Version 26.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontrolle und den drei Behandlungsvarianten festgestellt (Abb.1 und Tabelle 1)

Zwischen 30 und 45 Prozent der Äpfel sind gesund und können für Frischobstvermarktung noch verwendet werden. Über die Hälfte weisen bei jeder Variante Weichstellen sowie angeschlagene, aber noch nicht verfaulte, Stellen auf. Diese kann man noch für Verarbeitungszwecke verwenden, aber nicht mehr für Frischobstvermarktung. Der Rest der ausgewerteten Früchte ist aufgrund verfaulten Stellen nicht vermarktungsfähig. Diese Ergebnisse zeigen, dass sich mit Behandlungen nach Hagel, zumindest mit den in diesem Versuch verwendeten Bio-Präparaten, Fruchtfaulnis am Lager kaum reduzieren lässt. Unabhängig davon, wird wohl ein wirtschaftlicher Apfelanbau für den Frischmarkt, aufgrund der zunehmenden Hagelgefahr, auch in früher wenig hagelgefährdeten Gebieten, nur mehr mit Hagelnetz oder Hagelschutzversicherung möglich sein.

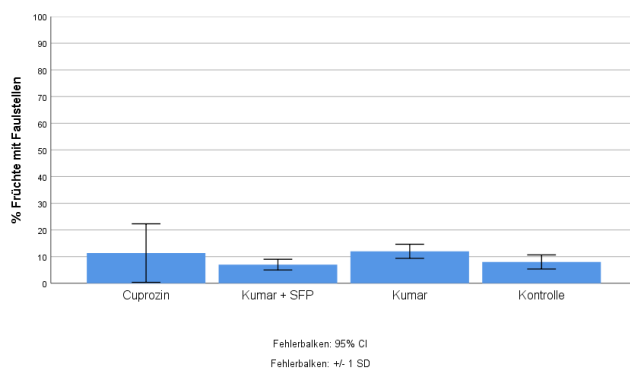


Abb.1: % Anteil Früchte mit Faulstellen

| Faul | | | angeschlagen | | | Gesund | | |
|-------------|---|------------|--------------|---|------------|-------------|---|------------|
| PSvariante | N | Mittelwert | PSvariante | N | Mittelwert | PSvariante | N | Mittelwert |
| Kumar + SFP | 3 | 7,00 | Kontrolle | 3 | 46,33 | Kumar | 3 | 27,33 |
| Kontrolle | 3 | 8,00 | Kumar + SFP | 3 | 47,33 | Cuprozin | 3 | 35,67 |
| Cuprozin | 3 | 11,33 | Cuprozin | 3 | 53,33 | Kumar + SFP | 3 | 45,67 |
| Kumar | 3 | 12,00 | Kumar | 3 | 61,00 | Kontrolle | 3 | 45,67 |
| Signifikanz | | ,732 | Signifikanz | | ,565 | Signifikanz | | ,414 |

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.
a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Tabelle 1: % Anteil Früchte mit Faulstellen, angeschlagene Früchte und gesunde Früchte (die Werte in einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant)

Zusammenfassung

Die Bioapfel­fläche in Öster­reich ist in den letzten Jahren stark ge­stie­gen. Damit steigt auch die Notwen­dig­keit Ausfälle durch Lagerfäulen, wie sie etwa auch nach Hagel ver­stärkt auf­tre­ten können, mög­lichst gering zu halten. Am Ver­suchs­gut Haschhof ver­ursachte ein starker Hagel Ende August 2023 in einem Bioapfel­quartier starke Hagel­schäden. Um zu testen, ob durch Pflanzenschutz­be­handlungen Fäulnis am Lager einge­dämmt werden kann, wurde mit einem Kupfer­prä­pa­rat, einem Kaliumhydrogen­prä­pa­rat und einer Kaliumhydrogen­prä­pa­rat-Algen­ex­trakt-Mischung kurz nach dem Hagel be­handelt. Die drei Vari­an­ten zeigten im Ver­gleich zur Kontrolle keinen fäulnis­re­du­zieren­den Effekt.

Abstract

The organic apple area in Austria has risen sharply in recent years. This also increases the need to minimise losses due to storage rot, which can also occur more frequently after hail. At the Haschhof experimental farm, a heavy hailstorm caused severe hail damage in an organic apple orchard at the end of August 2023. In order to test whether plant protection treatments could minimise rot in the storage, a copper product, a potassium hydrogen product and a potassium hydrogen product-algae extract mixture were applied shortly after the hail. The three variants showed no rot-reducing effect compared to the control.

Literatur

BIOHELP. (2024): SuperFifty Prime Gebrauchsanweisung. Wien, biologischer Pflanzenschutz, Nützlingsproduktions-, Handels- und Beratungs-GmbH [Zugriff am 06.05.2024]. Verfügbar unter: [SuperFiftyprime_Produktblatt GB 22_.pdf \(biohelp-profi.at\)](https://www.biohelp-profi.at/Produktblatt_GB_22_.pdf)

OBSTWARNDIENST LKO. (2024): Bio-KO-Pflanzenschutz-Liste 2024_ohneSpinTor. Landwirtschaftskammer Steiermark [Zugriff am 04.05.2024]. Verfügbar unter: https://obstwarndienst.lko.at/App_Upload/User/%C3%96sterreich/Pflanzenschutzmittel/Bio/Bio-KO-Pflanzenschutz-Liste%202024_ohneSpinTor.pdf?m=638472086632610576

STATISTIK AUSTRIA. (2017): Erhebung der Erwerbsobstanlagen 2017. Wien, Bundesanstalt Statistik [Zugriff am 30.4.2024]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/pflanzenbau/obst/erwerbsobstbau>

WURM, L. (2021): Obstbau unter sich ändernden Rahmenbedingungen Chancen und Risiken. Berichte über Landwirtschaft Band 99 Ausgabe 2

WURM L, LAFER G, KICKENWEIZ M, RÜHMER T UND STEINBAUER L (2010): Erfolgreicher Obstbau: Ein Obstbau-Leitfaden unter besonderer Berücksichtigung qualitätsfördernder Maßnahmen. AV-Fachbuch 133-136, 166, 168-169, 182-183, 200.

WURM L, SCHLOFFER K, KIELER M (2016): Einfluss von Heißwasserberieselung auf die äußere Fruchtqualität und Lagerfähigkeit bei der Apfelsorte ‚Topaz‘. Mitteilungen Klosterneuburg 66: 169-180

Adressen der Autoren

¹ Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74 A-3400 Klosterneuburg

Inokulation von *Starmerella lactis-condensi*, *Saccharomyces cerevisiae* und Orange Wine Geläger für die Orange Schaumwein Produktion

Inoculation of *Starmerella lactis-condensi*, *Saccharomyces cerevisiae* and Orange Wine Lee for Orange Sparkling Wine Production

Karin Mandl ^{1*}, Katrin Neulichedl ^{1,2,3}, Jasmina Suljic ¹, Herbert Schödl ¹, Monika Schilcher ¹, Karin Korntheuer ¹ und Manfred Grossmann ³

Einleitung

Ziel dieser Studie war es, die Herstellung eines Orange Schaumweines aus Chardonnay-Trauben nach der traditionellen Methode genauer zu untersuchen, wobei für die zweite Gärung in der Flasche verschiedene Hefeinokulationen herangezogen wurden. Es handelt sich hierbei um folgende Hefen: *Saccharomyces bayanus* (SafCeno™ VR 44), *Saccharomyces cerevisiae subsp. bayanus* (Preziso HEFE SEKT), *Starmerella lactis-condensi* (KUK1) und dem Hefegeläger der ersten Gärung des Orangegrundweines. Die Entwicklung und Auswirkung der eingesetzten Hefen wurden durch unterschiedliche Analysemethoden untersucht und sensorisch beurteilt.

Material und Methoden

Für die Herstellung des Grund- und Referenzweines wurden Chardonnay-Trauben aus dem Versuchswingarten Agneshof der Höheren Bundeslehranstalt und des Bundesamtes für Weinbau und Obstbau in Klosterneuburg bei Wien (Koordinaten: 48.294809 N, 16.324693 E; 192 m Seehöhe) mit einem Mostgewicht von 18°KMW verwendet.

Für den Referenzgrundwein wurde eine Ganztraubenpressung ohne Schwefelzusatz durchgeführt und mit Reinzuchtheife IOC 18-2007 (Institut Œnologique de Champagne, Epernay, Frankreich) beimpft. Die Gärung fand bei einer konstanten Temperatur zwischen 16°C und 18°C statt.

Für die Orangeweine wurden die Trauben gerebelt, gequetscht, eingemaischt und in einen Kunststofftank gefüllt, wobei der Maischekuchen sechs Tagelang zweimal täglich (morgens und abends) unterhoben wurde. Der Wein wurde mit Reinzuchtheife IOC 18-2007 (Institut Œnologique de Champagne, Epernay, Frankreich) bei einer konstanten Gärtemperatur zwischen 16°C und 18°C vergoren.

Für das Schaumweinverfahren wurde der Orangenschaumgrundwein sowie der Referenzgrundwein verwendet. Für diesen Produktionsschritt wurden ein Liqueur de tirage mit Saccharose 24g/l, Vitamon® B (Erbslöh, Geisenheim, Deutschland) 600mg/1000l, Hefenährstoff FERMAID® AT (Lallemand, Wien, Österreich) 40g/hl, IOC Clarifiant XL (Institut Œnologique de Champagne, Epernay, Frankreich) 70ml/hl und der entsprechende Hefestamm oder Geläger benötigt. Dem Orangewein wurden vier verschiedene Orangenschaumweinansätze mit den Hefen SafCeno™ VR 44 (*Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis by Lesaffre, Marquette-lez-Lille, Frankreich), Preziso Hefe Sekt (RWA - Raiffeisen Ware Austria Aktiengesellschaft, Korneuburg, Österreich), *Starmerella lactis-condensi* (Stamm KUK1, haus-eigene Stammsammlung BA Klosterneuburg) und dem Orangeweingeläger aus dem Orangegrundwein versetzt. Alle Hefeansätze wurden gemäß den Anweisungen des Institut Œnologique de Champagne in Epernay verwendet. Der Referenzgrundwein wurde mit SafCeno™ VR 44 (*Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis by Lesaffre, Marquette-lez-Lille, Jahre Frankreich) inokuliert. Anschließend wurden die gefüllten Flaschen mit Kronkorken verschlossen und bei 23°C gelagert.

Nach dem Remuage, dem Rütteln der Flaschen am Rütteltisch, wurden die Schaumweine degorgiert, wobei das Hefesediment im Flaschenhals bei 20°C mittels einer automatischen Degorgier-Dosiermaschine entfernt wurde. Die geöffneten Flaschen wurden dann mit der jeweiligen Schaumweinvariante ohne Dosage aufgefüllt und bis zur weiteren Verwendung bei 5°C gelagert.

Für die experimentelle Untersuchung der Schaumweine wurde die Aphrometer-Methode zur Bestimmung des Flaschendruckes nach OIV-MA-AS 314-01 (OIV, 2005) angewendet.

Parameter wie relative Dichte, Alkoholkonzentration, Glukose, Fruktose, titrierbare Säure (als Weinsäure), pH-Wert, Weinsäure, Apfelsäure, Milchsäure, Zitronensäure und flüchtige Säure wurden mit einem FTIR-Spektrometer (Fourier-transformierte Infrarot-Spektroskopie, Wine Scan, Foss Company, Hilleroed, Dänemark) gemessen.

Für die Genomanalyse wurden Proben aus dem genannten Bodensatz des Orangenschaumweinefegellägers entnommen und bei -80°C mit 20% Glycerin zwischengelagert. Die DNA wurde mit dem Favor-Prep™ Soil DNA Isolation Mini Kit (Favorgen Europe, Wien, Österreich) extrahiert und anschließend an ein externes Labor (Eurofins Genomics, Ebersberg, Deutschland) geschickt um eine Next-Generation-Sequencing (NGS)-Analyse mittels einer Illumina MiSeq v3, 2 × 300 bp-Modus durchzuführen. Die Proben wurden mittels NGS von Eurofins analysiert, wobei das 16S rRNA-Markergen (V1-V3-Region) oder die hypervariablen Regionen des ITS-Gens (ITS1-2-Region) amplifiziert wurden. Die Ergebnisse wurden in Operational Taxonomic Units (OTUs) angegeben, welche zusammengefasste Sequenzen, basierend auf ihrer Ähnlichkeit darstellen. Die weitere Bearbeitung der Operational Taxonomic Units (OTUs) und die taxonomischen Zuordnungen erfolgten mit dem Softwarepaket QIIME (Version 1.9.1, <http://qiime.org/>) und der NCBI-Datenbank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Sensorische Tests - die Beschreibung der Aromen und ein Rangordnungstest der Proben

Um die verschiedenen Orange-Schaumweine zu vergleichen wurden beschreibende Verkostungen und Rangordnungstestungen durchgeführt. Die erste Verkostung fand nach sechs Monaten statt, um den aktuellen Zustand der Schaumweine zu beurteilen und den Zeitpunkt des Degorgierens zu bestimmen.

Die nächsten Verkostungen fanden nach insgesamt 13 Monaten bzw. 14 Monaten auf der Hefe statt. Anschließend wurden zwei Rangordnungstests mit unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anfangsdruck war bei fast allen Schaumweinen während des 13-monatigen Messzeitraums niedriger als der Enddruck. Die Ausnahme bildeten die Orangewein-Varianten Preziso und Weinhefe, die einen niedrigeren Endgesamtdruck aufwiesen.

Die sensorischen Ergebnisse sind in Abb.1 und Abb.2 dargestellt. Im Allgemeinen sind die Weine mit der Lagerung vor allem im Geruch, etwas in der Fruchtigkeit zurückgegangen und im Geschmack hat sich die Bitterkeit und Adstringenz intensiviert. Darüber hinaus wirkten die Weine nach mehr als zwei Jahren Reifung weniger frisch und spritzig als nach einem halben Jahr.

Die Ergebnisse der Sequenzierung des Gelägers in November 2021 und dann im Mai 2022 konnten insgesamt 32.708 Sequenzen nachweisen, wobei es sich hauptsächlich um Pilze der Gattung *Saccharomyces* handelte.

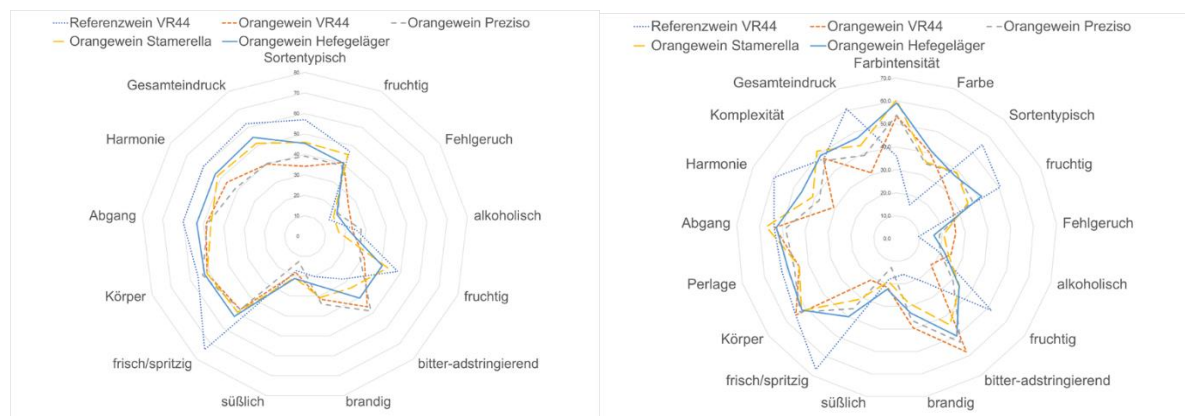


Abbildung 1 und 2: **Darstellung der Mittelwerte der Verkostungsergebnisse in Spinnendiagrammen nach 6 Monaten (n=31) und 14 Monaten (n=31 (rechte Grafik))**

Zusammenfassung

Diese Studie wurde durchgeführt, um die Herstellung sowie die Lagerung von Orangenschaumwein unter Verwendung verschiedener Hefestämme zu bestimmen. Für die traditionelle Flaschengärung wurden Hefestämme der Arten *S. cerevisiae* (SafE^{no}™ VR 44), *S. cerevisiae subsp. bajanus* (Preziso HEFE SEKT), *Starmerella lactis-condensi* (KUK1903) und der Hefesatz des Grundweins verwendet. Mit Hilfe der so genannten virtuellen Spontangärung wurde Orangenwein mit *S. cerevisiae* aus Trauben der Sorte Chardonnay hergestellt und wie andere Weine über einen Zeitraum von 16 Monaten überwacht. Während dieses Zeitraums wurden verschiedene Methoden zur Untersuchung des Orangenschaumweins angewandt, wie z. B. die Druckbestimmung mit einem Aphrometer und die Titration. Darüber hinaus wurden die Hefestämme im Hefetrub des Grundweins mittels "Next Generation Sequencing" bestimmt und sensorische Tests wie Aromabeschreibung und Ranking durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass es große Unterschiede in den gemessenen Parametern zwischen dem maischevergorenen Orangenschaumwein und dem durch Ganztraubenpressung hergestellten Referenzschaumwein gibt. Außerdem unterschieden sich die Hefestämme in ihrer Aktivität voneinander, was durch die malolaktische Gärung in den Orangenschaumweinen nachgewiesen werden konnte.

Abstract

This study was conducted to determine the production and storage of orange sparkling wine using different yeast strains. Yeast strains of the species *S. cerevisiae* (SafE^{no}™ VR 44), *S. cerevisiae subsp. bajanus* (Preziso HEFE SEKT), *Starmerella lactis-condensi* (KUK1903) and the yeast sediment of the base wine were used for traditional bottle fermentation. Using the so-called virtual spontaneous fermentation, orange wine was produced with *S. cerevisiae* from Chardonnay grapes and monitored like other wines over a period of 16 months. During this period, various methods were used to analyze the orange sparkling wine, such as pressure determination with an aphrometer and titration. In addition, the yeast strains in the lees of the base wine were determined using next generation sequencing and sensory tests such as aroma description and ranking were carried out. The results show that there are major differences in the measured parameters between the mash-fermented orange sparkling wine and the reference sparkling wine produced by whole-cluster pressing. In addition, the yeast strains differed in their activity, which was demonstrated by the malolactic fermentation in the orange sparkling wines.

Literatur

NEULICHEDL K. (2023): Untersuchung der chemischen und sensorischen Auswirkungen von verschiedenen Hefestämmen auf die Schaumweinproduktion von Orange Wine Masterarbeit; Universität für Bodenkunde und Hochschule Geisenheim

MANDL K., NEULICHEDL K., SULJIC J., SCHÖDL H., SCHILCHER M., KORNTHEUER K., GROSSMANN M. (2024): Sekt aus Orangewein? Versektung mit verschiedenen Hefen Winzer 1 S.34-37

Adressen der Autoren

¹ HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, A- 3400 Klosterneuburg

² Universität für Bodenkultur, Muthgasse 18, A- 1190 Wien

³ Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Strasse 1, 65366 Geisenheim, Deutschland

* Ansprechpartner: Dr. Karin Mandl, karin.mandl@weinobst.at

Prüfstelle im Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg - qualitätsgesicherte Weinanalytik

Testing laboratory at the Federal Office of viticulture and pomology in Klosterneuburg - quality-assured wine analysis

Elsa Patzl-Fischerleitner*

Was bedeutet Akkreditierung nach ISO 17025?

Akkreditierung ist die formelle Anerkennung der fachlichen und organisatorischen Kompetenz einer Stelle, eine konkrete, im Geltungsbereich der Akkreditierung beschriebene Dienstleistung durchzuführen. Kompetenz ist dabei der Schlüssel zu Transparenz, Vertrauen und Vergleichbarkeit.

Lex Exner: Dieses Gesetz regelte von 1910 bis zu den 90er Jahren im Rahmen der Zuständigkeit des technischen Versuchswesens die Autorisation staatlicher u. privater Institutionen, die diese berechnete über das Ergebnis der von ihnen vorgenommenen Untersuchungen, Erprobungen und Materialprüfungen, Zeugnisse auszustellen, die als öffentliche Urkunden anzusehen sind.

Nach dem Außerkrafttreten des „Lex Exner“ und dem Inkrafttreten des nachfolgenden Akkreditierungsgesetzes fand im Jahr 1996 die erste Kontaktaufnahme des Instituts für Chemie und Biologie mit der Akkreditierungsstelle des Wirtschaftsministeriums statt. Seit dem Jahr 2000 existiert im Institut für Chemie und Biologie die akkreditierte Prüfstelle mit der Identifikationsnummer 151, vergeben durch die Akkreditierung Austria.

Die Vorteile einer akkreditierten Prüfstelle liegen auf der Hand:

- ständige Qualitätskontrolle und Überprüfung
- messtechnische Rückführung
- alles ist bis ins kleinste Detail rückverfolgbar
- national und international anerkannt
- Ergebnisse haben auch vor Gericht Bestand

Ein Nachteil ist aber der doch intensive Zeit- und Personalaufwand, der sich in höheren Kosten niederschlägt.

Aufgaben der Prüfstelle

Die Analysen- und Kontrolltätigkeit wird im Rahmen der nach ISO-Norm 17025 akkreditierten Prüfstelle wahrgenommen. Hierbei werden jährlich rund 12000 Proben (für private und hoheitliche Aufgaben, sowie für Analysen zur Erhaltung des QM-Systems) mit bewährten und modernen Analysemethoden untersucht.

Hoheitliche Aufgaben

- Analytik und Begutachtung amtlicher Proben für die österreichische Weinkontrolle
- Sensorische Analysen für die staatliche Prüfnummer für QW
- Vergabe der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein
- Amtliche Registrierung, Überprüfung und Beurteilung von Weinbehandlungsmitteln
- Analyse der authentischen Weine für die EU-Datenbank

Analysen für Privateinreicher

- Analysen von Wein, Früchten und deren Verarbeitungsprodukten (Liköre, Spirituosen, Säfte, Essig,...)
- Erstellung von analytischen und sensorischen Gegengutachten im Rahmen der staatlichen Prüfnummer bzw. der amtl. Weinkontrolle
- Beratung zur richtigen und zweckmäßigen Durchführung von chemischen, physikalischen und sensorischen Analysen

Sonstige Aufgaben

- Mitwirkung in internationalen und nationalen Fachgremien (OIV, IFU, ALVA,...)
- Zurverfügungstellung von aktuellen Kennzahlen für den Reifeverlauf der Trauben → jährliche Reifeproggnose
- Weinchemische Beurteilung von Großversuchen
- Entwicklung von schnellen und billigen Untersuchungsmethoden für die Wein- und Obstbau-praxis
- Kurse und Weiterbildungsveranstaltungen

Probenlauf

Im Sekretariat der Prüfstelle erfolgen Auftragsprüfung, Angebotslegung und Auftragsannahme. Die Proben werden gekennzeichnet und ins Laborinformationssystem übernommen.

Danach werden die Proben im Labor analysiert und die Analysendaten zumeist automatisiert ins Laborinformationssystem eingespielt.

Die Daten werden durch den/die Sachbearbeiter/in im Labor überprüft und freigegeben. Im Folgenden werden der Prüfbericht und die Rechnung elektronisch erstellt. Die Prüfleitung kontrolliert den Prüfbericht und die Rechnung und gibt die Dokumente frei. Die Prüfleitung übernimmt damit die Verantwortung für den Prüfbericht. Danach unterzeichnet noch die Dienststellenleitung das Dokument und dieses wird mit der elektronischen Signatur versehen. Den Kunden werden Prüfbericht und Rechnung als pdf per e-mail zugestellt.

Was ist möglich?

Durch die enge Zusammenarbeit mit der Abteilung Forschung und Isotopenanalytik, die auch im Institut für Chemie und Biologie angesiedelt ist, bietet sich in Zukunft eventuell auch die Möglichkeit, die eine oder andere Analyse aus dem Forschungsbereich als Leistungen für Dritte anzubieten. Derzeit wird in der Abteilung Forschung und Isotopenanalytik in folgenden Bereichen geforscht und Methoden entwickelt:

- Herkunftsnachweis und Authentizität
- Sorten- und Herkunftstypizität
- Einfluss der Technologie auf Inhaltsstoffe
- Gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe von Obst und Wein
- Weinfehler
- Auswirkungen des Klimawandels

Zusammenfassung

Die Analysen- und Kontrolltätigkeit wird im Rahmen der nach ISO-Norm 17025 akkreditierten Prüfstelle wahrgenommen. Hierbei werden jährlich rund 12000 Proben (für private und hoheitliche Aufgaben, sowie für Analysen zur Erhaltung des QM-Systems) mit bewährten und modernen Analysemethoden untersucht. Neben der reinen Analysentätigkeit nimmt die Abteilung auch wichtige hoheitliche Aufgaben wahr. Dazu gehören beispielsweise die Vertretung in internationalen Gremien (z. B. OIV) und die Zulassung von Weinbehandlungsmitteln. Die Prüfstelle verfügt über ein modernes Laborinformationssystem, das es ermöglicht, viele Prozesse von der Übernahme der Analysenwerte aus den Geräten bis zur Signatur und Versendung der Prüfberichte elektronisch und ggf. automatisiert abzuwickeln. Von der Weinwirtschaft werden außerdem die online verfügbaren Reifevoruntersuchungen und praxisgerechten Kurse und Vorträge geschätzt.

Abstract

Analysis and control activities are carried out by a testing laboratory accredited according to the ISO standard 17025. Around 12000 samples are analysed every year (for private and governmental tasks, as well as for analyses to maintain the QM-system) using approved and modern analytical methods. In addition to analytical work, the department also carries out other important tasks. This includes, for example, representation in international committees (e.g. OIV) and the approval of fining agents. The

testing center has a modern laboratory information system that makes it possible to carry out many processes electronically and automatically, from transfer of analysis values from the devices to signature and sending of reports. The wine industry also appreciates the online provided ripeness tests and practical courses and lectures.

Adresse der Autorin

HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartnerin: Mag. Elsa PATZL-FISCHERLEITNER, elsa-patzl-fischerleitner@weinobst.at

Seltene Erden in Landwirtschaft und Umwelt – künftige Herausforderungen

Rare Earth elements in agriculture and environment – future challenges

Manfred Sager¹

Begründung

In Österreich (und der Slowakei) wurde das Vorkommen von La und Ce in Bachsedimenten bundesweit erfasst, in Böden und Pflanzen jedoch nicht. Durch vermehrte Nutzung Seltener Erden wird es auch längerfristig zu Anreicherungen in der Umwelt, Stadtböden und Lebensmitteln kommen. Die Hauptaufnahme erfolgt durch Obst und Gemüse. Zusätzlich zu zivilisatorisch bedingten Einträgen könnten in Zukunft auch Düngemittel und Futtermittel mit Zusätzen von löslichen Seltenerdverbindungen auf den Markt kommen, wie das in China üblich ist, und was auf längere Sicht negative Folgen haben kann. Natürliche Phosphate sind zumeist ohnehin mit Seltenen Erden angereichert. An Intoxikationen durch Seltene Erden sind Nierenschäden, reduzierte Intelligenz bei Kindern, oxidativer Stress und reduziertes Gewicht bekannt (QVARFORTH et al. 2022). Seit meiner ersten Arbeit 2010 hat sich vieles zugetragen (SAGER 2010, SAGER & WICHE 2024).

Kontaminationsquellen

In Bachsedimenten der Gurk wurden im Einzugsbereich der Treibacher Chemischen Werke im Jahr 1988 bis zu 400 mg/kg La and 500 mg/kg Ce gefunden (SAGER & VOGEL 1993). Besonders in China gelangen durch den Bergbau und die Halbleiterindustrie größere Mengen in die Umwelt (CHEN et al. 2022). Starke Anreicherungen in Abraumhalden gibt es auch bei sulfidischen Lagerstätten anderer Metalle durch die Erosion der tauben Gesteine durch stark saure Sickerwässer und folgende Sorption an sekundär gebildeten Tonen und Eisenoxiden (FERNANDEZ-CALIANI et al. 2009). Katalysatorproduktion und -abrieb (als CeO₂ Nanopartikel) setzen messbare Mengen frei. Gd-Komplexe mit N-hältigen wasserlöslichen Heterozyklen werden in der Medizin als Kontrastmittel in Magnetresonanzabbildungen von z.B. Karzinomen eingesetzt und werden durch anomal hohe Gd-Konzentrationen in Gewässern erkennbar (ZWIENER et al. 2007, TURCOTTE et al. 2022).

In China konnten hohe Konzentrationen im Abraum von Bergbauen über Ackerböden, Zooplankton, Fische und andere Meerestiere, Gemüse bis ins Humangewebe und Placentagängigkeit verfolgt werden (DAI et al. 2022). Bei der Kohleverbrennung gehen die Seltenen Erden größtenteils in die aus Tonmineralen gebildeten glasartigen Al-Silikate oder an Hämatit und bleiben in der Rostasche, bzw. in selektiven Löseverfahren in der Residualfraktion. Seltenerdhältige Stäube lösen sich zwar kaum, führen aber zu Lungenkrankheiten (analog Silikose) (RIM 2016)

Verhalten im Boden

Ein Großteil der Seltenen Erden ist ursprünglich in verwitterungsresistenten Schweremineralen gebunden. Nach der Verwitterung erfolgt Sorption an Tonminerale (besonders Halloysit und Illit), Eisenoxide und Humus (QIU et al. 2022). Die Löslichkeit in CaCl₂ ist üblicherweise < 0,01%.

Trotz des Großteils an Vorkommen an Seltenen Erden in China wird für nicht direkt belastete Gebiete in Böden nur ein Median von 177 mg/kg (Bereich 85-523) erreicht (CHEN et al. 2022). In Apfelböden Ostösterreichs wurden in Summe 106 mg/kg im Gesamtaufschluss gefunden.

In Bodenprofilen Norddeutschlands zeigten die königwasserlöslichen Anteile negative und positive Cer-Anomalien, und negative Eu-Anomalien in allen Profilen. Der Gehalt an Erden stieg mit dem Tonanteil, der Kationenaustauschkapazität und dem pH, er sank in Braunerden mit dem organischen Kohlenstoff (MIHAJLOVIC et al. 2019).

In Reisböden (pH 7,6-8,9) lösten sich in 0,1M Essigsäure nur 0,29-0,63% an Seltenen Erden vom Gesamten, was mit den Gehalten in Reis- oder Maisblättern korrelierte. In sequentieller Folge lösten sich 1,4-3,5% in 0,1M Hydroxylamin, und 7,3-30,3% nach H₂O₂ Oxidation. Bodenextrakte mit Citrat-

Dithionit bzw. Oxalat lösen die an pedogenen Eisenoxiden gebundenen Erden und korrelieren miteinander, das parallel dazu gelöste Eisen aber nicht. Die Extraktion mit einer Mischung von Apfelsäure und Zitronensäure sagte am besten die Aufnahme der Erden in Weizen am besten vorher (ZHANG et al. 2000).

Bodenpilze haben im allgemeinen die höhere Toleranz gegenüber dem Eintrag von Seltenen Erden und werden daher gegenüber Bodenbakterien und Actinomyceten stimuliert.

Aufnahme durch Pflanzen

In Höheren Pflanzen findet man die Hauptmengen in den Wurzeln. Der Transport in den Spross ist meist < 0,1%, kann aber durch Gabe von Komplexbildnern (z.B. Citrat) erhöht werden. Die Carbonatkomplexe und hoher Humusgehalt vermindern die Aufnahme. Bei Wasserpflanzen kann die Aufnahme bevorzugt aus dem Wasser erfolgen. Wasserlinsen z.B. reichern die Seltenen Erden an. Physiologisch konkurrieren die Erden mit Ca, nicht mit Fe oder Al.

Hyperakkumulatortypen sind einige Farne, wie *Dicranopteris* (20 Arten in Tropen und Subtropen), die Amerikanische Kermesbeere (*Phytolacca americana*), sowie der nordamerikanische Walnussbaum (Hickory) und einige Lamellenpilze. Die Anreicherung ist von Genetik, Bodeneigenschaften, Nährstoffen und Klima abhängig. Unter den Kulturpflanzen waren Weizen und Tomaten am wenigsten empfindlich auf Cer, und Rettich am wenigsten auf Nd. Durch Ce induzierte Immunstimulation wirkte bei Tomaten schützend gegen Fusarien und bei Soja gegen UV-B (CHEN et al. 2022).

Geringe Zusätze löslicher Seltenerd-salze zu Düngemittel (etwa 20 mg/kg) bewirken zunächst positive Effekte auf Auskeimen der Saat, Wurzelwachstum, erhöhte Photosynthese und den Antioxidantienstoffwechsel (Soja, Zwiebeln, Reis) durch übermäßige Aktivierung des zellulären Antioxidantien-Abwehrsystems. Düngungen bis zu 10 kg/ha führten zu keiner Erhöhung der Seltenerd-konzentration in Maiskörnern. Bei höheren Dosen (z.B. nach 10-maliger Düngung) erfolgen oxidative Schädigungen durch DNA-Bruch, Mutationen und Karzinogenese. Die Toxizität äußert sich ferner durch vermindertes Wachstum, cytogenetische Anomalien und Redox-Abnormitäten. Der Stress führt auch zu verringerter Aufnahme von B, Cd und Se, hingegen zu erhöhter Aufnahme von Cu, Fe, Mn, Ni und Al (AGATHOKLEOUS et al. 2022). Ein reiner Spurenelementdünger für Seltene Erden namens „Changle“ enthält 24% La, 41% Ce, 4,3% Pr und 13,6% Nd als lösliche Nitratsalze. Da die Pflanzen kaum etwas aufnehmen, und die Erden auch nicht ausgewaschen werden, kommt es bei wiederholter Düngung zur Akkumulation.

In Apfelböden Ostösterreichs führten 106 mg/kg an Summe Seltener Erden im Median im Boden zu 0,23 mg/kg in Apfelblättern, 0,19 mg/kg in Apfelblütenblättern, und 0,16 mg/kg in Apfel Früchten, bezüglich Trockenmasse (SAGER 2020). Heu aus Niederösterreich enthielt im Median 1,4 mg/kg (SAGER & HOBEGGER 2012).

In norddeutschen Wäldern sank die Gesamtkonzentration an Seltenen Erden in der Reihenfolge Flechten- Moose- Heidelbeere- Kiefer – Preiselbeere (MARKERT 1991)

Molekularbiologie

Die Pflanzenverfügbarkeit wird durch die Freisetzung von Protonen, Carboxylaten und Siderophoren in der Rhizosphäre bestimmt. Bei Komplexbildung steigt die Metallkonzentration in der Bodenlösung, es sinkt aber der Transfer in die Wurzel. Die Aufnahme Seltener Erden findet hauptsächlich über Ca-Kanäle als freie Ionen statt, die schwereren Erden sind die etwas besseren Komplexbildner. P-effiziente Spezies erreichen bei P-Mangel eine höhere Carboxylatfreisetzung, und die Anreicherung Seltener Erden sinkt mit sinkender P-Versorgung, während sie in P-ineffizienten Spezies (Raps, Weizen) steigt. Hyperakkumulatortypen benutzen als Wurzelexsudate Aminosäuren, welche die Metallmobilität in der Bodenlösung zwar erhöhen, aber Aufnahme und Verteilung nicht behindern. Mycorrhiza kann durch Adsorption an Zelloberflächen die Aufnahme beeinflussen. Innerhalb der Pflanze werden die Seltenen Erden fast gänzlich als Komplexe mit Aminosäuren oder Carboxylaten im Xylemsaft transportiert, während die freien Ionen bevorzugt an Zellwänden und Membranen adsorbiert werden (WICHE et al. 2023).

Nutztierhaltung

Scheinbar widersprüchliche Ergebnisse in der Tierfütterung ergeben sich aus dem Einfluss der chemischen Form (Citrat, metabolisiert, Oxid) bzw. der Ernährung, je nachdem ob die Stimulation des Immunsystems die schädigende Wirkung überwiegt oder nicht, was als Hormesis bezeichnet wird). Zusätze von Seltenerdcitrat zu Hühnerfutter im Ausmaß von 70-100 mg/kg erhöhte den Ertrag an Eiern,

darüber hinaus blieb die Legeleistung im Bereich der Nullvariante oder darunter. Bei Schweinen liegt diese Effektivitätsschwelle im Bereich von 200 mg/kg, bei Rindern unter 100 mg/kg (TOMMASI et al. 2021). Es kommt zu Anreicherungen in den Innereien.

Vorkommen in Nahrungsmitteln und Grenzwerte

In China wurde die Obergrenze einer sicheren Dosis von 70 µg pro kg Körpergewicht und Tag für die Summe an Seltenen Erden empfohlen, und 110 µg als kritischer Wert (DAI et al. 2022). Im Bergbauggebiet stieg die tägliche Aufnahme an Seltenen Erden um das 2,4-fache (ZHUANG et al. 2017).

In China wurden an Summe Seltener Erden im Frischgewicht in Schellfisch 605 µg/kg, in Fleisch 22,8 µg/kg, in Milch 18,4 µg/kg gefunden. Der nationale Standard beträgt 700 µg/kg Frischgewicht. Eigene Daten für österreichische Äpfel waren 27 µg/kg bzw. für Kärntner Milch 0,9 µg/kg. Mit der Tagesaufnahme aus Meerestieren für Erwachsene in China im Bereich 0,12 – 0,98 µg/kg Körpergewicht und Tag wird der empfohlene Grenzwert von 70 µg nicht erreicht. Die Unterschiede zwischen bergbaunahen und unkontaminierten Standorten in China waren bei Blattgemüse am höchsten, gefolgt von Wurzelgemüse, Kartoffeln und Tomaten, und am geringsten bei Gurken, Kürbissen und Melonen.

In Gefäßversuchen nahmen Tomaten in sämtlichen Wuchsformen aus dem gleichen Boden und unter gleichen klimatischen Bedingungen bei Mineraldüngung mehr Seltene Erden auf als bei organischer Düngung, wobei die Hauptunterschiede bei La und Ce, aber auch bei den schweren Erden lagen (CVJIJANOVIC et al. 2022).

Reis enthielt an Summe Seltener Erden aus Pakistan 350 µg/kg, aus Sri Lanka 75 µg/kg, aus Indien 30 µg/kg, aus Australien 11 µg/kg, aus den USA 6 µg/kg, und aus Italien nur 2 µg/kg (IMRAN et al. 2023). In 22 Stadtböden aus 6 europäischen Städten wurden leichte Anreicherungen an Summe Seltener Erden (Median 1,77-fach, Bereich 0,83-2,4-fach) im königswasserlöslichen Anteil festgestellt. Bei Gefäßversuchen mit diesen Böden enthielt Grüner Salat im Median 154 µg/kg, Mangold 145 µg/kg, und Karotten 45 µg/kg an Summe Seltener Erden. Der Transferfaktor der Summe Seltener Erden betrug in Grünen Salat 0,23 %, in Mangold 0,21%, und in Karotten nur 0,11%, bezüglich des Bodenextrakts in 0,1M HNO₃ (QVARFORTH et al. 2022), was etwa dem Transfer von Al entspricht.

Gelöste Gehalte in Gewässern sind gering, aber Muscheln reichern stark an (FIGUEIREDO et al. 2022). Lamellenpilze in Polen enthielten bis zu 200 µg/kg Trockenmasse, vermutlich durch Staubeintrag aus Kohleverbrennung (MEDYK & FALANDYSZ 2022).

ROSENBERGER A, KAUL HP, SENN T, AUFHAMMER W (2000): Optimierung der Produktion von Wintergetreide zur Bioethanolherstellung durch unterschiedlich intensive Anbauverfahren. *J Agronomy Crop Science* 185, 55-65.

Abstract

Increased utilization of REE-compounds has led to a boost in REE-mining, as well in pollution and toxicity studies within the last decade, particularly in China. Mineral weathering leads to adsorption upon clay minerals and pedogenic oxides. The soil to plant transfer is low and can be increased by organic acids. REE-pollution leads to oxidative stress, and interferes rather with the Ca than with Fe metabolism. Slight additions to fertilizers and feedstuffs lead to increased growth because of overstimulation of defense mechanisms, but repeated applications lead to enrichment and pollution!

Literatur

AGATHOKLEOUS E, ZHOU Boya, GENG Caiyu, XU Jianing, SAITANIS CJ, FENG Zhaozhong, TACK FMG, RINKLEBE J (2022): Mechanisms of cerium- induced stress in plants: a meta-analysis. *Sci Tot Environ* 852, 158352

CVJIJANOVIĆ V, SARIĆ B, DRAMIČANIN A, KODRANOV I, MANOJLOVIĆ D, MOMIROVIĆ N, MOMIROVIĆ N, MILOJKOVIĆ-OPSENICA M (2021): Content and distribution of macroelements, microelements, and rare earth elements in different tomato varieties as a promising tool for monitoring the distinction between the integral and organic system of production in Zeleni hot – official Enza and Vitalis trial and breeding station. *Agriculture* 11, 1009

DAI Yubing, SUN Shuai, LI Yun, YANG Jiajia, ZHANG Chengbin, CAO Rong, ZHANG Haijun, CHEN H, CHEN H, CHEN Z (2022): A review of in situ phytoextraction of rare earth elements from contaminated soils. *Int J Phytoremediation* 24, 557–566.

CHEN Jiping, GONG Ningbo (2022): Residual levels and health risk assessment of rare earth elements in Chinese resident diet: a market-based investigation. *Sci Tot Environ* 828, 154119

FERNANDEZ-CALIANI JC, BARBA-BRIOSO C, DE LA ROSA JD (2009): Mobility and speciation of rare earth elements in acid minesoils and geochemical implications for river water in southwestern Iberian margin. *Geoderma* 149, 393–401.

FIGUEIREDO C, OLIVEIRA R, LOPES C, BRITO P, CAETANO M, RAIMUNDO J (2022): Rare earth elements biomonitoring using the mussel 1702 *mytilus galloprovincialis* in the Portuguese coast: seasonal variations. *Mar Poll Bull* 175, 113

HU Y, VANHAECKE F, MOENS L, DAMS R, DEL CASTILHO P, JAPENGA J (2022): Determination of the aqua regia soluble content of rare earth elements in fertilizer, animal fodder phosphate and manure samples using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal Chim Acta* 373, 95–105.

IMRAN M, NGUYEN A, SULTANOWA Y (2023): Quantification of rare earth elements in Australian and imported rice samples from different origins using ICP-MS. *Sci Tot. Environ.* 895, 164865

MARKERT B, LI Zh-D (1991). Natural background concentrations of rare-earth elements in a forest ecosystem. *Sci Tot Environ* 103, 27–35.

MEDYK M, FALANDYSZ J (2022): Occurrence, bio-concentration and distribution of rare earth elements in wild mushrooms. *Sci Tot Environ* 851, 158159

MIHAJLOVIĆ J, BAURIEGEL A, STÄRK H-J, ROSSKOPF N, ZEITZ J, MILBERT G, RINKLEBE J (2019): Rare earth elements in soil profiles of various ecosystems across Germany. *Applied Geochemistry* 102, 197-217

QVARFORTH A, LUNDGREN M, RODUSHKIN I, ENGSTRÖM E, PAULUKAT C, HOUGH RL, MORENO-JIMÉNEZ E, BEESLEY I, TRAKAL L, AUGUSTSSON A. (2022): Future food contaminants: an assessment of the plant uptake of technology-critical elements versus traditional metal contaminants. *Environment International* 169, 107504

QIU S, YA H, HONG B, LONG Q, XIAO J, LI F, TONG L, ZHOU X, QIU T (2022): Desorption of REEs from halloysite and illite: A link to the exploitation of ion-adsorption RE-ore based on clay species. *Minerals* 12, 1003.

RIM K-T (2016): Effects of rare earth elements on the environment and human health: A literature review. *Toxicol Environ Health Sci* 8, 189–200.

SAGER M, VOGEL W (1993): Heavy Metal Load of Sediments of the River Gurk/Carinthia—Merits and Limitations of Sequential Leaching. *Acta Hydrochim Hydrobiol* 21, 21–34.

SAGER M (2010): analysis of less bioactive elements in green plants, food and feed samples (Sc-Y-La-Ce-Rb-Cs-Ti). *Ecological Chemistry and Engineering* 17(3), 289-295

SAGER M, HOBEGGER M (2012): Beiträge von hofeigenem und zugekauftem Futter zur Gesamtelementfracht für die Fütterung von Milchkühen in drei Regionen Niederösterreichs. 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., Freising

SAGER M (2020): element concentrations and interelement relations in apple leaves, blossom leaves and fruits and adjacent surface soils. *Agricultura* 1 – 2, 113-114

SAGER M, WICHE O (2024): Rare Earth Elements (REE): Origins, Dispersion, and Environmental Implications—A Comprehensive Review. *Environments* 11, 24. <https://doi.org/10.3390/environments11020024>

TOMMASI F, THOMAS Ph-J, PAGANO G, PERONO A, ORAL R, LYONS DM, TOSCANESI M, TRIFUOGGI M (2021): Review of rare earth elements as fertilizers and feed additives: a knowledge gap analysis. *Arch Environ Contam Toxicol* 81, 531-540

TURCOTTE P, SMITH SA, GAGNÉ F, GAGNON C (2022): Lanthanides release and partitioning in municipal wastewater effluents. *Toxics* 10, 254.

WICHE O, DITTRICH C, POURRET O, MONEI N, HEIM J, LAMBERS, H (2023): Relationships between carboxylate-based nutrient-acquisition strategies, phosphorus-nutritional status and rare earth element accumulation in plants. *Plant Soil* 489, 645–666

ZHANG SZ, SHAN X-Q, LI, FL(2000): Low-molecular-weight organic-acids as extractant to predict plant bioavailability of rare earth elements. *Int J Environ Anal Chem* 76, 283–294.

ZHUANG Maoqiang, ZHAO Jinshan, LI Suyun, LIU Danru, WANG Kebo, XIAO Peirui, YU Lianlong, JIANG Ying, SONG Jian, ZHOU Jinyang, WANG Liansen, CHU Zunhua (2017): Concentrations and health risks assessment of rare earth elements in vegetables from mining area in Shandong. China. *Chemosphere* 168, 578-582

ZWIENER C, PERSCHNIK N, FRIMMEL FH (2007) Gadolinium speciation to track Gd-contrast media in drinking water treatment. In *Proceedings of the Anakon 2007, Jena, Germany*, p. 55.

POSTER

**15Entwicklung eines herzhaften Snackproduktes aus 85 % Nebenproduk-
ten aus der Lebensmittelproduktion**

*Development of a savory snack product made from 85% by-products from
food production*

Barbara Spießberger* und Kathrin Heim

Siehe Seite 16 ALVA-Förderpreis

Artenreiche Begrünungen im Weinbau – Projekt Life VineAdapt (Life19 CCA/DE/001224)

Innovative greening of vineyards – Project Life VineAdapt (Life19 CCA/DE/001224)

Katharina Gassner-Speckmoser*, Wilhelm Graiss und Bernhard Krautzer

Einleitung

Extensive Blühflächen erfüllen in der Kulturlandschaft wichtige Ökosystemfunktionen und bieten Lebensraum für viele Arten, die auch für uns Menschen wichtige Funktionen ausüben, sei es als Blütenbestäuber, sei es als räuberisches Insekt, welches hilft, kulturschädigende Insekten wie Blattläuse zu reduzieren. Im EU-Life-Projekt VineAdapt erforschen Projektpartner aus Österreich (HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Steirisches Landesweingut Silberberg), Deutschland, Ungarn und Frankreich, wie angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen die Widerstandsfähigkeit des Ökosystems Weinberg stärken können. Die Projekt-Themenbereiche setzen sich mit der Umsetzung eines innovativen, ressourcenschonenden und biodiversitätsfreundlichen Weinbaus zur Anpassung an den Klimawandel auseinander. Weinberge dienen als Lebensraum und Sprungbrett für Arten, die aufgrund der Intensivierung der Landnutzung und des Klimawandels vom Rückgang bedroht sind: Wildbienen und weitere Nützlinge werden als Indikatorarten für einen biodiversitätsfreundlichen Weinbau betrachtet. Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein kooperiert mit dem Steirischen Landweingut Silberberg und auch Partnerwinzer stellen Weingärten als Projektflächen zur Verfügung.

Material und Methoden

Einsaat in Weingarten-Fahrgassen: Ab Mai 2021 wurden die Projektweingärten angelegt. Bei der Anlage von artenreichen Kräuter-Leguminosen-Mischungen muss auf optimale Saatbettbereitung und eine oberflächliche Saatgutablage mit anschließendem Anwalzen geachtet werden. Die verwendete Technik besteht aus einer Rotor-Umkehregge mit 80 cm Arbeitsbreite und einem Grünland-Nachsaatgerät mit geteiltem Säkasten, um die artenreiche Kräuter-Leguminosen-Mischung nur im Mittelstreifen der Weingärten zwischen den Traktorreifen anzulegen. Die Mischungszusammensetzung der artenreichen Mischung ist Tabelle 2 ersichtlich. Die langjährigen Erfahrungen der Abteilung Vegetationsmanagement und Biodiversitätsforschung der HBLFA belegen, dass der Belastung in der Fahrspur viele Kräuterarten nicht standhalten, darum erfolgte dort die Saat einer Mischung aus Rasengräsern (60 Gewichts% *Lolium perenne*, 20 Gew.% *Festuca nigricans*, 20 Gew.% *Poa pratensis*). Die züchterischen Zielsetzungen bei Sorten für Rasenflächen oder Landschaftsbau liegen in niedrigem Wuchs und guter Rasenbildung, sowie einer geringeren Biomasseproduktion im Vergleich zu landwirtschaftlichen Gräserarten.

Sowohl Frühjahrs- als auch Spätsommeranlagen von artenreichen Weingartenbegrünungen sind möglich. Wichtig ist, eine zu frühe Anlage zu Jahresbeginn bzw. eine zu späte im Herbst zu vermeiden (Spät- bzw. Frühfrostgefahr). Bei der Frühjahrsanlage besteht die Gefahr einer geringen Wasserversorgung und starker Konkurrenz sommerannueller Unkräuter. Spätsommeransaat, zwischen dem letzten Augustdrittel und dem ersten Septembertag durchgeführt, funktionieren im Regelfall sehr gut. Die Witterungsbedingungen werden im Herbst zunehmend feuchter, im Spätsommer laufen deutlich weniger Unkräuter auf, die Nächte werden taufeucht und die Keimlinge können sich bis in den Spätherbst hinein gut entwickeln.

Standorte: Die Projektweingärten liegen im Bezirk Leibnitz, im Weinbaugebiet Südsteiermark in den Gemeinden Kaindorf, Gamlitz, Kitzack und Leutschach. Es wurde sowohl in bestehende Weingärten als auch in neu angelegte Junganlagen eingesät.

Versuchsanlage und Pflege: Die Weingärten sind als Erhebungsblöcke konzipiert oder abwechselnd eine eingesäte und dann eine naturbegrünte Fahrgasse. Ungesäte Kontrollparzellen gibt es an drei Standorten. Die Parzellenfläche der Vegetationserhebungen beträgt jeweils 5 m², vierfach wiederholt. Um die Samenausreifung der gesäten Kräuter und Leguminosen zu ermöglichen, wird bei den jeweiligen Mulchüberfahrten im Frühjahr der Mittelstreifen stehen gelassen, der erste vollflächige Mulchgang soll erst ab 1. August stattfinden. Bei starkem Auftreten von Beikräutern im Ansaatjahr ist ein Reinigungsschnitt der ganzen Fahrgasse durchzuführen, um die Beikräuter vor ihrer Samenreife zu schwächen. Die

Schnitthöhe hierbei darf nicht zu kurz sein, um die Blattrosetten der gesäten Blühpflanzen nicht zu verletzen. Ein auf Biodiversitätsförderung angelegter Weingarten hat ein anderes Erscheinungsbild als eine regelmäßig ganzflächig gemulchte Anlage.

Ergebnisse und Diskussion

Die Etablierung von mehrjährigen Arten des Extensiv-Grünlands in schmalen Blühstreifen in Weingärten steht vielen Herausforderungen gegenüber:

- Verfügbarkeit von Technik zur Saatbeetbereitung und zur fachgerechten Einsaat
- Vorhandene ausläufertreibende Beikräuter und Gräser können durch Einsatz einer Rotor-Umkehregge in feuchten (Folge)jahren vermehrt austreiben und die Begrünpflanzen überwachsen
- Bewusstseinschaffung über optimales Mulchmanagement von artenreichen Blühstreifen im Jahresverlauf und Akzeptanz einer gewissen ‚Unordnung‘ durch samenreife Blühpflanzen mit bräunlichen Stängeln und Blütenständen und teilweise hochaufwachsende Pflanzenexemplare (Beispielfoto siehe Abbildung 2)
- Saatgutkosten und Verfügbarkeit von Saatgut der Pflanzenarten des Extensivgrünlandes – Verwendung regionaler, zertifizierter Saatgutmischungen, um die genetische Vielfalt wildlebender Arten innerhalb ihrer naturräumlichen Verbreitungsgebiete zu erhalten.

Das Gumpensteiner Herkunftszertifikat soll die Produktion und Verwendung von regionalem Wildpflanzensaatgut fördern und damit einen Beitrag zur Erhaltung der floristischen Biodiversität in Österreich leisten. Die Zertifizierung umfasst Herkunftsnachweis, Qualitätskontrollen und Rückverfolgbarkeit jeder Saatgutcharge.

Ergebnisse zur Anlage von artenreichen Dauerbegrünungen im Mittelstreifen aus dem Life-Projekt „VineAdapt“ werden in Abbildung 1 beispielhaft dargestellt, die Projektlaufzeit endet 2025. Der Projektendbericht wird unter www.life-vineadapt.eu zur Verfügung stehen.

Einige Arten des Dauergrünlandes wie etwa Spitzwegerich, Rauer Löwenzahn, Schafgarbe und Kleearten sind in Weingärten in der Südsteiermark natürlich vorkommend. Die jeweils höhere Artenzahl an Mischungsarten im Jahr 2022 erklärt sich mit dem Aufgang der einjährigen Feldblumenarten. Diese werden derartigen Blühmischungen beigemischt, um im ersten Standjahr einen schnellen Feldaufgang mit Bodenbedeckung und einen ersten Blühaspekt zu bieten. Mit einem Anteil von 29 bzw. 41 % der Vegetationsdeckungs mit 16 bzw. 15 gesäten Arten zeigte sich die Vegetation 2023 an den Standorten Glaser und Kogelberg sehr zufriedenstellend.

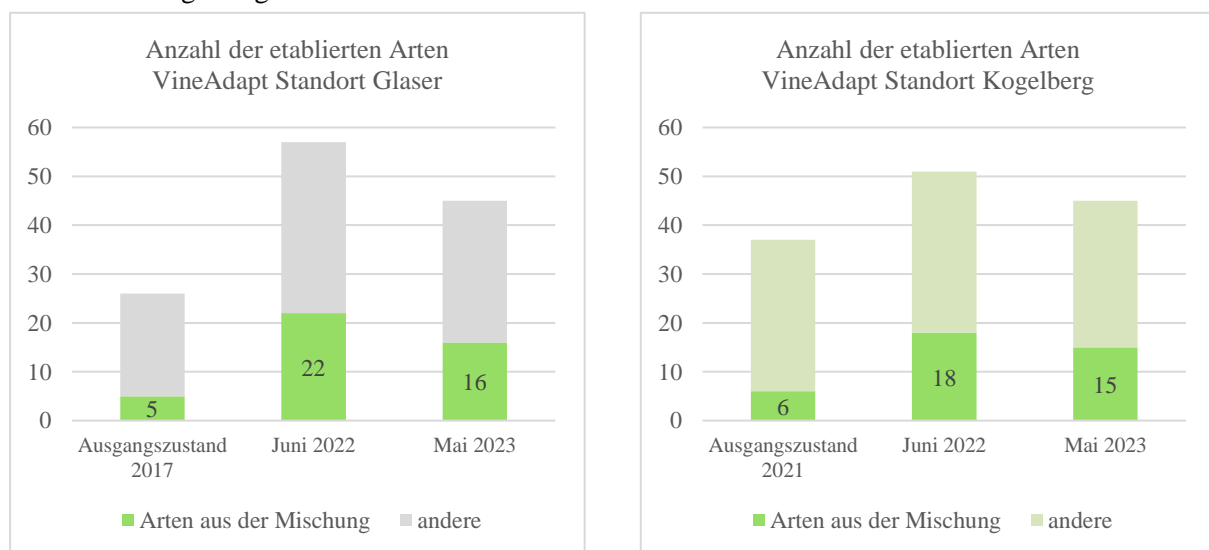


Abbildung 15: Life VineAdapt – Artenreiche Weingarten-Dauerbegrünung: Anzahl Etablierter Arten



Abbildung 16: Biodiversitätsweingarten Glaser im Juli 2022, Silberberg

In Tabelle 1 sind Mischungspartner der verwendeten artenreichen VineAdapt-Begrümmungsmischung nach ihrer Etablierbarkeit bei fachgerechter Einsaat in den Mittelstreifen der südsteirischen Projektweingärten gelistet.

| Leicht etablierbar | Mittel etablierbar | Schwer etablierbar |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Aufgeblasenes Leimkraut | Gewöhnliche Esparsette | Buntkronwicke |
| Echte Schafgarbe | Dunkle Königskerze | Dost |
| Färberkamille* | Gelbklee | Echte Betonie |
| Hornklee | Gelb-Labkraut | Echtes Johanniskraut |
| Klatschmohn* | Karthäusernelke | Gelbe Skabiose |
| Kleiner Wiesenknopf | Kornblume* | Großblütige Braunelle |
| Kornrade* | Rauer Löwenzahn | Moschus-Malve |
| Magerwiesen-Margerite | Wegwarte | Nickendes Leimkraut |
| Spitzwegerich | Wiesen-Witwenblume | Skabiosen-Flockenblume |
| Wiesen-Flockenblume | Wilde Möhre | Wundklee |
| Wiesensalbei | | |
| *einjährige / überjährige Arten | | |

Tabelle 1: Etablierbarkeit der Arten im Weinberg-Blühstreifen (nach Gaier et al., 2021)

Tabelle 2 nach Frühwirth und Krautzer, 2015 zeigt die Wertigkeit der Arten der VineAdapt-Biodiversitätsmischung für verschiedene Insektengruppen.

Tabelle 2: Bewertung der Blühpflanzenarten der „VineAdapt Biodiversitätsmischung für Blühstreifen“ als Nahrungsgrundlage für Insekten

| Botanischer Name | Deutscher Name | Gew. % | Bedeutung der Art für Insekten (nach Frühwirth und Krautzer, 2015) | | |
|---------------------------------|-------------------------|--------|--|------------|----------------|
| | | | Honigbienen | Wildbienen | Schweb-fliegen |
| <i>Achillea millefolium</i> | Echte Schafgarbe | 1 | + | + | ++ |
| <i>Agrostemma githago</i> | Kornrade | 5 | - | - | - |
| <i>Anthemis tinctoria</i> | Färber-Hundskamille | 2 | ++ | +++ | +++ |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> | Echter Wundklee | 3 | ++ | +++ | - |
| <i>Betonica officinalis</i> | Echte Betonie | 2 | +++ | +++ | ++ |
| <i>Centaurea cyanus</i> | Kornblume | 5 | +++ | +++ | +++ |
| <i>Centaurea jacea</i> | Wiesen-Flockenblume | 5 | ++ | ++ | ++ |
| <i>Centaurea scabiosa</i> | Skabiosen-Flockenblume | 3 | +++ | ++ | ++ |
| <i>Cichorium intybus</i> | Gewöhnliche Wegwarte | 2 | +++ | ++ | ++ |
| <i>Daucus carota</i> | Möhre | 4 | + | + | ++ |
| <i>Dianthus carthusianorum</i> | Karthäuser-Nelke | 5 | + | - | - |
| <i>Galium verum</i> | Gelb-Labkraut | 3 | ++ | - | - |
| <i>Hypericum perforatum</i> | Echtes Johanniskraut | 1 | + | - | - |
| <i>Knautia arvensis</i> | Wiesen-Witwenblume | 4 | + | ++ | ++ |
| <i>Leontodon hispidus</i> | Wiesen-Löwenzahn | 2 | ++ | ++ | ++ |
| <i>Leucanthemum vulgare</i> | Magerwiesen-Margerite | 6,8 | ++ | + | ++ |
| <i>Lotus corniculatus</i> | Hornklee | 4 | +++ | - | - |
| <i>Malva moschata</i> | Moschus-Malve | 3 | +++ | +++ | + |
| <i>Medicago lupulina</i> | Gelbklee | 2 | ++ | +++ | - |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | Gewöhnliche Esparsette | 10 | +++ | +++ | - |
| <i>Origanum vulgare</i> | Dost | 0,2 | +++ | +++ | +++ |
| <i>Papaver rhoeas</i> | Klatschmohn | 2 | +++ | +++ | ++ |
| <i>Plantago lanceolata</i> | Spitzwegerich | 1 | +++ | - | + |
| <i>Prunella grandiflora</i> | Großblütige Braunelle | 2 | +++ | +++ | - |
| <i>Salvia pratensis</i> | Wiesen-Salbei | 5 | + | +++ | - |
| <i>Sanguisorba minor</i> | Kleiner Wiesenknopf | 5 | ++ | ++ | - |
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> | Gelbe Skabiose | 3 | + | ++ | ++ |
| <i>Securigera varia</i> | Buntkronwicke | 1 | +++ | +++ | ++ |
| <i>Silene nutans</i> | Nickendes Leimkraut | 1 | + | + | - |
| <i>Silene vulgaris</i> | Aufgeblasenes Leimkraut | 5 | + | + | - |
| <i>Verbascum nigrum/chaixii</i> | Dunkle Königskerze | 2 | +++ | ++ | ++ |

Von Mai bis August 2024 wird ein Partner-Etymologe in zwei Projektweingärten Fänge und Erhebungen des Insektenvorkommens durchführen und eingesäte Biodiversitätsweingärten sowie Weingärten mit gräserreicher, in der Südsteiermark üblicher, Begrünungsvariante vergleichen. Die länderübergreifenden Ergebnisse der Auswirkungen von Begrünungen mit artenreichen Dauerbegrünungsmischungen in Weingärten und der weiteren Projektbereiche wie alternatives Unterstockmanagement, ressourcenschonende Düngung und Bewässerung sowie Ökosystemdienstleistungen im Weinbau werden im Endbericht veröffentlicht.

Zusammenfassung

In einem Themenbereich des EU-Life Projekts „VineAdapt“ werden über vier Jahre (2021 bis 2025) mit einer artenreichen Biodiversitätsmischung begrünte Fahrgassen in der Weinregion Südsteiermark untersucht und die Entwicklung der Pflanzenbestände und die (langfristige) Etablierung der Zielarten erhoben. Ziel ist, dass artenreich begrünte Fahrgassen („Biodiversitätsweingärten“) in der Kulturlandschaft einen Beitrag zum Erhalt extensiver, regionaler Blühpflanzen-Gesellschaften leisten und ein Lebensraum für Nützlinge wie (Wild)bienen, Schwebfliegen, Marienkäfer und Spinnen sein können. Bei Einhaltung eines späten ersten Schnitttermins der Blühstreifen kann man davon ausgehen, dass die Blühpflanzen artenreich und stabil erhalten bleiben.

Abstract

In the vineyard, floristic diversity is to be increased by sowing species-rich and site-specific wild plant mixtures in the inter rows. Wild bees and pest antagonists are used as key indicators to assess the success of the intended transformation to biodiversity vineyards. The aim is to raise awareness that species-rich permanent vineyard greening ("biodiversity vineyards") in the intensive cultivated landscape can contribute to the preservation of extensive, regional flowering plant communities and provide a habitat for beneficial insects such as (wild) bees, hoverflies, ladybugs and spiders. If the first cut of the flower strips is carried out late, it can be assumed that the composition of flowering strips will remain species-rich and stable over longer periods.

Literatur

FRÜHWIRTH, P., KRAUTZER, B (2015): Symbiose. Imkerei und Landwirtschaft - eine spannende Partnerschaft. LFI, Wien, 100 S.

GAIER, L., KRAUTZER, B, GRAISS, W., WEBER, J. (2021): Förderung der pflanzlichen Biodiversität im artenarmen Grünland, 75. ALVA-Tagung, Wieselburg, S. 304 - 306.

KRAUTZER, B. (2021): Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach „Gumpensteiner Herkunftszertifikat“, 18 S.

KRAUTZER, B.; GRAISS, W. (2014): Anlagetechnik und Saatgutmischungen für die Begrünung von Weingärten. In: Tagungsband - Neue Strategien für die Weingartenbegrünung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 04.06.2014, Leibnitz, 7-17.

LANDGESELLSCHAFT SACHSEN-ANHALT (2019): Anleitung zur naturnahen und klimaangepassten Rebzeilenbegrünung, Projekt Life VinEcos, 23 S.

Saatgut-Bezug des Projekts von der Kärntner Saatbau e. Gen - Katalog unter <https://www.saatbau.at/uploads/files/Begruenung-Aktuell-2024-60.pdf> frei verfügbar

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartnerin: Katharina GASSNER-SPECKMOSER, BSc; Katharina.Gassner-Speckmoser@raumberg-gumpenstein.at

Projekt-Homepage

www.life-vineadapt.eu



Grünlandregionen in Österreich

Grassland regions in Austria

Andreas Schaumberger

Bedeutung der Grünlandwirtschaft

Die Grünlandwirtschaft spielt in Österreich mit einer Fläche von 1,31 Mio. Hektar eine zentrale Rolle für die landwirtschaftliche Produktion, aber auch für die Bewahrung einer ländlich geprägten Kulturlandschaft. Mit einer großen Vielfalt an Wiesen und Weiden in unterschiedlichen Nutzungsintensitäten, die sich über verschiedene Klimazonen erstrecken, bietet Österreich hervorragende Bedingungen für eine standortangepasste Grünlandwirtschaft. Diese Form der Landbewirtschaftung ist nicht nur für die Produktion von hochwertigem Futter für die Viehwirtschaft von Bedeutung, sondern trägt auch wesentlich zur Erhaltung der Biodiversität, zur Landschaftspflege und Erhaltung von traditionellen Landschaftsbildern bei.

In Österreich ist die Grünlandwirtschaft vor allem im topografisch und klimatisch benachteiligten Berggebiet tief in der ländlichen Kultur und Tradition verwurzelt und stellt eine wichtige Einkommensquelle für etwa 53.000 landwirtschaftliche Betriebe dar (BML, 2023).

Die nachhaltige Bewirtschaftung dieser Flächen spielt eine Schlüsselrolle im Kampf gegen die Boden-erosion, bei der Kohlenstoffbindung und im Wassermanagement (Pötsch, 2010). Diese ökologischen Leistungen sind besonders in Zeiten des Klimawandels von großer Relevanz. Darüber hinaus tragen die Grünlandflächen durch ihre Vielfalt an Pflanzenarten und deren unterschiedliche Ansprüche an klimatische und bodenbedingte Gegebenheiten zu einem tiefgreifenden Verständnis der agrarökologischen Dynamik bei.

In diesem Kontext ist es unerlässlich, die klimatischen Rahmenbedingungen der verschiedenen Grünlandregionen in Österreich zu berücksichtigen, um eine standortangepasste Bewirtschaftung zu erhalten, die sowohl ökonomisch tragfähig als auch ökologisch nachhaltig ist. Dies ist insbesondere im Zeichen des Klimawandels von großer Bedeutung, wo sich die Rahmenbedingungen auch in den Bergregionen stark verändern werden.

Klimaregionen und der Einfluss auf die Landbewirtschaftung

Österreich zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Vielfalt an Klimaregionen aus, die sich sehr stark auf die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung auswirken. Von den alpinen Bedingungen im Westen bis zu den gemäßigteren, kontinental geprägten Klimazonen im Osten, bietet jede Region unterschiedliche Herausforderungen und Möglichkeiten für die Landwirtschaft.

Im alpinen Klima des Westens, gekennzeichnet durch kalte Winter und mäßig warme Sommer, ist die Landwirtschaft vor allem auf Viehzucht und Milchproduktion ausgerichtet. Die kurze Vegetationsperiode und die oft steilen Hänge erfordern spezielle Bewirtschaftungstechniken, um auch exponierte und extensive Grünlandflächen optimal nutzen zu können. Diese Bedingungen beeinflussen die Art und Weise der Landbewirtschaftung, die vor allem in den Hochlagen der Almen bis zu einer extensiven Weidewirtschaft reicht und eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung der alpinen Biodiversität spielen. Im Gegensatz dazu bietet das kontinentale Klima im östlichen Österreich, mit seinen wärmeren und eher trockenen Sommern und kälteren Wintern, ideale Bedingungen für den Ackerbau. Hier finden sich neben ausgedehnten Äckern aber auch Grünlandflächen, auf denen oft Feldfutter angebaut wird. Allerdings hängen die erzielten Erträge in diesen etwas niederschlagsärmeren Regionen sehr stark von der jährlichen Witterung und der damit zusammenhängenden Wasserversorgung ab.

Die Übergangszone zwischen diesen beiden wichtigsten Klimaregionen, die das zentrale und südliche Österreich umfasst, erlebt eine Mischung aus alpinen und kontinentalen Einflüssen. Diese Regionen zeichnen sich durch eine große landwirtschaftliche Vielfalt aus, wobei die Grünlandwirtschaft auch hier eine sehr wichtige Rolle spielt, insbesondere in den hügeligen Gebieten.

Die unterschiedlichen Klimaregionen beeinflussen nicht nur die Art der landwirtschaftlichen Produktion, sondern auch die Anpassungsstrategien an den Klimawandel und die Resilienz der landwirtschaftlichen Systeme.

Grundlagen für die Abgrenzung von Grünlandregionen

In dieser Arbeit wird eine neue Abgrenzung von Regionen vorgestellt, die ähnliche Bewirtschaftungsmuster und -intensitäten der österreichischen Grünlandbewirtschaftung mit einer naturräumlichen und klimatischen Gliederung verbindet. In Abbildung 1 sind jene Geodaten angeführt, die als Orientierung für die Grünlandregionsabgrenzung dienen. Die von Wagner (1990a, 1990b) definierten Hauptproduktionsgebiete bilden die Basis, die mit den Klimaregionen nach Kilian et al. (1993) und den von der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 1983 festgelegten Klimaregionen ergänzt werden. Weiters wird die Gebietskulisse der Benachteiligten Gebiete Österreichs (Gmeiner und Hovorka, 2011) einbezogen, um vor allem das Berggebiet deutlich von den Gunstlagen abzugrenzen, in dem die Grünlandwirtschaft eine zentrale Rolle in der Landnutzung spielt.

Abbildung 1 zeigt in der vierten Karte die Gebietsgrenzen der drei Geodatensätze Hauptproduktionsgebiete, Klimaregionen und Benachteiligtes Gebiet als übereinanderliegende Layer mit den als grün eingefärbten Hintergrundregionen, die das Ergebnis der Regionalisierung der Grünlandgebiete, wie sie Abbildung 3 zeigt, vorwegnehmen. Mit dieser Darstellung wird deutlich, auf welche Weise sich die drei Datensätze ergänzen und zur Definition der Grünlandregionen beitragen.

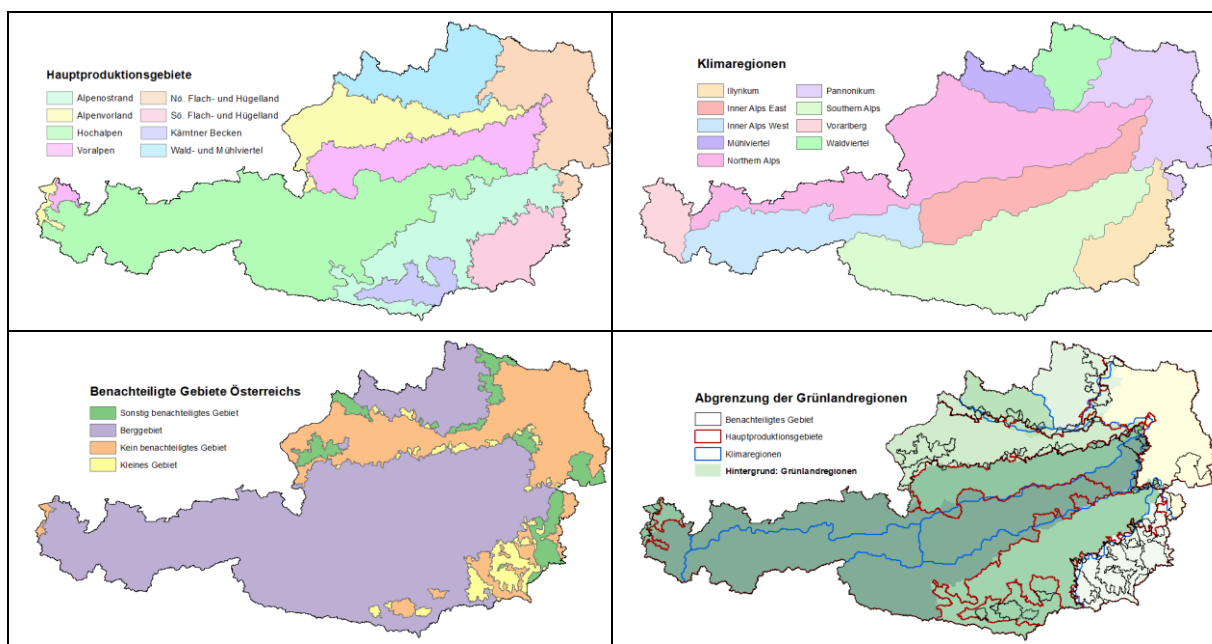


Abbildung 1: Zusammenführung von Geodaten zur Neubegrenzung österreichischer Grünlandregionen

Die Regionen orientieren sich zwar an den zugrundeliegenden Geodaten, die exakte Abgrenzung erfolgt jedoch an Hand der Polygone der politischen Gemeinden. Ein wichtiger Maßstab für die Entscheidung, welchem Basisdatensatz für die Grünlandregionsgrenze mehr Gewicht verliehen wird, bildet eine Auswertung des Anteils der Grünlandfläche an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche innerhalb einer Katastralgemeinde (siehe Abbildung 2). Grundlage dafür ist die Schlagnutzungsinformation aus den INVEKOS-Daten 2023 mit den in Tabelle 1 angeführten Nutzungsarten und Grünlandklassen.

Tabelle 1: Schlagnutzungsarten zur Bildung der Grünlandkulisse

| SNr. | Schlagnutzungsart | Grünlandklasse | SNr. | Schlagnutzungsart | Grünlandklasse |
|------|------------------------|----------------|------|----------------------------|---------------------|
| 443 | SL: Futterleguminose | Feldfutterbau | 702 | Mehrmähdige Wiese | Extensives Grünland |
| 456 | SL: Biogas Gräser | Feldfutterbau | 703 | Kulturweide | Intensives Grünland |
| 457 | SL: Biogas Klee gras | Feldfutterbau | 704 | Streuwiese | Extensives Grünland |
| 459 | SL: Biogas Leguminosen | Feldfutterbau | 705 | Einmähdige Streuobstwiese | Extensives Grünland |
| 467 | SL: Klee gras | Feldfutterbau | 706 | Mehrmähdige Streuobstwiese | Extensives Grünland |
| 481 | SL: Klee | Feldfutterbau | 707 | Hutweide | Extensives Grünland |
| 482 | SL: Luzerne | Feldfutterbau | 708 | Bergmäher aus ÖPUL | Extensives Grünland |
| 633 | Klee | Feldfutterbau | 711 | Streuobst/Kulturweide | Intensives Grünland |
| 634 | Klee gras | Feldfutterbau | 712 | Streuobst/Hutweide | Extensives Grünland |

| | | | | | |
|-----|----------------------|---------------------|-----|---|---------------------|
| 635 | Luzerne | Feldfutterbau | 714 | GLÖZ-G-Flächen (Grünland) | Extensives Grünland |
| 636 | Wechselwiese (Egart) | Wechselgrünland | 715 | Dauerweide | Intensives Grünland |
| 637 | Futtergräser | Feldfutterbau | 716 | Mähwiese/-weide zwei Nutzungen | Extensives Grünland |
| 679 | Sonstiges Feldfutter | Feldfutterbau | 717 | Mähwiese/-weide drei und mehr Nutzungen | Intensives Grünland |
| 681 | Grünschnittroggen | Feldfutterbau | 990 | Almfutterfläche | Extensives Grünland |
| 701 | Einmähdige Wiese | Extensives Grünland | 991 | Naturdenkmal Alm | Extensives Grünland |

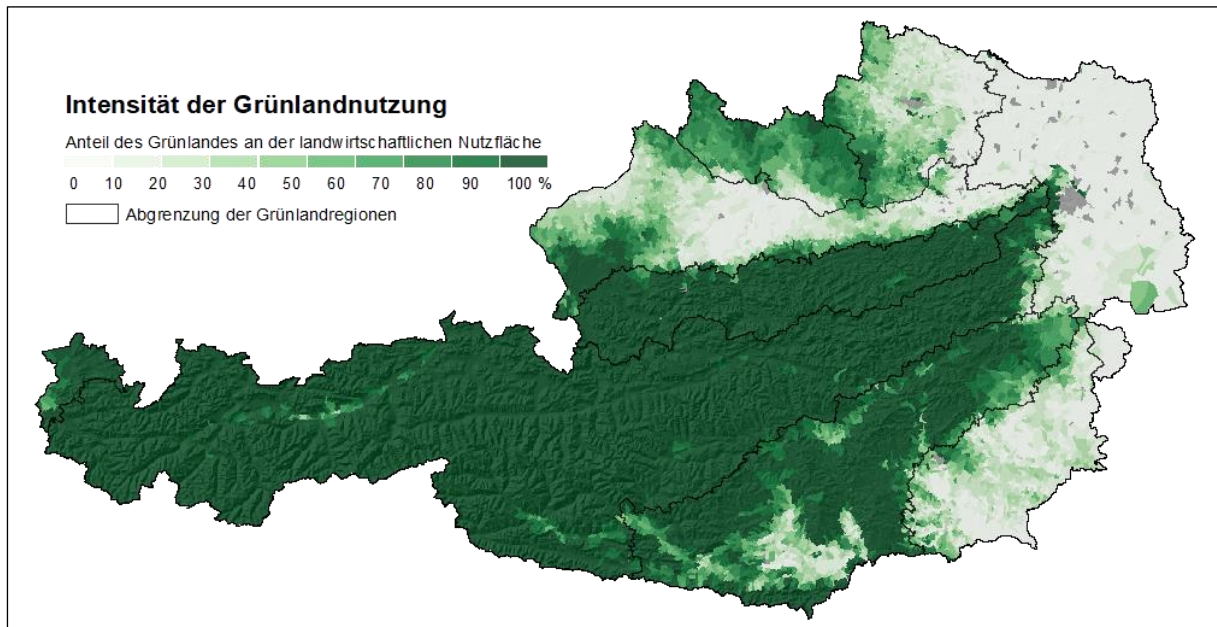


Abbildung 2: Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlichen Nutzfläche pro Katastralgemeinde

Definition der Grünlandregionen

Da sowohl die Geodaten aus den verschiedenen Quellen (vgl. Abbildung 1), als auch die Auswertung der Grünlandnutzungsintensität (vgl. Abbildung 2) keine exakte Grenzfestlegung unterstützen – die verschiedenen Abgrenzungen liegen nicht exakt aufeinander – war eine manuelle Anpassung entlang der Gemeindegrenzen notwendig. Für die abschließende Regionsdefinition wurde insbesondere auch die Topographie mit einbezogen und die Regionen bilden damit das Ergebnis eines vergleichenden, iterativen Prozesses ab.

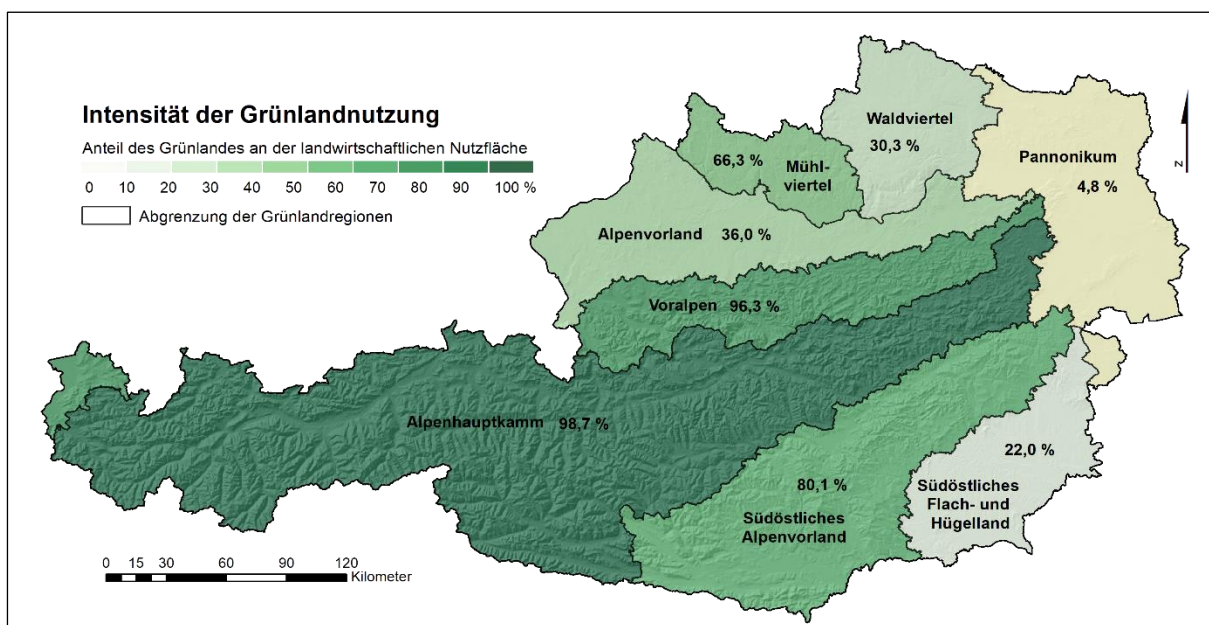


Abbildung 3: Regionen mit relativem Anteil der Grünlandnutzung an der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Die in der vorliegenden Arbeit definierten Grünlandregionen werden wie folgt bezeichnet und mit den in Klammer gesetzten und vorgeschlagenen Abkürzungen ergänzt. Diese sind beispielsweise in Datenbanken oder Tabellen für eine eindeutige Zuordnung besser geeignet als ausführliche Bezeichnungen.

- *Alpenhauptkamm (ALP)*: Mit einem Grünlandanteil von 98,7 % ist dies die dominanteste Grünlandregion, was auf die alpine Klimazone hinweist, die sich durch kühle Temperaturen und höhere Niederschlagsmengen bei einer vielfältigen Topografie mit einem großen Höhengradienten auszeichnet. Diese Bedingungen begünstigen die Grünlandwirtschaft gegenüber dem Ackerbau, da die kurze Vegetationsperiode und die komplexen Landschaftsstrukturen optimale Rahmenbedingungen für die Grünlandbewirtschaftung bilden.
- *Voralpen (VAL) und Südöstliches Alpenvorland (SAV)*: Diese Gebiete zeigen ebenfalls einen hohen Grünlandanteil (96,3 % und 80,1 %), was auf ein ähnliches, aber weniger benachteiligtes Klima als im Alpenhauptkamm hinweist. Die Voralpen und das südöstliche Alpenvorland sind durch mäßige Temperaturen und ausreichende Niederschläge charakterisiert, was eine vielseitige Landnutzung ermöglicht, einschließlich einer intensiveren Form der Grünlandwirtschaft.
- *Mühlviertel (MLV)*: Mit 66,3 % Grünlandanteil zeigt das Mühlviertel eine gemischte Landnutzung. Das Klima hier ist üblicherweise gemäßigter und kann sowohl Grünlandwirtschaft als auch Ackerbau unterstützen. Die Grünlandflächen dienen wie in den intensiveren Regionen als Futtergrundlage in der Viehwirtschaft.
- *Waldviertel (WDV)*: Das Waldviertel hat einen Grünlandanteil von 30,3 %, was eine stärkere Durchmischung von Grünland und Ackerflächen bedeutet. Die klimatischen Bedingungen sind hier etwas kühler und trockener als in den Alpenvorländern, was zu einer geringeren Dominanz der Grünlandwirtschaft führt.
- *Südöstliches Flach- und Hügelland (SFH)*: Dieses Gebiet mit einem Anteil von 22,0 % repräsentiert eine Übergangszone mit gemischter landwirtschaftlicher Nutzung, die durch ein gemäßigtes Klima mit Einflüssen sowohl aus dem alpinen als auch aus dem pannonischen Klima mit geringeren Niederschlägen vor allem im Frühjahr und Sommer geprägt ist.
- *Pannonikum (PAN)*: Mit nur 4,8 % Grünlandanteil steht das Pannonikum für eine Region, die durch ein trockenes und warmes Klima gekennzeichnet ist, typisch für das östliche Österreich und angrenzende Teile Ungarns. In dieser trockenen Region dominiert der Ackerbau, der weniger Wasser als Grünland braucht und topografisch nicht eingeschränkt ist.

Zusammenfassung

Für viele Datenauswertungen und Übersichten, die einen geografischen Kontext aufweisen, werden Karten benötigt, die eine räumliche Zuordnung über Regionspolygone erlauben. Oft werden Verwaltungsgrenzen (Gemeinden oder Bezirke) dafür verwendet, speziellere Aufbereitungen beziehen sich dann aber auch auf Fachgeodaten wie beispielsweise geologische Karten, Klimakarten oder ähnliches. Grünland mit etwa der Hälfte der landwirtschaftlichen Nutzfläche hat für Österreich eine große Bedeutung und deshalb liegt es nahe, Grünlandregionen zu definieren und diese Geodaten für Auswertungen und Darstellungen mit räumlichem Bezug zur Grünlandwirtschaft bereitzustellen.

Eine Abgrenzung von Grünlandregionen ist dort gefragt, wo unterschiedliche Bewirtschaftungsmuster und -intensitäten sowie naturräumliche und klimatische Gegebenheiten zu berücksichtigen sind. Die Regionspolygone sind im Shape-Format auf Anfrage beim Autor zu beziehen.

Abstract

For many data analyses and overviews that have a geographical context, maps are required that allow spatial allocation via regional polygons. Administrative boundaries (municipalities or districts) are often used for this purpose, but more specialised analysis also refers to specific geodata such as geological maps, climate maps or other similar regional data. Grassland, which accounts for around half of Austria's agricultural land, is essential to the country, so it makes sense to define grassland regions and make this geodata available for analyses and visualisations with a spatial reference to grassland farming.

Grassland regions need to be defined, and different farming patterns and intensities, as well as natural and climatic conditions, need to be taken into account. The region polygons are available in Shape format on request from the author.

Literatur

BML (2023): Grüner Bericht 2023 - Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien, 96 S.

GMEINER, P, HOVORKA, G (2011): Die Neuabgrenzung des benachteiligten Gebietes in Österreich. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 20 (1), 63-72.

KILIAN, W, MÜLLER, F, STARLINGER, F (1993): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs: Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 60 S.

PÖTSCH, E (2010): Multifunktionalität und Bewirtschaftungsvielfalt im Grünland. 16. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Biodiversität im Grünland", Gumpenstein, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 11. März 2010, 1-10.

WAGNER, K (1990): Neuabgrenzung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete, Teil I (Burgenland, Niederösterreich, Wien, Steiermark und Kärnten), Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, 61, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien.

WAGNER, K (1990): Neuabgrenzung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete, Teil II (Oberösterreich, Salzburg, Tirol, Vorarlberg), Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, 62, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien.

Adresse des Autors

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaftsforschung, Altirdning 11, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Andreas SCHAUMBERGER, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at

Reduktion der Anzahl an Behandlungen gegen den Echten Rebenmehltau durch Anpassung an die Phänologie der Rebe

Reduction of the number of treatments against powdery mildew on grapevines by adapting to the phenology of the vine

Katharina Rößler^{1*}, Magdalena Waldhör¹, Christian Redl², Florian Hanousek³, Markus Redl¹

Einleitung

Der Echte Mehltau der Rebe, ausgelöst durch den Erreger *Erysiphe necator* Schwein., ist eine der bedeutendsten Krankheiten im Weinbau (GADOURY et al. 2015). Zur Bekämpfung sind zurzeit häufig mehr als zehn Behandlungen notwendig. Auch auf Grund der Forderung der EU-Kommission, die eine Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes bis 2030 um 50 % vorsieht, muss die Behandlungsstrategie angepasst werden. Ziel der Untersuchungen war es durch eradikative Behandlungsstrategien den Fungizideinsatz zu reduzieren. Es wurde untersucht zu welchem phänologischen Zeitpunkt die Behandlung am wichtigsten ist und welchen Einfluss diese auf die Chasmothezienbildung im Herbst am Blatt hat.

Material und Methoden

Der Freilandversuch fand in Retz in Niederösterreich an der Rebsorte Blauer Portugieser statt. Es gab insgesamt fünf Varianten mit jeweils vier Wiederholungen. Variante 1 war eine unbehandelte Kontrolle. In Variante VB+FA+SK wurde in den Stadien Vorblüte, Fruchtansatz und Schrotkorngröße behandelt, in Variante FA+SK zu Fruchtansatz und Schrotkorngröße, in Variante FA zu Fruchtansatz und in Variante SK zu Schrotkorngröße. Alle Varianten ausgenommen die unbehandelte Kontrolle wurden zusätzlich noch zu Reifebeginn behandelt. Für die behandelten Varianten wurden die Pflanzenschutzmittel Kaliumhydrogencarbonat (Kumar[®]) und Fluxapyroxad (Sercadis[®]) gewählt und kombiniert eingesetzt, ausgenommen zu Reifebeginn, wo nur Kaliumhydrogencarbonat eingesetzt wurde. Zu Beginn der Vegetation wurde eine künstliche Inokulation mit Echtem Mehltau durchgeführt. Zur Feststellung der Befallshäufigkeit und Befallsstärke werden Blätter und Trauben visuell bonitiert und zusätzlich Chasmothezien an den Blättern ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl die Blätter als auch die Trauben der unbehandelten Kontrolle zeigten zu Reifebeginn einen massiven Befall mit 92 % Befallshäufigkeit. Durch zwei (FA+SK) oder drei (VB+FA+SK) Behandlungen konnte die Befallshäufigkeit auf 32% deutlich reduziert werden. Die beiden nur einmal behandelten Varianten (FA und SK) wiesen einen signifikant höheren Befall im Vergleich zu den Varianten FA+SK und VB+FA+SK auf. Da zwischen den beiden Varianten FA+SK und VB+FA+SK kein signifikanter Unterschied festzustellen war, hatte die Vorblütebehandlung keinen Effekt auf den Krankheitsbefall. Vergleichbare Untersuchungen vorheriger Studien zeigten das gleiche Ergebnis im Hinblick auf Behandlungen vor dem Fruchtansatz (WARNEKE et al. 2020). Jedoch ist bei einem Befall von 32% an den Trauben immer noch von einem enormen Qualitätsverlust zu sprechen. Auch beim Befall der Blätter mit Echtem Mehltau zeigten die zwei und dreifach behandelte Varianten FA+SK und VB+FA+SK den signifikant niedrigsten Krankheitsbefall, gleichzeitig gibt es zwischen den beiden keinen signifikanten Unterschied. Die Untersuchung der Chasmothezienanzahl am Blatt im Herbst ergab deutliche Unterschiede. Die einmalige Behandlung zur Schrotkorngröße (SK) zeigte mit 660 Chasmothezien pro 100 cm² signifikant niedrigere Mittelwerte im Vergleich zur Kontrolle. An den Blättern der zwei- und dreifach behandelten Varianten (FA+SK und VB+FA+SK) war die signifikant niedrigste Anzahl festzustellen. Somit hatten die Behandlungsstrategien einen signifikanten Reduktionseffekt auf das Inokulum im Herbst, wodurch sich der Krankheitsdruck im Folgejahr durch *E. necator* deutlich reduzieren lässt (MOYER et al. 2014).

Zusammenfassung

Der Echte Mehltau an der Rebe, ausgelöst durch den Erreger *Erysiphe necator* Schwein., ist eine der bedeutendsten Krankheiten im Weinbau und muss durch mehrere Fungizidapplikationen bekämpft werden. Ziel der Untersuchung war es durch eradikative Behandlungsstrategien den Fungizideinsatz ohne Qualitätsverluste zu reduzieren. Die Behandlungen wurden zu den phänologischen Zeitpunkten Vorblüte, Fruchtansatz und Schrotkorngröße durchgeführt, zu allen drei Stadien, zu Fruchtansatz und Schrotkorngröße oder jeweils in einem der beiden. Die Ergebnisse zeigten, dass sich der Krankheitsbefall an den Blättern und Trauben durch zwei oder drei Behandlungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant reduzieren lässt. Dabei zeigte die Behandlung in allen drei Stadien im Vergleich zu Fruchtansatz und Schrotkorngröße keinen Unterschied. Jede Behandlungsstrategie reduzierte die Anzahl an Chasmothezien. Die Applikation in allen drei Stadien und zu Fruchtansatz und Schrotkorngröße brachten die stärkste Reduktion der Chasmothezienanzahl am Blatt. Dadurch lässt sich der Krankheitsdruck im darauffolgenden Jahr deutlich reduzieren.

Abstract

Grape powdery mildew, caused by *Erysiphe necator* Schwein., is one of the most important diseases in viticulture and has to be controlled with several fungicide applications. The aim of the study was to reduce the number of fungicide treatments without loss of quality by using eradicated treatment strategies. The treatments were carried out at the phenological stages of pre-flowering, fruit set and shot grain size, either at all three stages, or at fruit set and shot grain size, or at only one of those two. The results show that the disease level on the leaves and grapes can be significantly reduced compared to the untreated control by twofold or threefold treatments. There was no difference between the treatment in all three stages and the treatment in fruit set and shot grain size. It was found that each treatment reduced the number of chasmothecia. Application at all three stages and at fruit set and shot grain size resulted in the greatest reduction in the number of chasmothecia on the leaf. This greatly reduces the disease severity in the following year.

Danksagung

Unser Dank ergeht an alle technischen Mitarbeiter*innen für deren Unterstützung. Dieses Projekt wird im Rahmen des Ressortforschungsprogramms über dafne.at mit Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft finanziert. Das BML unterstützt angewandte, problemorientierte und praxisnahe Forschung im Kompetenzbereich des Ressorts.

Literatur

MOYER M M; GADOURY D M; WILCOX W F; SEEM R C (2014): Release of *Erysiphe necator* ascospores and impact of early season disease on *Vitis vinifera* fruit infection. *Am. J. Enol. Vitic.* 65, 315-324.

GADOURY DM, WILCOX WF, RUMBOLZ J, GUBLER WD (2015): Powdery mildew. In Wilcox WF, Gubler WD., Uyemoto J. K. (Eds.), *Compendium of grapevine diseases, disorders, and pests* (2. Auflage) pp. 75–83. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society.

WARNEKE B, THIESSEN LD, MAHAFFEE WF (2020): Effect of fungicide mobility and application timing on the management of grape powdery mildew. *Plant Dis* 104, 4, 1167–1174. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1285-RE>

Adressen der Autoren

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenschutz, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

² HBLA und BA für Obst und Weinbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

³ LFS Hollabrunn, Sonnleitenweg 2, 2020 Hollabrunn

* Ansprechpartnerin: Katharina Rößler, B.Sc., katharina.roessler@students.boku.ac.at

SCARABKLAR: Die nachhaltige Wirkung von entomopathogenen Pilzen im Dauergrün- und Weideland

SCARABKLAR: The sustainable effect of entomopathogenic fungi in permanent grassland and pastures

Hannah Embleton^{1*}, Maria Zottele¹, Hermann Strasser¹

Einleitung

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt SCARABKLAR beschäftigt sich mit der biologischen Scarabaeiden-Bekämpfung mithilfe der entomopathogenen Pilze *Beauveria brongniartii* und *Metarhizium brunneum*. Da diese Pilze in der Lage sind, je nach Lebenszyklus unterschiedliche Wachstumsstrukturen (u.a. Hyphenfragment, Luftkonidien oder Blastosporen) zu bilden (HORACZEK und VIERNSTEIN 2004), werden im Frühling 2024 Wirkungsversuche mit unterschiedlichen Wuchsformen des Pilzes durchgeführt. Dabei liegt der Fokus auf Steilhangapplikationen in den Gebirgsregionen Kautnergrat (Tirol), Pinzgau (Salzburg) und Montafon (Vorarlberg). Angesichts des Klimawandels, der durch steigende Temperaturen und die veränderte Niederschlagshäufigkeit sowohl die Schädlingsbekämpfung als auch die Landwirtschaft an sich beeinflusst (KHODAVERDI et al. 2016) sind Projektschwerpunkte zu diesem Thema geplant: Durch die Klimaerwärmung breiten sich Schädlinge in Gebiete aus, die ihnen bisher keine Lebensgrundlage bieten konnten und zusätzlich nimmt die Häufigkeit des Auftretens zu (SKENDŽIĆ et al. 2021). So kann z.B. beim Maikäfer beobachtet werden, dass sich die Lebenszyklen verkürzen und neue, höher liegende Standorte besiedelt werden. In diesem Zusammenhang sind Monitoring- und Abundanzuntersuchungen von Mai- und Junikäfern in den betroffenen Bundesländern geplant.

Material und Methoden

Wirkstoffe: Wasserdispergierbare Formulierungen auf Basis von Luftkonidien, Blastosporen und Hyphenfragmenten der entomopathogenen Pilze *M. brunneum* Ma43 und *B. brongniartii* BIPESCO 2 werden als Prototyp-Formulierungen verwendet.

Versuchstandorte: Standorte in den Bundesländern Kärnten, Oberösterreich, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg mit starkem Blatthornkäferbefall werden ausgewählt. In Tirol werden zusätzlich Wirkungsversuche mit Bewässerungstechnik durchgeführt.

Feldversuche: In den Befallsgebieten werden in Dauergrün- und Weidelandflächen mithilfe des MMexit Gerätes (Terratec GmbH) die Prototyp-Formulierungen in den Boden injiziert. Die Abundanz des Produktionsstammes sowie indigene *Beauveria* spp. und *Metarhizium* spp. Arten werden bestimmt. Außerdem werden Engerlinge in den behandelten Flächen gesammelt, anschließend in Quarantäne gehalten und auf Mykosen untersucht. Wettersensoren werden an diversen Versuchsstandorten installiert, um den Einfluss abiotischer Faktoren sowie von Bodenfeuchtigkeit und -temperatur auf Wirt und Pilz zu beurteilen.

Monitoring: Die Verbreitung, das Verhalten und die Lebenszyklen der Blatthornkäfer Populationen werden ebenfalls bundesweit, in Kooperation mit den Grünlandberatern der Landwirtschaftskammern, untersucht.

Ausblick

Die Ergebnisse dieser Forschung sollen Nutzen für die Landwirtschaft, den Gartenbau und die Forstwirtschaft bringen. Die Herausforderungen im Projekt sind: (1) Erhöhung der Wirksamkeit von entomopathogenen Pilzen (EPP), (2) Verbesserung des Pflanzenwachstums und deren Widerstandsfähigkeit und (3) Optimierung der Monitoringsmethoden für eine bessere Charakterisierung der EPP-Leistung. Die Bedeutung von wirksamen, nicht-chemischen Alternativen zu synthetischen Pestiziden werden durch die EU-Richtlinie 2009/128/EG und der europäischen „Green Deal“ Richtlinien unterstrichen. Obwohl neue Melocont- und Granmet-Formulierungen gemäß Artikel 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 auf der Grundlage der Notfallzulassung zugelassen werden, ist ein mittelfristiges Ziel die Registrierung der biologischen Pilzwirkstoffe gemäß Artikel 7 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009.

Mit dieser Registrierung können die Landwirte dann selbst entsprechend den Notwendigkeiten ihre Flächen behandeln. Insbesondere im Dauergrünland würde dies bedeuten, dass die Behandlung mit dem Pilzwirkstoff gezielt an das Wachstumsstadium der Engerlinge angepasst werden kann. Das Produkt kann gemäß der Engerlingsaktivität während der gesamten Vegetationszeit ausgebracht werden - und nicht wie aktuell nur während der maximal 120-tägigen Notfallzulassung. Außerdem würde eine erhaltliche wasserdispergierbare Formulierung die Bekämpfung der Käfer im Steilgelände ermöglichen, weshalb es ein weiteres Projektziel ist, diese Formulierung bis zur Praxistauglichkeit fertig zu entwickeln.

Zusammenfassung

Das Projekt wurde initiiert, um die nachhaltige Bekämpfung von Blatthornkäfern mit entomopathogenen Pilzen im Dauergrünland und auf Weideflächen in zahlreichen Befallsgebieten Österreichs zu untersuchen. Angesichts der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Verhalten und die Verbreitung dieser Schädlinge ist ein erklärtes Projektziel, (i) die Lebenszyklen und Verhaltensmuster der Blatthornkäfer unter veränderten Umweltbedingungen zu bewerten. (ii) Außerdem werden die Auswirkungen einer gezielten Bewässerung auf Boden, Pflanzen, Engerlinge und Pilzwirkstoff in der Region Kaunergrat untersucht. (iii) Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Entwicklung und Charakterisierung neuer biologischer *M. brunneum*- und *B. brongniartii*-Dispersionsformulierungen zur Bekämpfung von Garten- und Junikäfern sowie Wald- und Feldmaikäfern, insbesondere für den Einsatz in Steillagen. Die gewonnenen Daten werden die Registrierung neuer Dispersionsformulierungen unterstützen. (iv) Monitoring-Aktionen werden im Rahmen des Projektes durchgeführt, um die *Scarabaeiden*-Befallsdichten zu erheben. Zusätzlich soll nach Applikation der Pilzprodukte die Abundanz des Produktionsstammes und dessen Wirkung, sowie die indigenen *Beauveria/Metarhizium*-Dichten im Boden beurteilt. (v) Letztlich sollen die Landwirte Kenntnisse über praktische Bewirtschaftungsmöglichkeiten zur Anpassung an die mögliche veränderte Häufigkeit von Schädlingsausbrüchen erhalten. Dieses Projekt wird wertvolle Erkenntnisse zur Verbesserung der Schädlingsbekämpfungsstrategien und ein besseres Verständnis der ökologischen Wechselwirkungen von Schädling, Pathogen und Umwelt liefern.

Abstract

The project was initiated to investigate the sustainable control of scarab beetles with entomopathogenic fungi in permanent grassland and pastures in numerous infested sites across Austria. Given the potential impact of climate change on the behaviour and distribution of these pests, one objective is to (i) assess their life cycles and behavioural patterns under changing environmental conditions. (ii) In addition, the effects of targeted irrigation on soil, plants, larvae, and fungal agents will be investigated in the Kaunergrat region. (iii) Another focus is the development and characterisation of new biological *Metarhizium brunneum* and *Beauveria brongniartii* dispersion formulations for the control of the garden and June chafer as well as forest and field cockchafers, especially for use on steep slopes. The obtained data will support the registration of new dispersion formulations. (iv) Monitoring activities will be carried out to determine the scarab beetle infestation densities. In addition, after application of the fungal products, the abundance of the production strain and its effect, as well as the indigenous *Beauveria / Metarhizium* densities in the soil will be assessed. (v) Finally, farmers will gain knowledge on practical management options to adapt to possible changing frequency of pest outbreaks. This project will provide valuable insights to improve pest management strategies and provide better understanding of the ecological interactions between pest, pathogen and environment.

Danksagung

Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, unter der Förderungsnummer 101849 (SCARABKLAR) und den österreichischen Bundesländern gefördert. Wir danken der TerraTec GmbH & Agrifutur für ihre Unterstützung.

Literatur

HORACZEK A, VIERNSTEIN H (2004): *Beauveria brongniartii* subjected to spray-drying in a composite carrier matrix system. Journal of Microencapsulation 21,3, 317–330.

KHODAVERDI H, FOWLES T, BICK E, NANSEN C (2016): Does Drought Increase the Risk of Insects Developing Behavioral Resistance to Systemic Insecticides? *Journal of Economic Entomology*, 109,5, 2027–2031.

SKENDŽIĆ S, ZOVKO M, ŽIVKOVIĆ IP, LEŠIĆ V, LEMIĆ D (2021): The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects* 12, 440.

STRASSER H. (2023) SCARABKLAR: Auswirkung des Klimawandels auf die nachhaltige Wirkung von entomopathogenen Pilzen im Dauergrün- und Weideland: Einsatz von Pilz-Dispersionsformulierung zur Bekämpfung von Scarabaeiden in exponierten Steilhangflächen. Abgerufen am 17.05.2024 <https://dafne.at/projekte/scarabklar>

Adressen der Autoren

¹ Universität Innsbruck, Institut für Mikrobiologie, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck

* Ansprechpartner: Hannah EMBLETON, hannah.embleton@uibk.ac.at

Optimierter biologischer Pflanzenschutz: Charakterisierung indigener entomopathogener *Metarhizium* Stämme

*Optimised biological pest control: Characterisation of indigenous entomopathogenic *Metharizium* strains*

Maria Felicitas Kofelenz, Maria Zottele und Hermann Strasser

Einleitung

Seit mehr als 100 Jahren werden entomopathogene Pilze als wichtige natürliche Feinde von Arthropoden untersucht. Bisher sind jedoch nur wenige charakterisierte *Metarhizium*-Stämme, welche aus der *M. anisopliae* Gruppe stammen, für den Markt in Europa verfügbar. Daher ist das Ziel dieser Arbeit, weitere Arten und Genotypen hinsichtlich Temperaturoptimum, Virulenz und Metabolitenprofil zu untersuchen.

Material und Methoden

Keimung: 50µl einer Sporensuspension wurden auf Sabouraud-4%-Glukose-Medium (S4G; Merck, ArtNr. 1.08339.0500) ausplattiert und bei 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35°C für 24 Stunden inkubiert. Anschließend wurden je 3 Mal 100 Sporen hinsichtlich ihrer Keimung untersucht. All jene Sporen, welche eine Keimungshyphe von der doppelten Länge einer Pilzspore ausbildeten, wurden als aktive, gekeimte Sporen gewertet.

Radialwachstum: Die Sporensuspension wurde in einer Tween[®] 80 Lösung (0,1% wt/vol) verdünnt um 10 Sporen/µl zu erhalten. Petrischalen mit 20ml S4G-Medium wurden mit 1µl der Suspension in der Mitte des Nährbodens inokuliert. Anschließend wurden die Kulturen bei 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35°C inkubiert. Nach 7 und 14 Tagen wurden die Durchmesser der Kolonien überprüft. Es wurden drei Replikate pro Temperatur angesetzt.

Sporenmenge: Die Anzahl produzierter Sporen nach 14 Tagen Inkubation wurden ebenfalls bestimmt. Hierfür wurden nur jene Pilzkulturen, welche bei 20, 25 und 30°C inkubiert wurden, untersucht. Diese Kulturen wiesen das größte Radialwachstum auf. Mit einem Korkbohrer wurden auf halber Länge des Radius der Kolonie ein Agarstück mit 9mm Durchmesser ausgestanzt und in 1ml Tween[®] 80 Lösung (0,1% wt/vol) überführt. Mithilfe einer Ultraschall-Behandlung (Bandelin Sonorex) wurden die Sporen in der Flüssigkeit suspendiert und anschließend in einer Thoma-Zählkammer ausgezählt.

Bioassay: Der Bioassay wurde mit *Tenebrio molitor* Larven durchgeführt. 20 Larven wurden in je eine Petrischale mit vier Lagen Zellstoff gegeben. Jede Larve wurde mit 100µl einer 5x10⁶ Sporen/ml Suspension des zu testenden Pathogens beimpft und in einer Box, ausgekleidet mit befeuchtetem Zellstoff, bei 25°C inkubiert. In regelmäßigem Abstand wurden die Larven auf ihren Gesundheitszustand untersucht und auftretende Verpilzungen dokumentiert.

Ergebnisse

Im allgemeinen lässt sich festhalten, dass die Stämme mit dem höchsten Wachstum nicht jene Stämme waren, welche die höchsten Keimungsraten aufwiesen. Gleichzeitig korrelierten weder Keimungsraten noch Radialwachstum mit der Anzahl der pro cm² produzierten Sporen. Das bedeutet alle drei Werte müssen als getrennte Parameter betrachtet werden. Für keinen der 20 *Metarhizium*-Stämme konnte Wachstum und Keimung bei 5°C nachgewiesen werden. Auch bei 15°C konnten nur drei Stämme der Art *M. brunneum* (Ma43, Mb2 und GT26) innerhalb von 24 Stunden keimen. Allerdings konnten auch alle anderen Stämme innerhalb von 14 Tagen auf durchschnittlich 12mm Koloniedurchmesser wachsen. Folglich haben diese Stämme bei 15°C eine Keimungsverzögerung und brauchen länger als 24 Stunden zum Keimen. Vor allem die Isolate der Arten *M. lepidiotae* und *M. guizhouense* zeigten bei niedrigen Temperaturen ein verringertes Wachstum. Bei 25°C konnten alle Stämme keimen, wobei die Stämme GT20, GT27 (*M. lepidiotae*) und GT33 (*M. robertsii*) eine Keimungsrate von unter 50% aufwiesen. Auffällig ist, dass GT20 und GT27 auch ein geringes Wachstum (≤ 32 mm) zeigten: Diese beiden Stämme gehören zur Art *M. lepidiotae*, wohingegen auch die beiden Stämme, welche am besten bei 25°C gewachsen sind, zu dieser Art gehören. Die 3 Stämme (GT26, GT30 und GT31) mit der höchsten

Keimungsrate ($\geq 94\%$) bei 25°C sind alle der Art *M. brunneum* zuzuordnen. Am meisten Sporen produzierten hier jedoch drei Genotypen der Arten *M. guizhouense*, *M. lepidiotae* und *M. robertsii*. Bei 35°C zeigten nur noch vereinzelte Isolate Wachstum, die zum Großteil aus dem Artenkomplex *M. lepidiotae* stammen. Aber auch bei diesen war das Wachstum deutlich geringer als bei 25°C und 30°C.

Die *M. brunneum*-Stämme wiesen im Bioassay eine LT50 von 4 bis 5 Tagen, *M. guizhouense* von 3,5 bis 4,5 Tagen, *M. robertsii* von 3,5 bis 5 Tagen und *M. lepidiotae* 3 bis 5,5 Tagen auf. Grundsätzlich waren alle getesteten Stämme virulent gegen den Modellorganismus *T. molitor*. Um den virulentesten Stamm auswählen zu können, soll nun die letale Dosis (LD 50) für die einzelnen Isolate festgestellt werden.

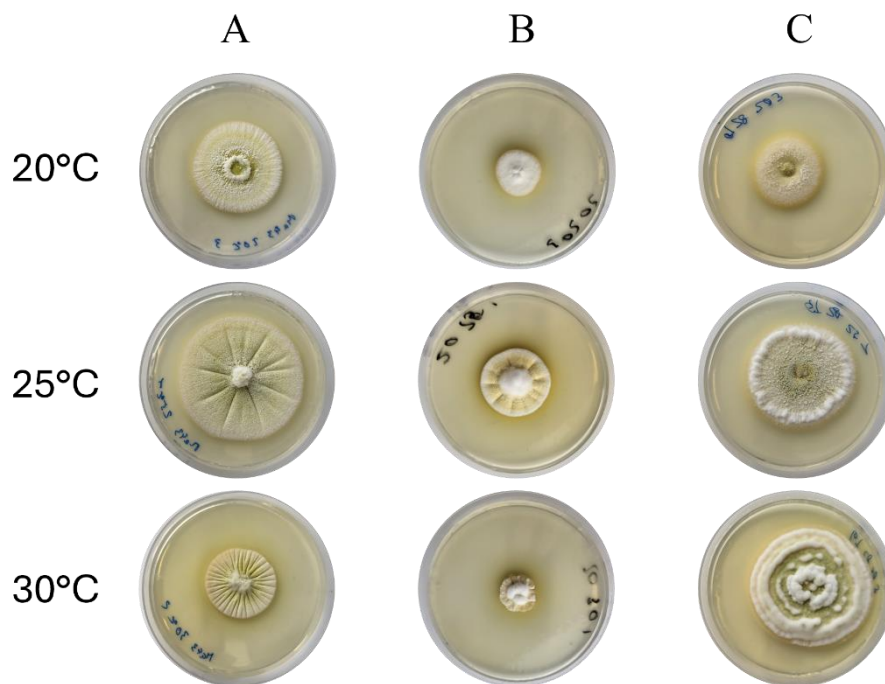


Abbildung 1: Unterschiedliches Radialwachstum ausgewählter Isolate von *M. brunneum* (A), *M. lepidiotae* (B) und *M. robertsii* (C) bei 20°C, 25°C und 30°C.

Zusammenfassung

In Österreich werden seit mehr als zwanzig Jahren entomopathogene Pilze als Alternativwirkstoffe im Rahmen des biologischen Pflanzenschutzes eingesetzt. Um eine größere Auswahl an verfügbaren Kandidatenstämmen mit unterschiedlichen Eigenschaften zu erhalten, die auf das jeweilige Schadinsekt und die ortsspezifischen Gegebenheiten angepasst sind, sollen neue Pilzisolat charakterisiert werden. Das Ziel dieser Arbeit ist, verschiedene Arten und Stämme der entomopathogenen Pilzgattung *Metarhizium* hinsichtlich Temperaturverhalten und Virulenz zu überprüfen. Hierfür wird die Keimungsrate (nach 24 Stunden), der Durchmesser der Kolonien (nach 7 und 14 Tagen), sowie die Sporenmenge dieser Kolonien (Sporen cm^2) bestimmt. Diese Wachstumsparameter sollen einen Hinweis darauf geben, ob ein Stamm zukünftig für die kommerzielle Nutzung produziert werden kann. Durch die Ermittlung von Temperaturoptima der einzelnen Stämme sollen diese für einen möglichen Einsatz in wärmeren Regionen geprüft werden. Mithilfe eines Bioassays (bei 25°C, Modellorganismus *T. molitor*) wird die Virulenz unter Standardbedingung geprüft. Erste Untersuchungen bestätigen, dass das Wachstumsverhalten bei unterschiedlichen Temperaturen stammspezifisch ist und einige der ausgewählten Stämme Temperaturen tolerieren, die einen Einsatz in klimatisch wärmeren Gebieten rechtfertigen.

Abstract

In Austria entomopathogenic fungi have been used for over 20 years as alternative substances in biological pest control. To screen a greater variety of candidates with different features regarding virulence on different insects and climatic habitats, a characterisation of additional *Metarhizium* strains is performed. The aim of this study is to characterize multiple strains of *Metarhizium* regarding temperature and virulence. Therefore, the rate of germination (after 24 hours), the radial growth (after 7 and 14 days) and the amount of spores per cm² is determined. These growth parameters should indicate whether a strain could be used for future commercial production. Through testing the temperature optima for each fungal strain, it should be possible to determine whether they can be used in warmer regions. With a bioassay (at 25°C, with the model organism *T. molitor*) the virulence is tested under standard conditions. First analysis showed that the growth at different temperatures is specific to each strain and that some of the selected stems can tolerate temperatures which would allow the use then in warmer climate regions.

Adressen der Autoren

Leopold-Franzens-Universität, Institut für Mikrobiologie, Innsbruck

Morphologie und Kultivierung neu auftretender Pilzpathogene im Südtiroler Apfelanbau

Morphology and cultivation of newly emerging fungal pathogens in South Tyrolean apple orchards

Stefanie Primisser, Evi Deltedesco* Sabine Oettl

Einleitung

Der Südtiroler Apfelanbau ist nicht nur von wirtschaftlicher Bedeutung, sondern auch ein wichtiger Bestandteil der kulturellen Identität der Region. Jedoch steht diese bedeutende Branche vor zunehmenden Herausforderungen durch das Auftreten neuartiger Pilzpathogenen. Zu diesen gehören *Ramularia* spp., Auslöser der Nachernteekrankung der Klecksartigen Lentizellenflecken (engl. dry lenticeal rot, DLR, PRIMISSER (et al.), 2024) und die Vorernteekrankungen *Colletotrichum chrysophilum*, Verursacher von Glomerella Leaf Spot (GLS, DELTEDESCO & OETTTL 2022) sowie *Colletotrichum* spp., Auslöser der Bitterfäule im Feld (ABR, apple bitter rot, DELTEDESCO (et al.), in Vorbereitung). Vertreter der Gattung *Ramularia* spp. verursachen nach einer Langzeitkühlagerung ($T = 1 - 2 \text{ }^\circ\text{C}$, Sauerstoff = 0,5 - 2 %) von 3 bis 6 Monaten an den Lentizellen eine schwarz-braun unregelmäßig klecksartige trockene Fäule (Durchmesser = 1 mm und 5 mm), ohne in das tiefere Gewebe einzudringen. In Südtirol ist hauptsächlich die Sorte Golden Delicious betroffen, jedoch werden auch zunehmend bei anderen Sorten (Ambrosia/AmbrosiaTM, Gala, Braeburn, Bonita, Shinano Gold (cov)/Yello®, Inored (cov)/Story®) Symptome beobachtet, mit Verlusten von unter 10 % bis über 50 %. Erste Beobachtungen zum Auftreten von DLR wurden von (GIANETTI (et al.) 2012) bzw. (LINDNER 2013) gemacht. Seit 2019 wird in Südtirol eine deutliche Zunahme der Klecksartigen Lentizellenflecken beobachtet. Nach Analyse gesammelter Isolate konnte mittels multi-locus sequencing, erfolgreich die Arten *R. mali* und *R. glennii* bestimmt werden (PRIMISSER (et al.), 2024 in Vorbereitung). Glomerella Leaf Spot (GLS) wurde bisher hauptsächlich in feuchten, subtropischen Anbaugebieten Südamerikas, im Südosten der USA und in China beobachtet. Im Spätsommer 2019 trat GLS erstmals in der Region Emilia-Romagna in einer Ertragsanlage von Cripps Pink^(cprv)/Rosy Glow^(cprv) auf. Im Herbst 2020 wurde das erste Auftreten in Südtirol festgestellt. Im Jahr 2021 und 2022 wurde die Krankheit in geringer Inzidenz beobachtet. Im Jahr 2023 kam es nicht nur zu einer massiven Ausbreitung des Befallsgebietes in Südtirol, sondern auch zu einer bis dahin nicht gekannten Häufigkeit. In der Literatur werden für GLS äußerst kurze Inkubationszeiten beschrieben: Innerhalb von zwei bis fünf Tagen nach einer Infektion können erste rötlich-braune Blattflecken auftreten, die sich schnell zu großflächigen Chlorosen entwickeln können. Innerhalb eines Monats nach Erstauftreten der Symptome, kann es zu einer massiven Entblätterung von 50 bis 70 % kommen. Diese schnelle Symptomentwicklung wurde auch in Südtirol beobachtet. Etwas verzögert wurden auf den Früchten leicht eingesunkene, bräunliche Stellen von 1 bis 3 mm Durchmesser sichtbar und konnte nach sehr warmen Sommertagen, gefolgt von stärkeren Niederschlägen und hoher Luftfeuchtigkeit, ab August beobachtet werden. GLS wurde bisher in Anlagen der Sorten Cripps Pink^(cprv)/Rosy Glow^(cprv)/Sekzie^(cprv), Gala, Granny Smith, MC 38^(cov), WA38^(cov), Golden Delicious, CIVM49^(cov), CIV323/Isaac®, Fengapi^(cov), Fuji, Ipador^(cov), Nicoter^(cov) und Roho 3615^(cov) auf Blättern und Früchten nachgewiesen (BOTTEGONI (et al.) 2024). Mittels umfangreicher molekularbiologischer Untersuchungen wurde der Pilz der Art *C. chrysophilum* zugeordnet (DELTEDESCO & OETTTL 2022). Die Bitterfäule (ABR) als Vorernteekrankung ist eine weit verbreitete Krankheit in nahezu allen Apfelanbaugebieten weltweit. Der Erreger wurde mehrmals unbenannt bis alle Arten das Synonym für *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk (Anamorph: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc) im Jahr 1903 erhielten (CHEN (et al.) 2022). ABR kann, wie GLS, durch mehrere verschiedenen Pilzarten der Gattung *Colletotrichum* hervorgerufen werden. Im Spätsommer 2023 wurden gleichzeitig mit dem Auftreten von GLS in Apfelanlagen im Etschtal typische Symptome von ABR festgestellt. Die Bitterfäule im Feld beginnt zunächst als kleine kreisförmige Läsion am Apfel. Bei reifen Früchten können diese Bereiche von einem roten "Heiligenschein", einen sogenannten Halo, umrandet

sein. Unter günstigen Bedingungen können sie sich vergrößern und die gesamte Fruchtoberfläche bedecken. Die Symptome können je nach Art des Pilzes oder Sporentyps, variieren: (a) Läsionen, die durch Pilze verursacht werden, die nur Konidien bilden, sind eingesunken und kreisförmig mit konzentrischen Ringen. Innerhalb der Ringe können reichlich Konidien in den Fruchtkörpern (Arcervuli) produziert werden. Unter feuchten Bedingungen erscheinen diese Sporen cremig und haben eine lachsfarbene bis rosa Farbe. (b) Läsionen, die durch Pilze entstehen, die Konidien und Ascosporen produzieren, sind normalerweise nicht eingesunken und haben eine dunklere braune Farbe als Läsionen, die durch reine Konidien erzeugt werden. Innerhalb der Läsionen können sich schwarze kleine Punkte, die sogenannten Fruchtkörper (Perithetium), bilden, welche die Ascosporen enthalten. Mit zunehmender Größe der Faulstellen breitet sich die Fäulnis nach innen Richtung Kern aus. Im Querschnitt als eine V-förmige, braune, wässrige Läsion zu erkennen (OO (et al.) 2018). ABR wurde in Südtirol bisher in Anlagen der Sorten Cripps Pink^(cprv)/Pink Lady® auf den Früchten beobachtet. Die genaue Artbestimmung des Pilzes mittels molekularbiologischer Methoden wird derzeit durchgeführt, aber alles deutet darauf hin, dass es sich um dieselbe Art handelt, wie bei GLS. Daher, das Ziel dieser Arbeit ist es, einen umfassenden Überblick über die Morphologie und Kultivierung dieser im Südtiroler Apfelanbau auftretenden Arten zu geben. Diese ermöglicht neben der molekularbiologischen Analyse, eine präzise Identifizierung und wesentliche Einblicke in ihre Biologie und Lebensweise.

Material und Methoden

Probenvorbereitung: Gewebeproben wurden aus Früchten mit Symptomen von DLR, GLS und ABR entnommen und auf einem Standard-Nährmedium (Potato dextrose agar, PDA) bei 25 °C inkubiert. Nach zehn bis vierzehn Tagen war ein Wachstum von *Ramularia* spp. zu beobachten, während sich bei *C. chrysophilum* (GLS) und *Colletotrichum* spp. (ABR), nach fünf bis sieben Tagen zeigte. Die Isolate wurden mehrfach auf ein neues Nährmedium überimpft, bis sich einzelne, saubere Kolonien gebildet hatten. Für eine genaue Artbestimmung wurden Multilocus-Sequenzanalysen (DELTEDESCO & OETTL, 2022 und PRIMISSER (et al.), 2024 in Vorbereitung und DELTEDESCO (et al.) in Vorbereitung) durchgeführt.

Pilzisolat: Als Vertreter des Verursachers für das Schadbild der Klecksartigen Lentizellenflecken wurden drei Isolate ausgewählt: (1) *Ramularia mali* CBS 129581 aus der Stammsammlung von Westerdijk Fungal Biodiversity Institute –, (2) *Ramularia mali* 2022_176_001 und (3) *Ramularia glennii* 2022_23_003. Für GLS wurde ein Isolat ausgewählt (1) *Colletotrichum chrysophilum* A20_F13_004 und für ABR wurde ein Isolat ausgewählt (1) *Colletotrichum* sp. VD2220.

Nährmedien: Für die Kultivierung der Pilze wurde jeweils 1 L Nährmedium hergestellt

- (a) PDA (Liofilchem S.r.l.), nach Angaben des Herstellers.
- (b) PDA-Y (PDA, Merck), nach Angaben des Herstellers.
- (c) Apple Juice Medium (AJM), dafür wurden 0,2 g/l Apfelsaft (Zipperle), 3 g/l CaCO₃ und 15 g/l Agar vermischt und autoklaviert.
- (d) Apple Peel Medium (APM), dafür wurden 0,2 g/l Apfelschale (cv. Golden Delicious) fein püriert und mit 3 g/l CaCO₃ und 15 g/l Agar vermischt und autoklaviert.

Versuchsdurchführung: Für jedes Isolat und Nährmedium wurden vier Wiederholungen durchgeführt. Die Isolate wurden im dunkeln für 21 Tagen bei 20 °C für *Ramularia* spp. und vier Tagen bei 25 °C *C. chrysophilum* (GLS) und *Colletotrichum* spp. (ABR) kultiviert. Die morphologischen Charakteristika der Pilzkulturen wurden mit einem Binokular beschrieben. Pilzsporen wurden abgewaschen, lichtmikroskopisch untersucht und anschließend mittels Neubauer-Zählkammer ausgezählt.

Ergebnisse und Diskussion

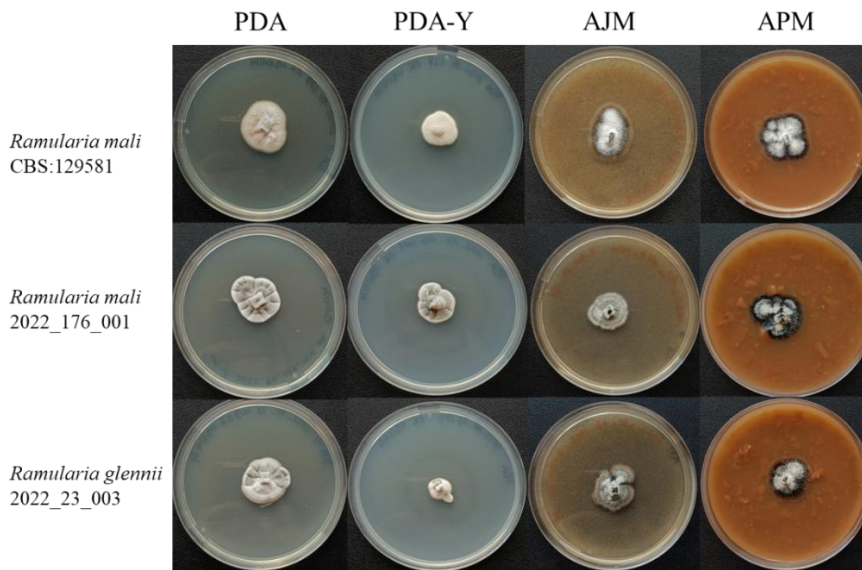


Abbildung 2: Die Kolonien der *Ramularia*-Arten CBS 129581 (oben), 2022_176_001 (Mitte) und 2022_23_003 (unten) auf den unterschiedlichen Nährmedien.

Tabelle 1: Die durchschnittliche Sporenanzahl ($n = 4$) auf den unterschiedlichen Nährmedien von *Ramularia mali* (CBS 129581), *Ramularia mali* (2022_176_001) und *Ramularia glennii* (2022_23_003).

| | PDA | PDA-Y | AJM | APM |
|---|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Anzahl der Sporen/ml | | | |
| <i>Ramularia mali</i> CBS 129581 | $2,1 \times 10^6$ | $2,1 \times 10^7$ | $7,1 \times 10^7$ | $1,1 \times 10^8$ |
| <i>Ramularia mali</i> 2022_176_001 | - | $2,7 \times 10^7$ | $6,3 \times 10^8$ | $1,0 \times 10^9$ |
| <i>Ramularia glennii</i> 2022_23_003 | - | - | $3,1 \times 10^7$ | $4,0 \times 10^7$ |

Die drei *Ramularia*-Isolate wiesen auf den verschiedenen Nährmedien stets ein vergleichbares Wachstum mit unregelmäßiger Form auf. Die Struktur der Kolonien von CBS 129581 war allgemein von flauschiger Textur wohingegen die Isolate 2022_176_001 und 2022-23_003 ein kompakteres Myzel Wachstum zeigten. Bei APM konnten kaum Unterschiede zwischen der Struktur der Isolate festgestellt werden. Obwohl alle Isolate eine leichte Faltung in der Struktur zeigten, so war diese bei CBS 129581 weniger ausgeprägt. Die Pigmentierung von CBS 129581 auf PDA und PDA-Y war cremefarben bis schmutzig weiß, wohingegen die beiden anderen Isolate eine weiß-graue Färbung aufweisen. Bei AJM zeigten sich farbliche Abstufungen zwischen den Wachstumszonen, und besonders bei APM zeigten sich in den peripheren Zonen des Myzels auffallende, dunkelgraue bis schwarze Ränder. Große Unterschiede zeigten sich auch in der Sporenanzahl. So produzierte das Isolat 2022-23_003 nur auf den Medien AJM und APM Sporen, jedoch nicht bei den anderen beiden. Einzig das Isolat CBS 129581 produzierte bei allen Nährmedien Sporen.

Die beiden Isolate A20_F13_004 (GLS) und VD2220 (ABR) unterschieden sich auf allen vier verwendeten Nährmedien voneinander: Das Wachstum von A20_F13_004 war von unregelmäßiger Form und gewelltem Rand mit teilweise ausstrahlendem Myzel, hingegen waren das Wachstum und die Ränder von VD2220 eher rund. Die Struktur des Myzels war in allen Fällen flauschig und von flacher Höhe. Auffallend war die leicht gewellte Struktur von A20_F13_004 auf PDA-Y, welche in schwächerer Ausprägung auch auf PDA erkennbar war-

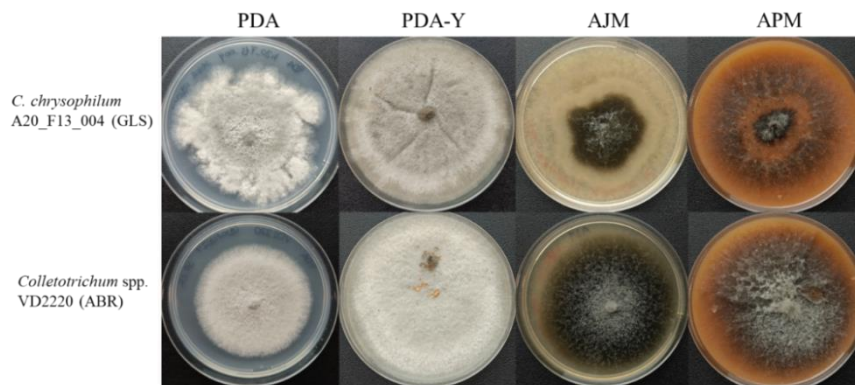


Abbildung 3: Die Kolonien von A20_F13_004 (GLS, oben) und VD2220 (ABR, unten) auf den unterschiedlichen Medien

A20_F13_004 zeigte die Bildung von Perithezien auf PDA-Y, wohingegen das Isolat VD2220 orange-lachsfarbene Conidienmasse ausbildete. Allgemein unterschieden sich die beiden *Colletotrichum*-Isolate nur geringfügig in ihrer Pigmentierung: Auf PDA und PDA-Y wiesen sie eine hellgraue Färbung mit schmutzig-weißer Farbe in der peripheren Zone auf. Bei AJM war das Zentrum dunkelbraun mit weißem Luftmyzel. Das *C. chrysophilum*-Isolat A20_F13_004 wies zudem eine radiale Farbabstufung der Wachstumszonen auf, welche cremefarben war. Auf APM zeigten beide Isolate ein dunkelbraunes Zentrum mit hellem Luftmyzel, bei A20_F13_004 waren erneut radiale Farbabstufungen in die peripheren Zonen erkennbar und auch die Ausbildung von Perithezien war deutlich. Die durchschnittliche Sporenanzahl war bei allen Medien ähnlich.

Tabelle 2: Die durchschnittliche Sporenanzahl ($n = 4$) auf den unterschiedlichen Nährmedien von *C. chrysophilum* und *Colletotrichum* spp.

| | PDA | PDA-Y | AJM | APM |
|---|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Anzahl der Sporen/ml | | | |
| <i>C. chrysophilum</i> A20_F13_004 (GLS) | $2,6 \times 10^6$ | $2,0 \times 10^6$ | $5,6 \times 10^5$ | $1,2 \times 10^6$ |
| <i>Colletotrichum</i> sp. VD2220 (ABR) | - | $7,3 \times 10^7$ | $8,1 \times 10^5$ | $2,1 \times 10^6$ |

Das unterschiedliche Wachstum und Ausbildung der Pilze auf den unterschiedlichen Medien liegt an unterschiedlicher Nährstoffzusammensetzung, pH-Wert, Feuchtigkeit, und Sauerstoffverfügbarkeit. Des Weiteren kann auch die physikalische Struktur des Mediums, wie Textur und Dichte, das Myzelwachstum beeinflussen.

Zusammenfassung

Drei neu auftretende Pilzpathogene stellen den Südtiroler Apfelanbau vor erhebliche Herausforderungen: *Ramularia* spp., Auslöser der Nacherntekrankheit der Klecksartigen Lentizellenflecken (engl. dry lenticel rot), *Colletotrichum chrysophilum*, der Verursacher von Glomerella Leaf Spot (GLS) in Südtirol und eine noch nicht abschließend identifizierte Art von *Colletotrichum*. ist ursächlich für die Entwicklung von Bitterfäule (ABR, apple bitter rot) im Feld verantwortlich. Alle drei Krankheiten stellen Neuheiten im Europäischen Apfelanbau dar, daher gibt es nur spärliche Informationen zur Morphologie und Kultivierung dieser Pathogene. In dieser Studie wurde drei Isolate von *Ramularia* spp., ein Isolat von *C. chrysophilum* (GLS) und ein Isolat von *Colletotrichum* spp. (ABR) auf jeweils vier verschiedenen Nährmedien: zwei verschieden formulierte Potato Dextrose Agar (PDA)-Medien sowie ein Apple Juice (AJM)-Medium und Apple Peel (APM)-Medium kultiviert und nach zwei Wochen für *Ramularia* spp. bzw. drei Tage für und die Vertreter der Gattung von *Colletotrichum*, die Morphologie und Sporenanzahl bestimmt. Die Pilzisolat zeigten Unterschiede in Melanisierung, Fruchtkörperbildung und Sporen-

anzahl (0 bis 2×10^9 Zellen/mL). Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für eine einwandfreie Artbestimmung, epidemiologische Studien und damit schlussendlich auch für die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien.

Abstract

Three newly emerging fungal pathogens pose considerable challenges for apple cultivation in South Tyrol: *Ramularia mali*, the cause of dry lenticel spots, a postharvest disease; *Colletotrichum chrysophilum* is the cause of Glomerella Leaf Spot (GLS) in South Tyrol, and a not yet conclusively identified species of *Colletotrichum* is responsible for the development of apple bitter rot (ABR) in the field. All three diseases represent novelties in the European apple cultivation, therefore only scarce information on the morphology and cultivation of these pathogens is available. In this study, three isolates of *Ramularia* spp, one isolate of *C. chrysophilum* (GLS) and one isolate of *Colletotrichum* spp. (ABR) were each cultivated on four different culture media (two differently formulated Potato Dextrose Agar (PDA) media as well as an Apple Juice (AJM) medium and Apple Peel (APM) medium. Morphology of the isolates was determined, and spore count was performed after two weeks for *Ramularia* spp., and three days for the representatives of the *Colletotrichum* genus. The fungal isolates showed differences in melanisation, fruiting body formation and spore count (0 to 2×10^9 cells/mL). These results serve as a basis for accurate species identification, epidemiological studies and ultimately for the development of control strategies.

Literatur

BOTTEGONI F, DELTEDESCO E, PRIMISSER S, OETTL S (2024). Evoluzione della glomerella leaf spot (gls) causata da colletotrichum chrysophilum nel melo in Alto Adige: analisi spazio-temporale, identificazione ed effetti della temperatura. Giornate fitopatologiche 2024 volume II (pp. 333-340)

CHEN Y, FU D, WANG W, GLEASON M L., ZHANG R, LIANG X, SUN G (2022). Diversity of Colletotrichum Species Causing Apple Bitter Rot and Glomerella Leaf Spot in China. J. of Fungi.

DELTEDESCO E, OETTL S (2022): First Report of Preharvest Decay Caused by Colletotrichum chrysophilum on Apples in Italy (South Tyrol). Plant Dis. 2022 Aug 23. doi: 10.1094/PDIS-11-21-2453-PDN. Epub ahead of print. PMID: 35997675.

DELTEDESCO E, BOTTEGONI F, RIZZOLLI E, OETTL S. (wird eingereicht, 2024) First Report of Apple Bitter Rot as Preharvest Decay Caused by Colletotrichum chrysophilum on Apples in South Tyrol.

NETTI S, GROSSO S, ORTALDA E, DI MAURO G (2012): Segnalata in Piemonte *Ramularia eucaelypti* su mele frigoconservate. L'Informatore Agrario 9/2012 p.72-73

LINDNER L (2013): "Laimburg, Centro di Sperimentazione Agraria e Forestale. Diagnostica 2013" Online: <http://www.laimburg.com/en/projects-publications/diagnostics.asp>.

Oo MM, Yoon HY, Jang HA, Oh SK (2018): Identification and Characterization of *Colletotrichum* Species Associated with Bitter Rot Disease of Apple in South Korea. Plant Pathol J. 2018 Dec;34(6):480-489. doi: 10.5423/PPJ.FT.10.2018.0201. Epub 2018 Dec 1. PMID: 30588221; PMCID: PMC6305169.

PRIMISSER S, DELTEDESCO E, SPADARO D, OETTL S (2024): Reproduction of dry lenticel rot symptoms on stored apples with *Ramularia mali*. Submitted to: Plant Disease Note

PRIMISSER S, DELTEDESCO E, OETTL S (wird eingereicht Ende 2024): Phylogeny and geospatial distribution of *Ramularia* spp., an emerging postharvest pathogen on apples

Adressen der Autoren

¹ Versuchszentrum Laimburg, Arbeitsgruppe Phytopathologie, Laimburg 6, 39040 Auer, Italien

* Ansprechpartner: Dr Evi DELTEDESCO, evi.deltedesco@laimburg.it

Auftreten von *Ralstonia pseudosolanacearum* an Ingwer aus Drittländern - eine Studie an Ingwerrhizomen aus dem Einzelhandel in Deutschland

Occurrence of *Ralstonia pseudosolanacearum* on ginger from third countries - a study on ginger rhizomes from retailers in Germany

Héctor Fernández¹, Davide Cacciavillani¹, René Glenz², Carmen Büttner¹, Martina Bandte¹

Ralstonia pseudosolanacearum is a water transmissible, phytopathogenic bacterium with a wide host range and geographical distribution, posing a substantial threat to a great number of economically important crops including tomato, potato, pepper, cabbage and ginger among others. In the latter, *R. pseudosolanacearum* colonises the xylem and causes ginger bacterial wilt (GBW) disease. This quarantine organism was until recently absent from the European Union. However, since 2021 in Germany, four reports of *Ralstonia pseudosolanacearum* on ginger samples were issued in different production facilities around the country, with the infected material originating in Peru. Consequently, rigorous control measures have since been put in place on Peruvian ginger shipments, aiming at testing 100% of consignments; and more relaxed ones on imports from other third countries, targeting a 50% of lots controlled (JKI, 2023). To evaluate if the potential risk of *Ralstonia pseudosolanacearum* introduction through imported ginger might still be present, in this study samples of ginger rhizomes grown abroad were purchased in retail stores all over Germany for screening. Each sample consisted of 20 segments of ginger rhizomes, belonging to or comprising separate rhizomes in the shop container. The ginger pieces were first assorted, halved and photographed, with especial attention to symptomatic portions for potential correlation with *R. pseudosolanacearum* infection. A slice of the circular segment comprising the outer region of the stele, richest in vascular tissue, was sampled from one of the halves of each ginger piece. 5 grams of ginger tissue were then homogenised, and a bacterial extraction based on the EPPO PM 7/21 (3) diagnostic standard (EPPO, 2022) was carried out to obtain a macerate of ginger and potentially *R. pseudosolanacearum*. Total DNA was extracted from the mix using the DNeasy® Blood & Tissue Kit from QIAGEN, and a detection PCR (according to Pastrok *et al.*, 2002) was performed on the purified sample DNA. Approximately 9% of the 173 samples tested positive during the screening. The suspicion of presence was reported to the plant protection services of the concerned German federal states, where the ginger rhizomes were bought. Further tests on this material were carried out by the National Reference Laboratory at the Julius Kühn-Institute, which confirmed the presence of *R. pseudosolanacearum* in approximately 6% of all screened samples, most of which came from Peru. These results indicate that current control measures may not be sufficient to prevent the introduction of the quarantine pathogen into European ginger production if rhizomes intended for consumption are used as seed material.

Adresse der Autoren

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

² Julius Kühn-Institut, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow

Referenzen

1. EPPO. (2022). PM 7/21 (3) *Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex). *EPPO Bulletin*, 52, 225–261. <https://doi.org/10.1111/epp.12837>

2. Julius Kühn-Institut (JKI). (2023). *Achtung: Ausbrüche einer Quarantänekrankheit im Ingweranbau in Deutschland*. 31.08.2023. Available on: <https://pflanzengesundheit.julius-kuehn.de/ralstonia-pseudosolanacearum.html>
3. Pastrik, K.H., Elphinstone, J.G., Pukall, R. (2002). *Sequence analysis and detection of Ralstonia solanacearum by multiplex PCR amplification of 16S–23S ribosomal intergenic spacer region with internal positive control*. *European Journal of Plant Pathology*, 108(9), 831–842. <https://doi.org/10.1023/A:1021218201771>

Der Falsche Mehltau an Gartenkresse – ein Problem in der biologischen Saatgutproduktion

Downy mildew on garden cress - a problem in organic seed production

Astrid Plenk

Zusammenfassung

Die Garten-Kresse (*Lepidium sativum*) zählt zu den Brassicaceae und stammt wahrscheinlich aus West- oder Zentralasien. Sie ist eine einjährige krautige Pflanze und erreicht Wuchshöhen von meist 20 bis 80 (10 bis 100) Zentimetern. Ihr Wuchs ist mit aufrecht, der Stängel einfach oder im oberen Bereich verzweigt, kahl, selten spärlich fein behaart sowie meist bläulich-grün bereift. Es werden keine grundständigen Blattrosetten gebildet. Die grundständig und wechselständig am Stängel verteilt angeordneten Laubblätter sind oft in Blattstiel und -spreite gegliedert. Sie in ihrer Form variabel, dünn, hellgrün und wenigstens am Rande des Blattstiels borstig behaart.

Verwendung findet die Gartenkresse in der Küche vor allem in frischen Salaten oder auf einer Brotscheibe mit Frischkäse oder Butter. Ihren würzigen, leicht pfeffrigen Geschmack verdankt sie den in der Kresse enthaltenen Senfglykosiden. Außerdem enthält die Gartenkresse hohe Konzentrationen an Vitamin C, Eisen, Calcium und Folsäure.

Die Saatgutproduktion erfolgt hauptsächlich biologisch, doch ist sie aufgrund eines hohen Krankheitsauftretens durch "pilzliche" Schaderreger mit massiven belastet. In den letzten Jahren traten vor allem Probleme durch den Falschen Mehltau-Erreger (*Hyaloperonospora parasitica* und *Perofascia lepidii*) sowie durch den Weißen Rost (*Albugo lepidii*) auf. Die genannten Erreger können in der Pflanze über längere Zeit latent vorhanden sein und zu einem plötzlichen und heftigen Krankheitsbefall führen. Die Folge: hohe Ertragsausfälle in der Produktion, mit bis zu mehr als 50 Prozent.

Die Sporen werden leicht durch den Wind und über kurze Distanzen auch über Wassertropfen übertragen. Wenn die Blätter länger nass sind und die Temperatur zwischen 8 und 12 °C beträgt, keimen die Sporen. Um ins Innere des Wirtsgewebes einzudringen, benötigt der Schaderreger Temperaturen von mindestens 16 °C. Begünstigt durch hohe Luftfeuchtigkeit und kühle Temperaturen (Temperaturoptimum 10–15 °C) wachsen auf der Blattunterseite aus den Spaltöffnungen die Sporangienträger heraus. Bei optimalen Bedingungen dauert es nach der Infektion nur 4–5 Tage, bis Sporen gebildet werden. Bei *Hyaloperonospora parasitica* sind die sporenbildenden Organe sehr empfindlich. Werden sie mehr als 6 Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzt, sterben sie ab.

Abstract

Garden cress (*Lepidium sativum*) belongs to the Brassicaceae family and probably originates from western or central Asia. It is an annual herbaceous plant and usually grows to a height of 20 to 80 (10 to 100) centimetres. Its growth is upright, the stem is simple or branched in the upper part, glabrous, rarely sparsely and finely hairy and usually bluish-green with a frown. No basal leaf rosettes are formed. The basal and alternate stem leaves are often divided into petioles and leaf blades. They are variable in shape, thin, light green and bristly at least on the edge of the leaf stalk.

In the kitchen, garden cress is mainly used in fresh salads or on a slice of bread with cream cheese or butter. It owes its spicy, slightly peppery flavour to the mustard glycosides contained in the cress. Garden cress also contains high concentrations of vitamin C, iron, calcium and folic acid.

Seed production is mainly organic, but due to a high incidence of disease caused by "fungal" pathogens, it is under massive strain. In recent years, problems have mainly been caused by the downy mildew pathogen (*Hyaloperonospora parasitica* and *Perofascia lepidii*) and white rust (*Albugo lepidii*). The pathogens mentioned can be latent in the plant for a long time and lead to a sudden and severe disease attack. The result: high yield losses in production of up to more than 50 per cent.

The spores are easily transmitted by the wind and over short distances via water droplets. The spores germinate when the leaves are wet for longer periods and the temperature is between 8 and 12 °C. The

pathogen requires temperatures of at least 16 °C to penetrate the host tissue. Favoured by high humidity and cool temperatures (optimum temperature 10-15 °C), the sporangia carriers grow out of the stomata on the underside of the leaves. Under optimal conditions, it only takes 4-5 days after infection for spores to form. The spore-forming organs of *Hyaloperonospora parasitica* are very sensitive. If they are exposed to sunlight for more than 6 hours, they die.

Adressen der Autorinnen

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, ¹ Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Mag. Astrid Plenk, astrid.plenk@ages.at

„Entwicklung eines Gemüseproduktes aus ungenutzten Bio-Pflanzenabschnittsteilen für die Zielgruppe der 10- bis 14-Jährigen.“

Development of a vegetable product from unused organic plant parts for the target audience of 10 to 14-year-olds, followed by acceptance testing.

Alexandra Katschthaler^{1*} und Kathrin Heim¹

Einleitung

Eine nachhaltige Entwicklung bezüglich des Ernährungssystems stellt sich komplexer und herausfordernder dar als in vielen anderen Bereichen. Der anhaltende Klimawandel sowie der Biodiversitätsverlust, werden durch die fortlaufende Ausdehnung und den Anstieg der landwirtschaftlichen Produktion vorangetrieben. Werden die Grenzen der Erde, weiterhin überbeansprucht, kann die Versorgungssicherheit des Ernährungssystems gefährdet werden (WILLETT ET AL. 2019, S. 474–479). Dementgegen werden weltweit rund 1,3 Milliarden Tonnen an essbaren Lebensmitteln jährlich verschwendet. Des Weiteren werden 250 km³ Wasser und 28 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche allein für die ungenutzten, verschwendeten Lebensmittel verbraucht (FAO 2013, S. 6). Die Primärproduktion ist für etwa 10 % aller Lebensmittelabfälle der EU verantwortlich (STENMARCK ET AL. 2016, S. 26). Weltweit handelt es sich bei näherer Betrachtung des Primärsektors in erster Linie um Wurzeln, Knollen, Obst, Gemüse und Getreide, welche ungenutzt verloren gehen (Lipinski et al. 2013, S. 6). Neben dem Aspekt der Nachhaltigkeit und des Zieles, Lebensmittelverschwendung zu minimieren, schließt die Idee, alles Essbare einer Pflanze zu verwerten, auch den Faktor Genuss mit ein (RÜTZLER 2018).

Das Ernährungsverhalten von Kindern und Jugendlichen wird sowohl von sozioökonomischen und demographischen Determinanten beeinflusst. Unter einem gesundheitsfördernden Ernährungsverhalten wird ein seltener Konsum von Fast Food, Süßigkeiten, Energy Drinks, zuckerhaltigen Getränken und einem häufigen Konsum von Gemüse und Obst verstanden (FELDER-PUIG, ROSEMARIE, SOEDE, ISABEL UND MAIER 2021, S. 8–9). Besonders für Kinder und Jugendliche, welche sich noch im Wachstum befinden, zählt ein gesundes Essverhalten, neben ausreichender Bewegung zu den wesentlichen Gesundheitsfaktoren, um sowohl die geistige als auch die körperliche Gesundheit zu gewährleisten. Im Hinblick auf den fortlaufenden Anstieg von Adipositas und Übergewicht bei Kindern, gewinnen die erlernten Essgewohnheiten im Kindes- und Jugendalter immer mehr an Bedeutung (BARTSCH 2008, S. 99–100). Eltern wünschen sich in erster Linie, dass ihren Kindern das Essen schmeckt, gefolgt von dem Wunsch nach einer ausgewogenen Ernährung (STATISTA 2022a). Seit den 1990er Jahren hat sich aufgrund der geringeren Bereitschaft, Zeit für die Nahrungszubereitung aufzubringen, das Essverhalten verändert. Die „Snacking-Kultur“ prägt die modernen Essgewohnheiten (HOLZAPFEL UND HAUNER 2015, S. 205–206). Damit korrelierend ergibt sich der fortwährende Trend des Verzehres von Convenience Produkten. Mittlerweile, auch bedingt durch die vorangegangene Corona Krise im Jahr 2020, ist ein deutlicher Umsatzanstieg in Österreich zu erkennen. Es wird laut Prognosen bis 2027 ein Umsatz von 41,54 Millionen Euro mit dem Verkauf von Convenience Produkten erreicht werden (STATISTA 2022b).

Ziel dieser Arbeit war es daher, einen Gemüsetaler zu entwickeln, welcher in der Zusammensetzung aus mindestens 40 % bisher weitgehend ungenutzten BIO-Gemüseabschnittsteilen besteht. Weiters sollte das Endprodukt geschmacklich von der Zielgruppe akzeptiert werden und sowohl für Eltern, betreuende Personen als auch für die Kinder einfach zuzubereiten sein.

Material und Methoden

Studiendesign: Abseits der Gemüseabschnittsteile (Kohlrabi- und Radieschenblätter, Karottengrün, Champignonstengel, Brokkolistrunk, Hokkaidoschalen und Paprikasamen) wurden als Zusatzkomponente zum einen Quinoa und zum anderen Cous Cous ausgewählt. Die zwei entwickelten Taler wurden im Rahmen eines Akzeptanztests von 49 ProbandInnen im Home Use Setting sensorisch beurteilt und die Ergebnisse anschließend statistisch ausgewertet. Das Hauptziel war die Ermittlung, inwiefern Kinder im Alter von zehn bis vierzehn Jahren die hergestellten Taler mit einem Mindestgehalt von 40 % Gemüseanteil aus ungenutzten Pflanzenabschnittsteilen, sensorisch akzeptieren.

Als Screening-Kriterium galt, dass die Kinder freiwillig teilnehmen und keine Allergien oder Aversionen gegen die verwertenden Zutaten hegen. Die Probendarreichung erfolgte sequenziell monadisch. Dies bedeutet, dass den ProbandInnen beide Proben zur Abtastung vorgelegt wurden, wobei jedes Produkt einzeln und nacheinander bewertet wurden. Die Kinder verkosteten blind, ohne Hinweis welche Komponenten im Taler verarbeitet sind. Die Beurteilung der Merkmalseigenschaften (Aussehen, Geruch, Geschmack und Gesamtakzeptanz) der Proben erfolgte mittels einer 9-Punkt-Hedonikskala. Die subjektive Empfindung hinsichtlich der Intensität des Salzgehalts, des Geruchs und der Farbe wurde mittels einer Just-about-right-Skala ermittelt. Die Benutzerfreundlichkeit in Bezug auf die Zubereitung wurde durch eine offene Frage nach dem Verkostungsvorgang bewertet.

Statistische Datenauswertung: Die mittels Red Jade erhobenen Daten wurden nachfolgend, mit Hilfe von Excel und XLSTAT ausgewertet. Es wurden die anhand der 9-Punkt-Hedonik-Skala erhobenen Daten, in Form von Häufigkeitsverteilungen dargestellt und im Anschluss Mittelwerte errechnet. Um festzustellen, ob es zu signifikanten Unterschieden, bezogen auf die Beliebtheit zwischen den getesteten Produkten gibt, wurde ein nichtparametrischer t-Test durchgeführt, bei welchem das Signifikanzniveau α auf 5 % festgelegt wurde. Hierdurch konnten im Anschluss Mittelwertvergleiche durchgeführt werden. Durch die Verknüpfung der Intensitätsbewertungen der JAR-Skalen mit Hilfe einer Penalty Analyse mit der Gesamtakzeptanz des Produkts, konnten anschließend die Auswirkungen der einzelnen Merkmale in Bezug auf die Beliebtheit des Produkts ermittelt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt nahmen 51,02 % Mädchen und 48,98 % Buben an der hedonisch-sensorischen Abtastung teil. Die Gegenüberstellung der Mittelwertvergleiche in Abb.: 1 verdeutlicht, dass die Taler nahezu in allen Kategorien einen Wert von mindestens sechs („Mag ich etwas“) auf der 9-Punkt-Hedonik-Skala erzielten. Den niedrigsten Wert erreichte das Aussehen der Quinoa Taler.

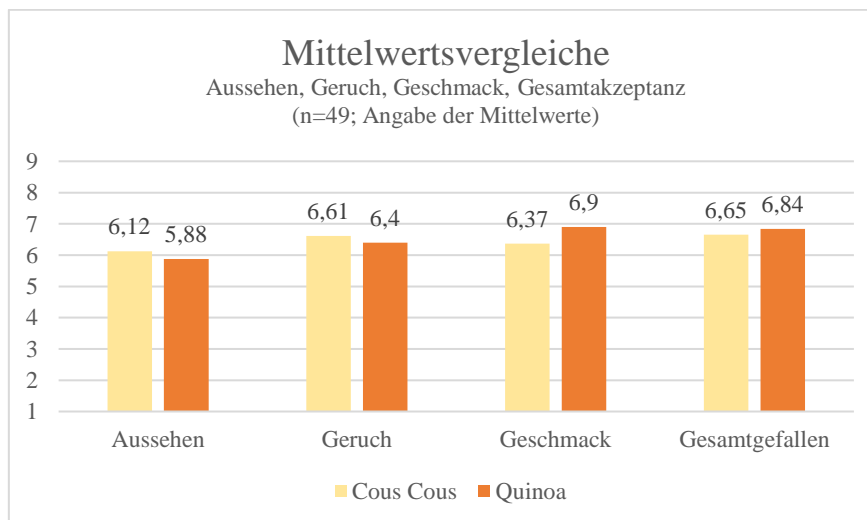


Abbildung 1: Mittelwertvergleiche, 9-Punkt-Hedonik-Skala, eigene Darstellung

Bei Betrachtung der akkumulierten Gesamtakzeptanz von der Stufe sechs („Mag ich etwas“) bis zur Stufe neun („Mag ich besonders gern“) betrug diese für die Cous Cous Taler 86,9 % und für die Quinoa Taler 94,3 %. Durch die Verknüpfung der Intensitätsbewertungen der JAR-Skalen mit Hilfe einer Penalty Analyse mit der Gesamtakzeptanz des Produkts, konnten anschließend die Auswirkungen der einzelnen Merkmale in Bezug auf die Beliebtheit des Produkts ermittelt werden. Die Bewertung der Innenfarbe zeigte, dass die Intensität der Farbe der Cous Cous Taler zu 52,5 % und bei den Quinoa Talern zu 46,6 % als genau richtig bewertet wurde. Bei einem Signifikanzniveau von $p = 0,05$ wurde festgestellt, dass dieses Attribut einen Einfluss auf die Gesamtakzeptanz hat. Im Fall von Quinoa wurde ein statistisch signifikanter Effekt am Mittelwert der Gesamtakzeptanz in Höhe von 1,099 berechnet. Demnach wurde die mittlere Gesamtbewertung dieser Probe durch die zu intensive grüne Innenfarbe nachteilig beeinflusst. Bei den Cous Cous Talern konnte dieser Effekt nicht nachgewiesen werden. Den Geruch befanden mehr als die Hälfte der TeilnehmerInnen als genau richtig. Sowohl bei den Quinoa

Talern mit einem Wert von 61,2 % als auch bei den Cous Cous Talern mit einem Wert von 55,1 % wurde der Geruch als gemüsig genug bewertet. Während bei den Cous Cous Talern kein signifikanter Einfluss des Gemüsegeruchs auf die Gesamtakzeptanz nachgewiesen werden konnte, zeigte sich, dass ein zu milder Gemüsegeruch einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtakzeptanz bei den Quinoa Talern hat. Die Salzintensität wurde bei beiden Talern von mehr als der Hälfte der TeilnehmerInnen mit dem Wert „genau richtig“ bewertet. Während weder eine zu geringe noch zu hohe Salzintensität einen Einfluss auf die Gesamtakzeptanz bei den Quinoa-Talern hatten, wirkte sich diese bei den Cous Cous Talern auf die mittlere Gesamtbewertung durch die zu geringe Salzintensität nachteilig aus. Die abschließende Frage, ob die Kinder bereit wären, die Taler erneut zu verzehren, zeigte folgendes Ergebnis: 69 % der TeilnehmerInnen gaben an, den Quinoa-Taler wieder essen zu wollen, während 50,8 % angaben, den Cous Cous Taler erneut zu wählen. Diese Erkenntnis korrelierte mit den Ergebnissen der Präferenzfrage nach der Verkostung, bei der 57,1 % der TeilnehmerInnen den Quinoa Taler bevorzugten, während 42,9 % den Cous Cous Taler bevorzugten. Die Zubereitung wurde als „einfach“ und „schnell“ bezeichnet.

Die Entwicklung der Gemüsetaler verdeutlicht, dass Kinder im Alter von zehn bis vierzehn Jahren für ein Gemüseprodukt begeistert werden können, welches zu 45 % aus ungenutzten BIO-Pflanzenabschnittsteilen besteht. Aufgrund seiner unkomplizierten Zubereitung kann das Produkt als convenient betrachtet werden. Es erfüllt damit sowohl das Bedürfnis der Eltern nach einem schnell zubereiteten Gericht als auch den Anspruch, dass es den Kindern schmeckt und gleichzeitig nahrhaft ist. In Bezug auf potenzielle Modifikationen der Gemüsetaler lässt sich feststellen, dass eine erhöhte Salzintensität, ein stärkerer Gemüsegeruch und eine weniger intensive grüne Farbe wahrscheinlich zu einer noch höheren Akzeptanz bei der Zielgruppe geführt hätten.

Angesichts des erheblichen Einflusses von Lebensmittelverschwendung auf die Umwelt und den Klimawandel ist es zunehmend wichtig, sich verstärkt auf Produkte dieser Art zu konzentrieren. Es gilt, alle essbaren Ressourcen zu nutzen, um eine unnötige Erschöpfung der Ressourcen zu vermeiden.

Daher wäre es wünschenswert, wenn die Lebensmittelentwicklung, insbesondere im Convenience-Bereich, ein breiteres Angebot an sowohl nahrhaften als auch ressourcenschonenden Produkten bieten würde. In der Folge sollte die Einstufung von Stielen, Blättern, Stängeln usw. als unvermeidbare Lebensmittelabfälle im Bio-Sektor dringend überdacht werden. Eine Aufklärung über die Inhaltsstoffe sowie die Verwertungsmöglichkeiten wäre in dieser Hinsicht ein Schritt in Richtung einer nachhaltigen Zukunft.

Zusammenfassung

Eine ökonomischere und ganzheitlichere Nutzung vorhandener Lebensmittel könnte einen erheblichen ökologischen und sozialen Beitrag zur weltweiten Ernährung beitragen. Dies gilt auch für ungenutzte, aber essbare BIO-Pflanzenabschnittsteile, welche zu den nicht vermeidbaren Lebensmittelabfällen zählen. Um dem steigenden Umweltbewusstsein der KonsumentInnen und dem Snackification-Trend bei gleichzeitigem Wunsch nach gesunden und wertvollen Nahrungsquellen gerecht zu werden, sollte im Zuge dieser Studie ein Gemüseprodukt auf Basis von bisher ungenutzten Pflanzenabschnittsteilen kombiniert mit (Pseudo)getreide für Kinder entwickelt und die sensorische Akzeptanz desselbigen direkt an der Zielgruppe abgetestet werden.

Im Zuge der Produktentwicklung entstanden zwei Gemüsetaler auf Basis von Kohlrabi- und Radieschenblättern, Karottengrün, Champignonstengel, Brokkolistrunk, Hokkaidoschalen und Paprikasamen kombiniert mit Quinoa bzw. Couscous, welche zu einem hedonischen Akzeptanztest im Home-Use-Setting mit 49 Kindern im Alter von zehn bis 14 Jahren gereicht wurden.

Die Ergebnisse aus der Abtastung zeigen, dass beide Prototypen von der Zielgruppe sensorisch akzeptiert werden. Dennoch ergab die Untersuchung auch Hinweise darauf, dass eine zu intensiv grüne Farbe zu vermeiden ist und die Kinder einen intensiveren Gemüsegeruch sowie einen salzigeren Geschmack wünschen würden.

Abstract

A more economical and holistic use of existing food resources could make a significant ecological and social contribution to global nutrition. This also applies to unused but edible organic plant parts, which are classified as unavoidable food waste. In response to the increasing environmental awareness among consumers and the trend towards snackification, coupled with a desire for healthy and nutritious food

sources, this study aimed to develop a vegetable product based on previously unused plant parts combined with (pseudo) grains for children and to directly assess its sensory acceptance by the target audience.

As part of the product development process, two vegetable patties were created using kohlrabi and radish leaves, carrot tops, mushroom stems, broccoli stalks, Hokkaido squash peels, and bell pepper seeds combined with quinoa or couscous. These prototypes were subjected to a hedonic acceptance test in a home-use setting involving 49 children aged ten to 14 years.

The results of the taste test indicate that both prototypes were sensorially accepted by the target audience. However, the study also revealed indications that an excessively green color should be avoided and that children would prefer a stronger vegetable aroma and a saltier taste.

Literatur

BARTSCH, SILKE (2008): Jugendesskultur. Bedeutungen des Essens für Jugendliche im Kontext Familie und Peergroup. Zugl.: Heidelberg, Pädagog. Hochsch., Diss., 2006. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Forschung und Praxis der Gesundheitsförderung, Band 30).

FAO (2013): Food wastage footprint: Impacts on natural resources - Summary report 2013. Online verfügbar unter <https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>, zuletzt geprüft am 30.10.2022.

FELDER-PUIG, ROSEMARIE, SOEDE, ISABEL; MAIER, GUNTER (2021): Ernährungsverhalten und Körperselbstbild österreichischer Schülerinnen und Schüler. HBSC-Factsheet 08: Ergebnisse der HBSC-Studie 2018. In: Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK).

HOLZAPFEL, C.; HAUNER, H. (2015): Außer-Haus-Verzehr, "Snacking" und XXL-Portionen: Ernährungstrends und deren Einfluss auf das Körpergewicht. In: Adipositas - Ursachen, Folgeerkrankungen, Therapie 09 (04), S. 205–209. DOI: 10.1055/s-0037-1618942.

LIPINSKI, BRIAN; HANSON, CRAIG; LOMAX, JAMES; KITINOJA; WAITE, RICHARD; SEARCHINGER, TIM (2013): Creating a sustainable food future: reducing food losses and waste. In: World Resources Institute 2013, S. 1–39. Online verfügbar unter https://www.academia.edu/33628418/Creating_a_sustainable_food_future_reducing_food_losses_and_waste.

RÜTZLER, HANNI (2018): Gemüse: Der neue Star auf unseren Tellern. Hg. v. Zukunftsinstitut. Online verfügbar unter <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/food/gemuese-der-neue-star-auf-unseren-tellern/>, zuletzt aktualisiert am 12.12.2022, zuletzt geprüft am 12.12.2022.

STATISTA (2022a): Österreich - Aspekte bei der Kinderernährung 2021 | Statista. Online verfügbar unter <https://de-statista.com.wn.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/1249544/umfrage/umfrage-in-oessterreich-zu-wichtigen-aspekten-bei-der-ernaehrung-von-kindern/>, zuletzt aktualisiert am 08.11.2022, zuletzt geprüft am 08.11.2022.

STATISTA (2022b): Convenience Food - Österreich | Statista Marktprognose. Online verfügbar unter <https://de-statista.com.wn.idm.oclc.org/outlook/dmo/ecommerce/lebensmittel/convenience-food/oessterreich#umsatz>, zuletzt aktualisiert am 12.12.2022, zuletzt geprüft am 12.12.2022.

STENMARCK, ÅSA; JENSEN, CARL; QUESTED, TOM; MOATES, GRAHAM (2016): Estimates of European food waste levels. Hg. v. Michael Buksti, Balázs Cseh, Selina Juul, Andrew Parry, Alessandro Politano, Barbara Redlingshofer, et al. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute.

WILLETT, WALTER; ROCKSTRÖM, JOHAN; LOKEN, BRENT; SPRINGMANN, MARCO; LANG, TIM; VERMEULEN, SONJA ET AL. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: The Lancet 393 (10170), S. 447–492. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

Adressen der Autoren

¹ Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Mag. Alexandra Katschthaler MA, alexandra.katschthaler@gmx.net

Wurzelkonkurrenz auf Ackerflächen durch Agroforstanlagen

Root competition on arable land by agroforestry systems

Eva Erhart*, Dieter Haas, Marion Bonell und Wilfried Hartl

Einleitung

Agroforst, die Kombination von Bäumen oder Sträuchern mit Ackerkulturen, wird derzeit (wieder-) entdeckt. In der laufenden ÖPUL-Förderperiode gibt es eine Förderung für Agroforstsysteme in Form sogenannter Mehrnutzenhecken mit überwiegend Sträuchern und Obstbäumen. Ein wesentliches Problemfeld ist jedoch die Wurzelkonkurrenz, die Sträucher und Bäume gegenüber den Kulturpflanzen im angrenzenden Acker ausüben, da die Ackerflächen neben Mehrnutzenhecken langfristig bestehen bleiben und möglichst wenig beeinträchtigt werden sollen.

Die Ausdehnung des Wurzelsystems von Agroforstgehölzen und deren Wurzelkonkurrenz zu den Feldfrüchten ist gegenwärtig kaum untersucht. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss von ausgewachsenen, rund 20-jährigen Mehrnutzenhecken auf den Ertrag der benachbarten Felder zu quantifizieren, anhand einer Wurzeldurchtrennung am Ackerrand in einem Exaktversuch unter Praxisbedingungen die Wurzelmenge und Wurzelverteilung der Heckengehölze zu erheben sowie die Auswirkung der Wurzeldurchtrennung auf den Ertrag der Feldfrucht sowie auf die Heckengehölze zu erfassen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an zwei 19 und 20 Jahre alten Hecken im südlichen Weinviertel (Niederösterreich) durchgeführt. Hecke 1 ist aus zwei zentralen Baumreihen mit zwei flankierenden Strauchreihen aufgebaut, Hecke 2 aus zwei Baumreihen plus einer Strauchreihe. Beide Hecken bestehen aus einer Mischung heimischer Laubbäume mit Wildkriecherl- und Walnußbäumen, sowie aus heimischen Wildsträuchern (Wildrosen, Schlehdorn, Liguster u.a.) und sind ca. 7-10 m hoch. Beim Boden auf beiden Heckenstandorten handelt es sich um Tschernosem. Die Ackerflächen neben den Hecken wurden vor Kartoffeln immer 25 cm tief gepflügt, auch um die Wurzelausläufer in Schach zu halten, vor anderen Feldfrüchten seichter.

Die Versuchsanlage umfasste bei beiden Hecken jeweils die beiden Varianten „mit Wurzeldurchtrennung“ und „unbehandelt“ in 4 bzw. 3 Wiederholungen bei Hecke 1 und 2.

Die Ertragsbestimmung erfolgte in mehreren Abständen von der Hecke jeweils in Winterroggen, und zwar 2022 am Feld nördlich von Hecke 1 und 2023 am Feld östlich von Hecke 2. In jeder Parzelle wurde die Messung zweifach, jeweils im rechten Winkel von der Hecke weg, in 1, 2, 3, 4 und 9 m Entfernung vom hecken nahen Ackerrand durchgeführt. Bei Hecke 1 mit einem ca. 3 m breiten Biodiversitätsstreifen neben der Hecke ergaben sich dadurch Abstände von 7, 8, 9, 10 und 15 m vom Stammansatz der äußeren Strauchreihe. Bei Hecke 2 mit Biodiversitätsstreifen und zusätzlich einem Wiesenweg betragen die Entfernungen zum Stammansatz der äußeren Baumreihe (hier keine äußere Strauchreihe vorhanden) 9, 10, 11, 12 und 17 m. Bestimmt wurden Ertrag, Strohgewicht, Tausendkorngewicht und Proteingehalt. Im jeweils anderen Jahr waren auf beiden Feldern kleinflächig verschiedenste Gemüsesorten für die Direktvermarktung angebaut, wodurch eine Ertragshebung nicht zielführend war.

Zur Bestimmung der Wurzelmasse der Heckengehölze im Acker wurden im Herbst 2022 auf jeder Parzelle am Ackerrand jeweils drei 5 m lange, 30 cm breite und 90 cm tiefe Gräben ausgehoben. Dabei wurden die Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm getrennt abgehoben und gelagert. Das gesamte ausgehobene Bodenmaterial wurde händisch gesiebt und die Wurzeln der Heckengehölze ausgelesen. Die in den gebaggerten Gräben verbliebenen Heckenwurzeln wurden ebenfalls abgeschnitten und den entsprechenden Proben zugeordnet. Die Proben wurden von Streu und Fremdwurzeln befreit, gewaschen und in folgende Durchmesser-Größenklassen geteilt: < 1mm, 1-5 mm, 5-10 mm und 10-50 mm. Danach wurde das Wurzeltrockengewicht der einzelnen Fraktionen bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Ertrag des Roggens im Jahr 2022 (Abb. 1) wie auch bei Strohgewicht, Pflanzenhöhe, Tausendkorngewicht und Proteingehalt (Tab. 1) zeigt sich die Auswirkung der Hecke und ihrer Wurzelkonkurrenz im Acker. Bis zu 8 m von der äußersten Strauchreihe entfernt war der Roggenertrag signifikant geringer als ab 9 m Entfernung, wo er mit rund 5.000 kg/ha das übliche Niveau erreicht. Der nochmals signifikant höhere Ertrag von 6.500 kg/ha in 15 m Entfernung lässt in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen (KROMP & HARTL, 1991) darauf schließen, dass die Hecke in diesem Bereich eine positive Auswirkung auf die Feldfrucht ausübt.

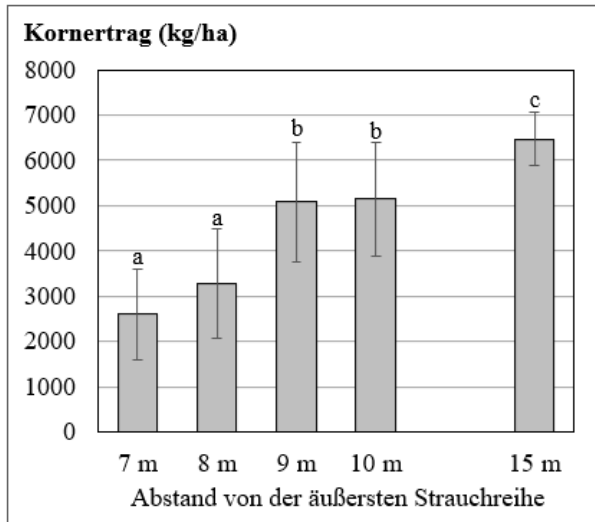


Abbildung 1: Kornertrag Roggen 2022 in unterschiedlicher Entfernung von Hecke 1

| Abstand von der äußersten Strauchreihe (m) | Stroh-Trockengewicht (kg/ha) | Tausendkorngewicht (g) | Proteingehalt (%) |
|--|------------------------------|------------------------|-------------------|
| 7 | 2373 a | 25,4 a | 6,6 a |
| 8 | 4047 b | 27,3 b | 7,0 ab |
| 9 | 5530 bc | 27,4 b | 7,3 bc |
| 10 | 5828 c | 27,6 b | 7,4 bc |
| 15 | 8021 d | 28,2 b | 7,7 c |

Tabelle 1: Stroh-Trockengewicht, Tausendkorngewicht und Proteingehalt von Roggen 2022 in unterschiedlicher Entfernung von Hecke 1

Mit gleichen Buchstaben gekennzeichnete Varianten unterscheiden sich nicht statistisch signifikant ($p \leq 0,05$).

Die Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen zeigten, dass sich die Feinwurzeln mit einem Durchmesser < 1 mm in der obersten Bodenschicht 0-30 cm konzentrierten. Die etwas stärkeren Wurzeln mit 1-5 mm Durchmesser wurden in etwa gleicher Menge in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm gefunden.

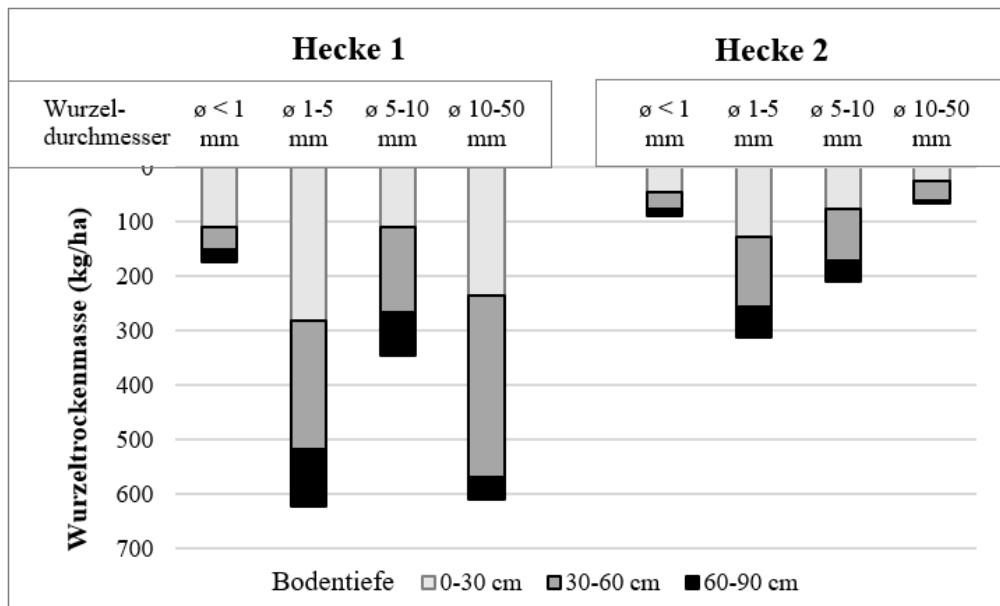


Abbildung 2: Trockenmasse von Wurzeln unterschiedlicher Durchmesserfraktionen der Heckengehölze, Herbst 2022. Bei Hecke 1 im Abstand von 5,5 m zur äußersten Strauchreihe, bei Hecke 2 im Abstand von 7,5 m zur äußersten Baumreihe (keine äußere Strauchreihe vorhanden).

Die stärkeren Wurzeln 5-10 mm und 10-50 mm Durchmesser befanden sich zum größten Teil in 30-60 cm Tiefe. Eine Ausnahme bildete das sehr tiefgründige Kolluvium am Hangfuß: hier befand sich die Hauptwurzelmasse (60 % der gesamten Wurzelmasse) in 60-90 cm Tiefe.

Die Menge der Feinwurzeln mit Durchmesser <1 mm und 1-5 mm war am Standort 1 stark negativ mit der Mächtigkeit des A-Horizontes korreliert ($r=-0,80$ bzw. $-0,86$). Am tiefgründigeren Standort 2 zeigte sich nur bei der Wurzelmasse mit Durchmesser 1-5 mm eine schwache negative Korrelation ($r=-0,37$). Bei Hecke 1 betrug die Gesamt-Wurzel-trockenmasse in der Bodenschicht 0-30 cm im Mittel umgerechnet rund 735 kg/ha, in der Bodenschicht 30-60 cm 770 kg/ha und in der Schicht 60-90 cm 285 kg/ha. Mit insgesamt rund 1800 kg/ha wiesen die Heckengehölze hier im Abstand von 5,5 m zur letzten Strauchreihe eine Wurzelbiomasse auf, die ähnlich hoch war wie die einer gut etablierten Begrünung (ERHART et al., 2020; HARTL et al., 2020).

Bei Hecke 2 betrug die Wurzel-trockenmasse in der Bodenschicht 0-30 cm im Mittel umgerechnet rund 275 kg/ha, in der Bodenschicht 30-60 cm 285 kg/ha und in der Schicht 60-90 cm 115 kg/ha. Mit rund 680 kg/ha hatten die Heckengehölze hier im Abstand von 7 m zur letzten Baumreihe nur ca. ein Drittel der Wurzelmasse, die bei Hecke 1 gemessen wurde, was auf die größere Tiefgründigkeit des Bodens und den größeren Abstand zur Hecke zurückzuführen sein dürfte.

Bei beiden Hecken schwankte die Wurzel-trockenmasse zwischen den einzelnen Beprobungsstellen sehr stark. Bei Hecke 1 betrug die geringste Gesamtwurzelmasse einer Beprobungsstelle umgerechnet 164 kg/ha und die höchste 4958 kg/ha. Am Standort 2 variierten die Gesamtwurzelmassen zwischen 361 und 1738 kg/ha.

Durch die ungleichmäßige Verteilung der Baum- und Straucharten in der Hecke lässt sich der Einfluss bestimmter Baum- oder Straucharten nicht zweifelsfrei darstellen.

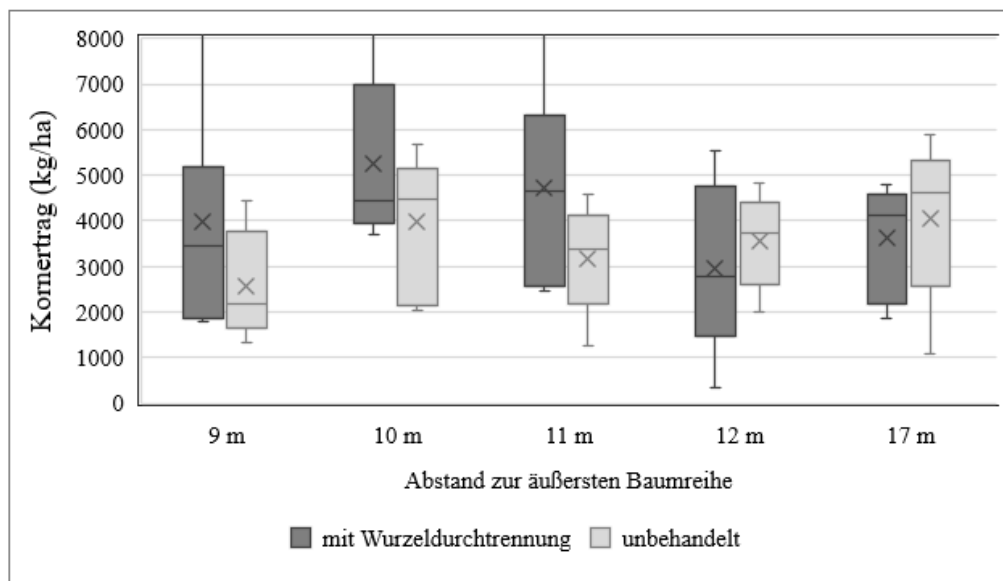


Abbildung 3: **Kornertrag Roggen 2023 in unterschiedlicher Entfernung von Hecke 2. Die Wurzeldurchtrennung war im Herbst 2022 im Abstand von 7,5 m zur äußersten Baumreihe erfolgt.** Sowohl die Varianten als auch die Abstände unterscheiden sich nicht statistisch signifikant ($p \leq 0,05$).

Im Jahr nach der Wurzeldurchtrennung zeigte sich am Standort 2 kein signifikanter Ertragsunterschied zwischen den Beprobungsstellen in unterschiedlicher Entfernung von Hecke 2 (Abb. 3). In 9, 10 und 11 m Abstand von der Hecke war der Kornertrag in der Variante mit Wurzelschnitt höher als in der unbehandelten Variante, aufgrund der Streuung sind die Unterschiede zwischen den Varianten jedoch nicht statistisch signifikant, ebenso größtenteils beim Stroh- und Tausendkorngewicht.

An keiner der beiden Hecken selbst waren an der oberirdischen Biomasse Schäden durch die Wurzeldurchtrennung erkennbar.

Zusammenfassung

An zwei ausgewachsenen, rund 20-jährigen Hecken im südlichen Weinviertel (Niederösterreich) wurde ihre Auswirkung auf den Ertrag der benachbarten Felder quantifiziert, und anhand einer Wurzeldurchtrennung am Ackerrand in einem Exaktversuch unter Praxisbedingungen die Wurzelmenge und Wurzelverteilung der Heckengehölze erhoben. Die Ertragsergebnisse zeigen, dass eine 19-jährige Hecke aus heimischen Laubbäumen und -sträuchern im benachbarten Feld, trotz regelmäßigem Pflügen auf 25 cm Tiefe, in einer Entfernung von bis zu 8 Meter von der äußersten Strauchschicht eine beträchtliche Wurzelkonkurrenz und Ertragsminderung verursachte. Die Wurzeltrockenmasse der 19-jährigen Hecke 1 erreichte umgerechnet rund 1.800 kg/ha, jene von Hecke 2 rund 680 kg/ha. Die Feinwurzeln mit einem Durchmesser < 1 mm konzentrierten sich in der obersten Bodenschicht 0-30 cm. Die etwas stärkeren Wurzeln mit 1-5 mm Durchmesser wurden in etwa gleicher Menge in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm gefunden. Die stärkeren Wurzeln mit 5-10 mm und 10-50 mm Durchmesser befanden sich zum größten Teil in 30-60 cm Tiefe. Die Menge an Wurzeln und ihre Tiefenverteilung war stark von der Bodenmächtigkeit abhängig. Im tiefgründigen Kolluvium am Hangfuß befand sich 60 % der Wurzelmasse in 60-90 cm Tiefe.

Abstract

The effect of two full-grown, approximately 20-year-old hedges in the southern Weinviertel (Lower Austria) on the yield of neighbouring fields was quantified, and in an exact test under practical conditions the root quantity and root distribution of the hedges was determined by means of root separation at the edge of the field. The yield results show that a 19-year-old hedge of native deciduous trees and shrubs caused considerable root competition and yield reduction in the neighbouring field, at a distance of up to 8 metres from the outermost shrubs, despite regular ploughing to a depth of 25 cm. The root mass (dry matter) of the 19-year-old hedge 1 amounted to 1,800 kg/ha, the root mass of hedge 2 to 680 kg/ha. The fine roots with a diameter < 1 mm were concentrated in the uppermost 0-30 cm of the soil, while the roots with a diameter of 1-5 mm were found in equal quantities in 0-30 cm and 30-60 cm depth. The roots with diameters of 5-10 mm and 10-50 mm were mostly found at a depth of 30-60 cm. The quantity of roots and their depth distribution was strongly dependent on the soil depth. In the deep colluvium at the foot of the slope, 60 % of the root mass was found at a depth of 60-90 cm.

Literatur

ERHART E., DOPPELBAUER L., MESSENBÖCK K., REITHOFER C., HAAS D., BONELL M., HARTL W., RIEDL K., HANDLER F., STREIMELWEGER R., RIEGLER-NURSCHER P., BODNER G., SOBOTIK M. (2020): Begrünungen im Ackerbau. Bio Forschung Austria, Wien.
HARTL W., NEUNER E., ERHART E. (2020): Wurzelmasse und Wurzelverteilung von Begrünungsmischungen in Praxisversuchen. In: MERBACH W., LOISKANDL W., EPPERLEIN J., BODNER G., SOBOTIK M.: Wurzel und Rhizosphäre: Ökophysiologie, Humushaushalt und Bodenmanagement. Mitteilungen Agrarwissenschaften, Band 32., S. 42-46. Verlag Dr. Köster, Berlin.
KROMP, B., HARTL, W. (1991). Untersuchung ökologischer Wechselbeziehungen zwischen agrarlandschaftlichen Strukturelementen und Ackerflächen. Studie. i.A. der MA 22. L. Boltzmann-Institut für biologischen Landbau und angewandte Ökologie, Wien.

Adresse der Autoren

Bio Forschung Austria, Esslinger Hauptstraße 132-134, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Dr. Eva ERHART, e.erhart@bioforschung.at

Auswirkungen von Photovoltaik Freiflächenanlagen auf Böden

Effects of ground-mounted photovoltaic systems on soils

Erich Inselfbacher^{1*}

Einleitung

Die Nachfrage nach erneuerbaren Energiesystemen nimmt kontinuierlich zu, wodurch vermehrt innovative Ansätze benötigt werden. Die Europäische Union hat sich das Ziel gesetzt, bis 2030 einen Anteil von mindestens 32% des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen zu erreichen. Gleichzeitig hat Österreich ein Bundesgesetz zum Ausbau der Energie aus erneuerbaren Quellen erlassen - das Erneuerbare-Energien-Ausbaugesetz - EAG. Darin strebt Österreich an, bis 2040 die Klimaneutralität zu erreichen und somit 100% des gesamten Stromverbrauchs aus heimischen erneuerbaren Quellen zu erzeugen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Steigerung der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen um 27 TWh pro Jahr erforderlich. Davon sollen 11 TWh pro Jahr durch Photovoltaik (PV)-Anlagen erzeugt werden. Die benötigten PV-Flächen können jedoch nicht allein durch gebäudegestützte PV-Anlagen abgedeckt werden, so dass ein starker Ausbau von PV-Freiflächenanlagen um 91 km² benötigt wird (FECHNER 2020). Der notwendige Einsatz von PV-Freiflächenanlagen und der massive Ausbau der PV-Kapazität in den kommenden Jahren wird voraussichtlich auch erhebliche Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion haben. Die Nutzung großer Flächen für Solarparks wird den Wettbewerb um Landressourcen verschärfen, da sowohl die Nachfrage nach Nahrungsmitteln als auch die Energienachfrage steigen und um die begrenzten Landressourcen konkurrieren (z. B. NONHEBEL 2005). Diese Konkurrenz kann jedoch durch das Konzept der Agro-Photovoltaik (APV) reduziert werden, d.h. durch die gemeinsame Nutzung derselben Fläche sowohl für die Photovoltaik als auch für die konventionelle Landwirtschaft (DINESH und PEARCE 2016). Die Idee von PV-Freiflächenanlagen und insbesondere APV-Systemen wurde bereits in den frühen 1980er Jahren theoretisiert, aber die ersten detaillierten APV-Experimente wurden erst kürzlich gestartet (MARROU et al. 2013). Seit diesen ersten PV-Freiflächenanlagen haben sich die Forschungsaktivitäten stark auf die technische Entwicklung und Optimierung der PV-Module, und in APV-Systemen auf die direkten Auswirkungen von PV-Modulen auf die Pflanzenproduktion und Ernteerträge konzentriert.

Trotz umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in Bezug auf PV-Freiflächenanlagen und APV-Systemen (*in Folge zusammengefasst bezeichnet als PV-Anlagen*) liegen bislang noch keine Informationen über die Auswirkungen auf die darunterliegenden Böden vor. Gründe dafür sind die relativ kurze Zeit seit der Installation erster PV-Anlagen und vor allem die Komplexität der Böden. Dennoch, in Anbetracht der aktuellen rapide steigenden Anzahl von PV-Anlagen ist es wichtig, die Auswirkungen dieser auf Böden zu untersuchen. Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass PV-Anlagen den Boden in Bezug auf die drei Hauptgruppen von Bodenqualitätsindikatoren, nämlich chemische, biologische und physikalische Eigenschaften, beeinflusst. Physikalische Eigenschaften wie Schüttdichte und Textur beeinflussen das Wasserhaltevermögen und das Pflanzenwachstum, indem sie das Wurzelwachstum modulieren. Chemische Eigenschaften wie Konzentrationen von Kohlenstoff (C) und Nährstoffen, und pH-Wert steuern die Pflanzenernährung und die Struktur und Aktivitäten der mikrobiologischen Gemeinschaften. Zu den biologischen Indikatoren gehören die Zusammensetzung, Biomasse und Aktivitäten von Bodenmikroorganismen, die den Abbau organischer Stoffe und den Nährstoffkreislauf steuern (z. B. MAURYA et al. 2020).

In dieser Studie wurden folgende Forschungsfrage in zwei unterschiedlichen Freiland-PV-Anlagen untersucht: Welchen Einfluss haben PV-Module und die entsprechenden Trägerstrukturen auf ausgewählte chemische und biologische Bodenparameter? Im Detail wurden folgende Hypothesen aufgestellt: 1) Der C-Gehalt unter PV-Anlagen ist aufgrund erhöhter Pflanzenbiodiversität und erhöhter mikrobieller Biomasse im Vergleich zu Kontrollflächen ohne PV-Anlagen höher. 2) PV-Module und ihre entsprechenden Trägerstrukturen setzen Metalle frei, wodurch die Metallkonzentrationen in Böden unter PV-Anlagen höher sind als in Kontrollflächen.

Material und Methoden

Untersuchungsflächen

Um die Auswirkungen von PV-Anlagen auf Böden zu untersuchen, wurden im Frühsommer 2023 Bodenproben von zwei unterschiedlichen PV-Anlagen geworben und analysiert. Die erste Probenahme erfolgte in der PV-Anlage am Zentralfriedhof Wien. Die Anlage wurde im Frühjahr 2013 in Betrieb genommen. Die zweite PV-Anlage befindet sich auf einer großen Fläche in Guntramsdorf. Ein Teil der Anlage wurde bereits im Frühjahr 2014 in Betrieb genommen. Die Fläche und Anzahl der Module wurden in Folge um 40% erweitert, welche im Sommer 2019 in Betrieb genommen wurden. Es wurden gezielt PV-Anlagen ausgewählt, die schon länger in Betrieb sind, um langfristige Auswirkungen der PV-Module auf die Böden untersuchen zu können. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass während des Aufbaus der PV-Anlagen kein Boden/Substrat von außerhalb auf die Flächen eingebracht wurde. Ebenfalls wichtig war es, PV-Anlagen auszuwählen, die ausreichend breite Grünstreifen zwischen den PV-Modulen haben, um diese als Kontrollflächen nutzen zu können.

Probenahme

Das Probenahme-Design wurde an Minarsch et al. (2022) angelehnt und an die standörtlichen Möglichkeiten sowie die Möglichkeiten innerhalb des Projekts angepasst. Im Detail wurden am Standort Zentralfriedhof jeweils 10 Bodenproben unterhalb der PV-Module und 10 Bodenproben in den dazwischenliegenden Grünstreifen analysiert. Jede einzelne Probe wurde dabei als Mischprobe aus 2 nahe zusammenliegenden Proben hergestellt, um die Heterogenität der Böden besser zu berücksichtigen. Am Standort Guntramsdorf wurden aufgrund der Größe der Anlage jeweils 18 Bodenproben unterhalb der PV-Module und von den dazwischenliegenden Grünlandstreifen analysiert. Die Bodenproben wurden unter weitgehendem Erhalt der natürlichen Lagerung des Bodens mit der Stechzylindermethode entnommen. Mit diesem Versuchsdesign konnte untersucht werden, welchen Einfluss PV-Anlagen auf die Böden unterhalb der PV-Module im Vergleich zu den direkt angrenzenden Kontrollflächen haben.

Analysen

Die Analysen im Labor umfassten folgende Parameter, die Großteils nach ÖNORM bestimmt wurden: Die Lagerungsdichte und der Wassergehalt wurden mit der Stechzylindermethode bestimmt, die elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert in Wasserextrakten. Der Gehalt an Gesamt-C, organischem C, Gesamt-N und das C/N Verhältnis wurden an gesiebten (<2mm) Böden mittels trockener Verbrennung in einem Elementaranalysator (Thermo Flash EA). Zusätzlich wurde anorganischer C mittels Scheibler-Methode analysiert. Metalle und Nicht-Metalle wurden zuerst mit Königswasser (aqua regia) extrahiert und anschließend mittels ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma analysiert. Die mikrobielle Biomasse wurde mit der Chloroform-Fumigation-Extraktionsmethode (CFE) bestimmt. Dazu wurde ein Aliquot der Böden direkt mit 1M KCl extrahiert. Ein zweites Aliquot der Böden wurde zuerst für 48 h mit Chloroform fumigiert und anschließend mit 1M KCl extrahiert. Alle Extrakte wurden auf den Gesamtgehalt an extrahiertem C und N mit einem Shimadzu TOC-L/TNM-L Analysator bestimmt. Die C- und N-Gehalte der unfumigierten Proben wurden im Anschluss von den Gehalten in den fumigierten Proben abgezogen, um die mikrobielle Biomasse zu bestimmen. Ein Korrekturfaktor für unvollständige Extraktion von KEC = 0,45 und KEN = 0,54 wurde dabei angewendet (JENKINSON et al. 2004).

Statistik

Die Ergebnisse wurden im Anschluss statistisch ausgewertet, um signifikante Unterschiede der einzelnen Parameter zwischen Proben unterhalb und außerhalb der PV-Module zu analysieren. Im Detail wurden statistische Analysen mittels one-way ANOVA, gefolgt von Tukey's honestly significant difference post-hoc test, durchgeführt. Alle statistischen Analysen wurden mit Statgraphics Centurion 18 (Statgraphics Technologies, Inc., Virginia, USA) durchgeführt. Falls erforderlich, wurden die Daten vor der Analyse logarithmisch transformiert, um die Voraussetzungen der ANOVA zu erfüllen, nachdem die Normalität mit dem Shapiro-Wilk-Test und die Homogenität der Varianzen mit dem Bartlett-Test geprüft worden waren.

Ergebnisse und Diskussion

In den untersuchten PV-Anlagen wurden bei einigen Parametern signifikanten Unterschiede zwischen den Kontrollböden und Böden unterhalb der PV-Module gefunden (Tabellen 1 und 2). Auffällig war, dass in der PV-Anlage Guntramsdorf mehr signifikante Unterschiede als in der PV-Anlage Zentralfriedhof gefunden wurden.

Entgegen der 1. Hypothese, dass der C- und N-Gehalt unterhalb der PV-Module im Vergleich zu Kontrollflächen ohne PV-Module höher sei, wurden jedoch in beiden PV-Anlagen höhere Konzentrationen von Gesamt-N, Gesamt-C, organischem C und Humus in den Freiflächen gefunden (Tabelle 1). Ebenso war in beiden PV-Anlagen die mikrobielle Biomasse in den Böden der Freiflächen signifikant höher als unterhalb der PV-Module. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die Freiflächen als Grasland bewirtschaftet werden und somit (entgegen der Hypothese) eine höhere Pflanzenbiodiversität aufwies als unterhalb der PV-Module. Zusätzlich könnten diese Ergebnisse auch noch die Auswirkungen der Störung des Bodens bei der Errichtung der PV-Anlagen reflektieren. Um dies jedoch tatsächlich festzustellen, sollten die Böden, sowie die Pflanzenbiodiversität im Rahmen einer Zeitreihe über mehrere Jahre hinweg beprobt und analysiert werden. Optimalerweise könnte ein zukünftiges Forschungsprojekt daher so geplant und durchgeführt werden, dass die ersten Beprobungen bereits direkt nach dem Aufbau einer PV-Anlage beginnen und über die gesamte Lebensdauer der Anlage ein Monitoring stattfindet.

Tabelle 1 Mittelwerte von physikalischen, chemischen und mikrobiellen Eigenschaften in den Freiflächen (Kontrollflächen: Grünstreifen) und unterhalb der PV-Module in den PV-Anlagen Zentralfriedhof und Guntramsdorf. Dunkelrote Werte bedeuten signifikante ($p < 0,001$) Unterschiede zwischen Böden der Freiflächen und unterhalb der PV-Module in den respektiven PV-Anlagen.

| | Zentralfriedhof | | Guntramsdorf | |
|---|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | Freifläche | Modul | Freifläche | Modul |
| Wassergehalt (% Frischmasse) | 16,73 | 15,24 | 16,04 | 13,16 |
| Lagerungsdichte (g cm^{-3}) | 1,00 | 1,11 | 0,87 | 1,01 |
| Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | 198 | 260 | 159 | 514 |
| pH | 7,69 | 7,66 | 7,87 | 7,57 |
| Gesamt N (%) | 0,34 | 0,31 | 0,45 | 0,37 |
| Gesamt C (%) | 6,26 | 5,69 | 7,64 | 6,77 |
| Anorganischer C (%) | 1,92 | 1,83 | 2,50 | 2,86 |
| Organischer C (%) | 4,34 | 3,85 | 5,14 | 3,91 |
| Humusgehalt (%) | 7,48 | 6,65 | 8,86 | 6,74 |
| Gelöster C (mg kg^{-1} Trockenmasse) | 30,65 | 43,37 | 28,79 | 228,54 |
| Gelöster N (mg kg^{-1} Trockenmasse) | 18,05 | 28,73 | 10,93 | 203,67 |
| Mikrobielle Biomasse C (mg kg^{-1} Trockenmasse) | 191,94 | 126,53 | 176,05 | 47,48 |
| Mikrobielle Biomasse N (mg kg^{-1} Trockenmasse) | 26,72 | 13,72 | 19,65 | 8,70 |

Dunkelrote Werte bedeuten signifikante ($p < 0,001$) Unterschiede zwischen Böden der Freiflächen und unterhalb der PV-Module in den respektiven PV-Anlagen.

Die 2. Hypothese, dass PV-Module und ihre entsprechenden Trägerstrukturen Metalle freisetzen, wodurch die Metallkonzentrationen in Böden unter PV-Modulen höher sind als in Kontrollflächen, konnte ebenfalls nicht bestätigt werden. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in den Metallkonzentrationen zwischen den Böden in den Freiflächen und unter den PV-Modulen gefunden (Tabelle 2). Insgesamt wurden 18 verschiedene Elemente analysiert, darunter auch kritische Schwermetalle, die für den Bau von PV-Modulen verwendet werden. Da die PV-Anlagen bereits seit 2013 bzw. 2014 in Betrieb sind, bedeutet das in diesen Fällen, dass es in den letzten 10 Jahren kein Risiko einer Belastung der Böden durch einen erhöhten Eintrag von Metallen aus den PV-Modulen und/oder Trägerstrukturen gegeben hat. PV-Module sind mittlerweile sehr langlebig, aber nichtsdestotrotz können über einen längeren Zeitraum Mikrorisse in den Oberflächen entstehen, über die es zu einer Freisetzung von Metallen/Schwermetallen kommen könnte. Es wäre daher sinnvoll, weitere Untersuchungen

der Böden unterhalb von PV-Anlagen durchzuführen, wenn die PV-Anlagen dementsprechend lange in Betrieb sind (z.B. 15-25 Jahre).

Tabelle 2 Mittelwerte von Elementkonzentrationen in den Freiflächen (Kontrollflächen: Grünstreifen) und unterhalb der PV-Module in den PV-Anlagen Zentralfriedhof und Guntramsdorf. Die Elemente wurden nach ihrem Konzentrationsbereich aufgeteilt (g, mg oder µg pro kg Trockenmasse).

| Elementkonzentrationen (g kg ⁻¹ Trockenmasse) | Zentralfriedhof | | Guntramsdorf | |
|---|-----------------|--------|--------------|---------|
| | Freifläche | Modul | Freifläche | Modul |
| Al | 14,89 | 15,55 | 31,75 | 32,02 |
| Fe | 19,41 | 19,83 | 24,72 | 24,36 |
| (mg kg ⁻¹ Trockenmasse) | | | | |
| Li | 13,38 | 14,06 | 34,14 | 34,25 |
| Na | 87,27 | 84,15 | 178,91 | 212,94 |
| Si | 316,77 | 316,53 | 660,49 | 638,37 |
| Cr | 20,57 | 21,70 | 39,01 | 39,35 |
| Mn | 579,14 | 597,67 | 392,17 | 407,10 |
| Ni | 68,06 | 69,42 | 93,39 | 89,97 |
| Cu | 27,66 | 28,55 | 24,78 | 23,90 |
| Zn | 80,07 | 80,85 | 49,25 | 48,15 |
| Sr | 68,97 | 67,64 | 178,50 | 192,08 |
| Ba | 98,75 | 105,65 | 175,17 | 176,67 |
| Pb | 27,68 | 34,49 | 16,78 | 16,07 |
| Co | 7,16 | 7,41 | 7,77 | 7,44 |
| (µg kg ⁻¹ Trockenmasse) | | | | |
| Se | 675,27 | 704,75 | 1111,77 | 1107,02 |
| Cd | 211,94 | 230,25 | 237,79 | 237,51 |
| Sn | 252,01 | 270,59 | 63,57 | 69,97 |
| Hg | 284,23 | 336,59 | 64,29 | 83,67 |

Zusammenfassung

Im Erneuerbare-Energien-Ausbaugesetz – EAG - strebt Österreich an, bis 2040 die Klimaneutralität zu erreichen und somit 100% des gesamten Stromverbrauchs aus heimischen erneuerbaren Quellen zu erzeugen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Steigerung der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen, wie z.B. Photovoltaik (PV)-Anlagen, erforderlich. Die benötigten PV-Flächen können jedoch nicht allein durch gebäudegestützte PV-Anlagen abgedeckt werden, so dass ein starker Ausbau von PV-Freiflächenanlagen benötigt wird. Trotz umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in Bezug auf PV-Freiflächenanlagen liegen bislang aber kaum Informationen über die Auswirkungen auf die darunterliegenden Böden vor. Gerade in Agri-PV-Systemen ist diese Information aber von großer Bedeutung, da ein negativer Einfluss der PV-Anlagen auf landwirtschaftliche Böden ausgeschlossen werden sollte. In der aktuellen Studie wurde daher die Auswirkung von PV-Anlagen auf die Böden unter zwei unterschiedlichen PV-Freiflächenanlagen auf bodenchemische und -mikrobielle Eigenschaften untersucht. Interessanterweise wurden unterhalb der PV-Module geringere Konzentrationen an C und N sowie eine geringere mikrobielle Biomasse gefunden als in den dazwischen liegenden Kontrollflächen. Dies könnte auf die höhere Pflanzenbiodiversität in den Kontrollflächen, die als Grasland bewirtschaftet werden, zurückzuführen sein. Des Weiteren wurde keine Erhöhung von Metallkonzentrationen durch die PV-Anlagen gefunden. Da jedoch PV-Anlagen so konstruiert werden, dass sie

über längere Zeiträume (>25 Jahre) bestehen, wären längerfristige Untersuchungen der Böden sinnvoll, um genauere Aussagen treffen zu können.

Abstract

In the Renewable Energy Expansion Act (EAG), Austria aims to achieve climate neutrality by 2040 and thus generate 100% of its total electricity consumption from national renewable sources. In order to achieve this goal, an increase in annual electricity generation from renewable sources, such as photovoltaic (PV) systems, is required. However, the required PV areas cannot be covered by building-based PV systems alone, so that a strong expansion of ground-mounted PV systems is required. Despite extensive research and development efforts in relation to ground-mounted PV systems, there is still little information available on the effects on the underlying soils. However, this information is particularly important in agri-PV systems, as a negative impact of PV systems on agricultural soils should be ruled out. In the current study, the impact of PV systems on soils under two different ground-mounted PV systems was therefore analysed for soil chemical and microbial properties. Interestingly, lower concentrations of C and N and a lower microbial biomass were found below the PV modules than in the control areas in between. This could reflect the higher plant biodiversity in the control plots, which are cultivated as grassland. Furthermore, no increase in metal concentrations due to the PV systems was found. However, as PV systems are designed to exist for longer periods of time (>25 years), longer-term analyses of the soils would be useful in order to be able to make more precise statements.

Danksagung

Diese Studie wurde von der Stadt Wien Kultur gefördert. Ein besonderer Dank gilt der Wien Energie GmbH für Ihr Einverständnis ihre PV-Anlagen für diese Studie nutzen zu können.

Literatur

- DINESH H, PEARCE JM (2016): The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54, 299-308.
- FECHNER H (2020): Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können. Studie im Auftrag von Österreichs Energie, Endbericht. https://oesterreichs-energie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie_2020.pdf
- JENKINSON DS, BROOKES PC, POWLSON DS (2004): Measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 5-7.
- MARROU H, WERY J, DUFOUR L, DUPRAZ C (2013): Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy* 44, 54-66.
- MAURYA S, ABRAHAM JS, SOMASUNDARAM S, TOTEJA R, GUPTA R, MAKHIJA S (2020): Indicators for assessment of soil quality: a mini-review. *Environmental Monitoring and Assessment* 192, 604.
- MINARSCH E-ML, MIDDELANIS T, WICHERN F, GÖBEL L, BÖHM C, WECKENBROCK P (2022): Leitfaden: Bodenkundliche Untersuchungen in streifenförmigen Agroforstsystemen. Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V. Cottbus, Germany.
- NONHEBEL S (2005): Renewable energy and food supply: will there be enough land? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9, 191–201.

Adresse des Autors

¹ Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Erich INSELBACHER, erich.inselsbacher@boku.ac.at

Ökobilanzierung bei landwirtschaftlichen Pionieren – Wege des nachhaltigen Managements

Life Cycle Assessment of pioneer farming – defining the way forward

Magdalena Bieber^{1*}, Hannah Uhl, Stefan Hörtenhuber², Werner Zollitsch²,
Christoph Rosinger³, Katharina Keiblinger¹, Bernhard Scharf und Gernot Bodner³

Einleitung

Ökobilanzierungen werden eingesetzt, um die Umwelteinflüsse von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus zu bewerten. Dabei werden Möglichkeiten aufgezeigt, um Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch in der Herstellung und Verwendung zu reduzieren (FRISCHKNECHT 2020). In dieser Arbeit wird der Ansatz des „single-impact life cycle assessments“ verwendet, in denen das Treibhauspotenzial (GWP, Global Warming Potential) als wesentliche Umweltwirkung berücksichtigt wird (GOGLIO et al. 2015). Auch für den landwirtschaftlichen Sektor sind Ökobilanzierungen relevant. In Österreich kommen circa 10% der Emissionen aus der Landwirtschaft (UMWELTBUNDESAMT 2024). Neben Treibhausgasemissionen sind auch Bodenkohlenstoffdynamiken, Erosion und Nährstoffauswaschung von besonderem Interesse (EC 2021). Diese Größen fließen derzeit noch nicht einheitlich in Ökobilanzen ein (GOGLIO et al. 2015). Dennoch werden Ökobilanzrechner von landwirtschaftlichen Betrieben verwendet, um ihre Bewirtschaftungen zu bewerten und Entscheidungen zu unterstützen (PETER et al. 2017). In dieser Arbeit werden Flächen von biologischen und regenerativen landwirtschaftlichen Praxisbetrieben, die ihren Fokus auf Bodengesundheit legen, mit dem Kohlenstoffrechner der Cool Farm Alliance (The Cool Farm 2024) bilanziert. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den Möglichkeiten landwirtschaftliches Management und dessen Veränderung zu bewerten.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projekts C4Soil werden innovative Bewirtschaftungen von landwirtschaftlichen Pionier-Betrieben im Osten Österreichs untersucht. Maßnahmen wie reduzierte Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau und organische Düngung sollen in der Pionier-Bewirtschaftung helfen die Bodengesundheit zu fördern. Bewirtschaftungsdaten wurden mittels Fragebogen im Jahr 2020 von 16 Landwirt:innen erhoben. Um einen Einblick zu erhalten, welche Treibhausgasemissionen bzw. Speicherpotentiale für Kohlenstoff durch die Pionier-Bewirtschaftungen möglich sind, wurden Ökobilanzen mit dem Cool Farm Tool v2.11.0 (CFT) berechnet. Mit dem CFT können Ökobilanzen jeweils auf Basis eines Jahres und eines Feldstücks gemacht werden. Innovative Bewirtschaftungen können mittels Eingabe von Bewirtschaftungsänderungen in den Bereichen Landnutzung, Bodenbearbeitungsintensität und Kohlenstoffeintrag für 20 Jahre ab dem Beginn der neu gesetzten Maßnahme berücksichtigt werden. Die hier untersuchten Pionier-Betriebe setzten im Mittel seit 26 Jahren innovative Maßnahmen auf ihren Feldern (ROSINGER et al. 2023), also teilweise seit mehr als 20 Jahren in Bezug auf den Erhebungszeitraum 2015-2020. Um dennoch einen Vergleich zwischen den Betrieben herstellen zu können, wurden jeweils zwei Bilanzen gerechnet: (1) keine Bewirtschaftungsänderungen und (2) Bewirtschaftungsänderungen standardisiert ab dem Jahr 2000. Für Zwischenfrüchte wurden eigene Bilanzen gerechnet und den jeweiligen Jahren zugerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich zwischen den Ökobilanzen mit und ohne Berücksichtigung der Bewirtschaftungsänderung zeigt erhebliche Unterschiede: Erstere Bilanzen ergeben im Schnitt über alle Betriebe und Jahre hinweg Emissionen von 980 kg CO₂-eq/ha. Durch Eingabe der jeweiligen Bewirtschaftungsänderungen dagegen ergibt sich eine durchschnittliche Sequestrierung von 670 kg CO₂-eq/ha. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse für die jeweiligen Standorte in kg CO₂-eq/ha. Der Unterschied zwischen den beiden Berechnungsmethoden ergibt sich aus der kalkulierten Sequestrierung, die unter „Änderung des Kohlenstoffspeichers“ als Negativ-Emission abgelesen werden kann. Der größte Anteil der Emissionen ergibt sich anhand der Berechnungen im CFT durch Verflüchtigungen aus dem Boden nach der Anwendung von Düngemitteln (durchschnittlich 360 kg CO₂-eq/ha). Die Bodenschwere ist eine wichtige Kalkulationsgröße im CFT, insbesondere im Hinblick auf das Speicherpotential für Bodenkohlenstoff (Abbildung

2, links oben). Standorte mit leichten Böden (<15% Ton) sind demnach erhebliche Kohlenstoffsenken bei einer Bewirtschaftungsänderung hin zu hohem Kohlenstoffeintrag (d.h. Zwischenfruchtanbau, Verbleib von Ernteresten auf dem Feld, organische Düngung). Vor allem organische Düngung spielt dabei eine wesentliche Rolle: Abbildung 2 (rechts oben) zeigt, dass bei langjähriger Bewirtschaftung keine signifikanten Unterschiede durch Düngeanwendungen bestehen. Bei einer Bewirtschaftungsänderung innerhalb der letzten 20 Jahre jedoch wird von einer erheblichen Kohlenstoffspeicherung ausgegangen, im Vergleich zu mineralischer und keiner Düngung.

Sieben der 16 Betriebe sind biologisch. Bei langjähriger Bewirtschaftung ergeben ihre Bilanzen signifikant kleinere Emissionen im Vergleich zu den anderen regenerativen Pionier-Betrieben. Dieser Effekt wird bei Berücksichtigung einer Bewirtschaftungsänderung innerhalb der letzten 20 Jahre allerdings durch die Negativ-Emissionen überschrieben.

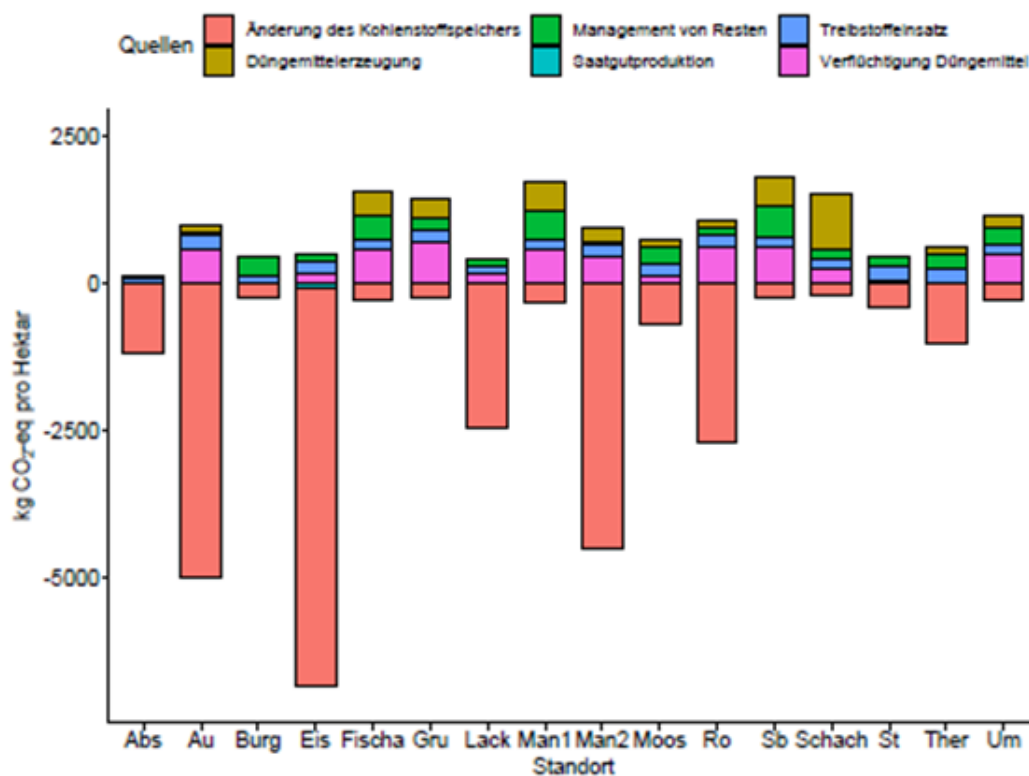


Abbildung 1: Emissionen und Kohlenstoffsequestrierung (in kg CO₂-eq pro Hektar) für 16 Standorte, gemittelt über sechs Jahre (2015-2020). Die Farben zeigen die Emissionsquellen. In rot ist der kalkulierte Effekt von kürzlich (ab dem Jahr 2000) veränderter Bodenbearbeitungsintensität und Kohlenstoffeinträgen im Sinne der Pionier-Bewirtschaftung abzulesen.

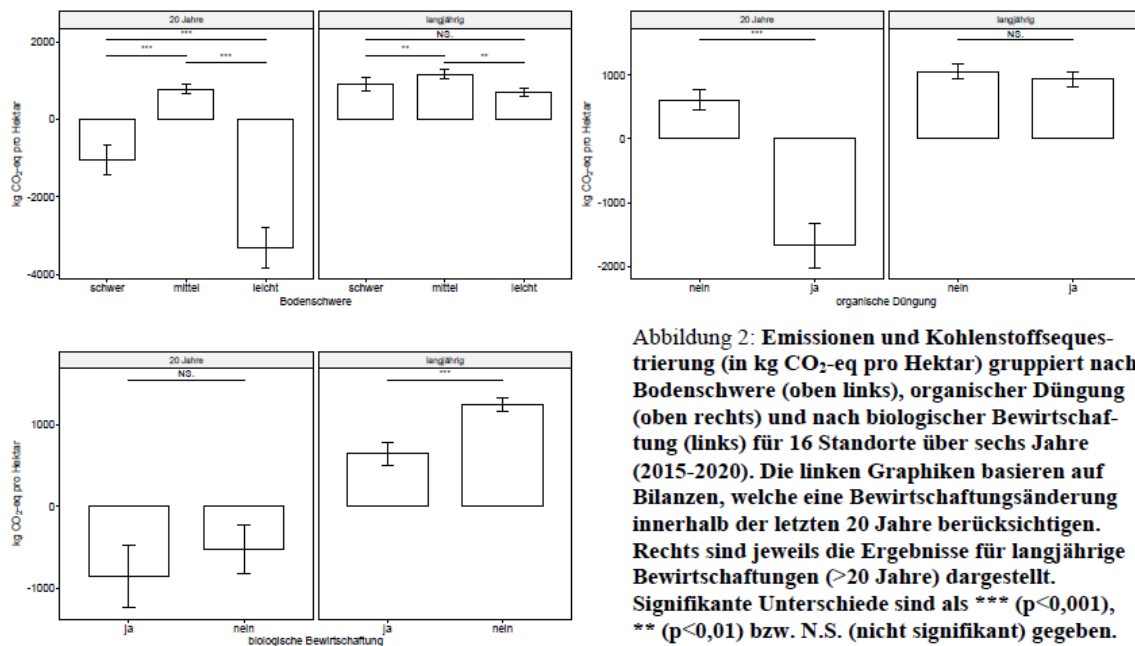


Abbildung 2: Emissionen und Kohlenstoffsequestrierung (in kg CO₂-eq pro Hektar) gruppiert nach Bodenschwere (oben links), organischer Düngung (oben rechts) und nach biologischer Bewirtschaftung (links) für 16 Standorte über sechs Jahre (2015-2020). Die linken Graphiken basieren auf Bilanzen, welche eine Bewirtschaftungsänderung innerhalb der letzten 20 Jahre berücksichtigen. Rechts sind jeweils die Ergebnisse für langjährige Bewirtschaftungen (>20 Jahre) dargestellt. Signifikante Unterschiede sind als * (p<0,001), ** (p<0,01) bzw. N.S. (nicht signifikant) gegeben.**

Bei der Verwendung des CFT ergeben sich einige Ungenauigkeiten, die bereits in den oben beschriebenen Effekten der Bewirtschaftungsänderungen ersichtlich wurden. Entsprechend der Methodologie des IPCC (2006) sind auftretende Kohlenstoffdynamiken in der Modellbetrachtung auf 20 Jahre begrenzt. Dies führt zu einem sprunghaften Anstieg der berechneten Emissionen nach 20 Jahren. Um langfristig innovativ wirtschaftende Betriebe im Hinblick auf Bodenkohlenstoffdynamiken und Bodengesundheit zu bewerten, müsste eine vollständige Ökobilanz durchgeführt werden, in die neben dem GWP auch weitere Umweltwirkungen einbezogen werden (GOGLIO et al. 2015). Fruchtfolgen werden im CFT – genauso wie in vielen anderen Kalkulatoren – nicht berücksichtigt (PETER et al. 2017). Einzelne Kulturen einer Rotation sowie Zwischenfrüchte müssen daher über konsekutive Eingaben getrennt betrachtet werden. Das CFT wird laufend weiterentwickelt, derzeit sind jedoch noch nicht alle in Österreich gängigen Kulturen zur Dateneingabe hinterlegt. Auch Untersaaten oder Mischkulturen können nicht oder nur vereinzelt bilanziert werden. Lokale Anpassungen in der Berechnung sind bei Bodenparametern (Bodenkohlenstoff, Textur, pH-Wert), für das Klima (in grober Auflösung, anhand der IPCC-Klimazonen) sowie für Korn-Stroh-Verhältnisse (soweit bekannt, individuelle Eingaben) möglich.

Zusammenfassung

Ökobilanzierungen können zur Unterstützung von Bewirtschaftungsentscheidungen in der landwirtschaftlichen Praxis verwendet werden. Die Auswertungen der Maßnahmen auf 16 Betrieben im Osten Österreichs mit dem Cool Farm Tool (CFT) zeigen, dass die Ergebnisse erheblichen Schwankungen – von Kohlenstoffsequestrierung bis Emissionen – von einem Jahr auf das nächste unterliegen können. Besonders hohe Bodenkohlenstoffsequestrierungspotentiale sowie niedrigere Treibstoffverbräuche werden auf sandigen Böden angenommen. Die CFT-Ergebnisse ergeben bei langjähriger Bewirtschaftung geringere Emissionen für biologische Betriebe. Um die Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen, sowie der Landwirtschaft im Allgemeinen umfassender darzustellen, müssen im Rahmen der Ökobilanzierung weitere Umweltkategorien wie Nährstoffauswaschung oder Erosion berücksichtigt werden. Laufende Entwicklungen auf diesem Gebiet sowie politische Bestrebungen die Bodengesundheit zu fördern bilden die Grundlage für die rasche Erarbeitung von Mess- und Bewertungsmethoden für nachhaltiges Management.

Abstract

Single-impact life cycle assessments are used to support management decisions in agricultural practice. The measures on 16 field plots from highly innovative conservation farming systems in Eastern Austria were evaluated using the Cool Farm Tool (CFT). The results show considerable fluctuations – from carbon sequestration to emissions. High sequestration potentials and lower fuel consumption are assumed on sandy soils. The CFT results show lower emissions for organic farms with long-term management. In order to provide a more comprehensive picture of the environmental impacts of agricultural measures as well as agriculture in general, other environmental categories such as nutrient leaching or erosion need to be taken into account as part of life cycle assessments. Ongoing developments in this field and political efforts to promote soil health form the basis for the rapid development of measurement and assessment methods for agricultural management.

Literatur

- The Cool Farm (2024). Cool Farm ®. Verfügbar unter: <https://coolfarm.org/> (letzter Zugriff: 16.5.2024).
- EC (Europäische Kommission) (2021): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. EU Soil Strategy for 2023. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Verfügbar unter: https://environment.ec.europa.eu/document/download/ae853f10-c9a2-4665-a9f2-c29d11c49374_en?filename=COM_2021_699_1_EN_ACT_part1_v4_0.pdf (letzter Zugriff: 17.5.2024).
- FRISCHKNECHT R (2020): Lehrbuch der Ökobilanzierung. Springer Spektrum, Berlin.
- GOGLIO P, SMITH WN, GRANT BB, DESJARDINS RL, MCCONKEY BG, CAMPBELL CA, NEMECEK T (2015): Accounting for soil carbon changes in agricultural life cycle assessment (LCA): a review. *Journal of Cleaner Production* 104, 23-39.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Verfügbar unter: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (letzter Zugriff: 16.5.2024).
- PETER C, HELMING K, NENDEL C (2017): Do greenhouse gas emissions calculations from energy crop cultivation reflect actual agricultural management practices? – A review of carbon footprint calculators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 461-476.
- ROSINGER C, KEIBLINGER K, BIEBER M, BERNARDINI LG, HUBER S, MENTLER A, SAETUN O, SCHARF B, BODNER G (2023): On-farm soil organic carbon sequestration potentials are dominated by site effects, not by management practices. *Geoderma* 433, 116466.
- UMWELTBUNDESAMT (2024): Austria's National Inventory Report 2024. Submission under Regulation (EU) No 2018/1999. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0909bfz.pdf> (letzter Zugriff: 16.5.2024).

Adressen der Autoren

- 1 Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenforschung, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
- 2 Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33/II, 1180 Wien
- 3 Universität für Bodenkultur, Institut für Pflanzenbau, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln

* Ansprechpartnerin: Magdalena BIEBER, DI, magdalena.bieber@students.boku.ac.at

Einsatz von regionalen Eiweißalternativen in Stickstoff-reduzierten Schweinemastrationen

Use of regional protein alternatives in nitrogen-reduced pig fattening systems

Reinhard Puntigam¹, Julia Slama², Stefan Hörtenhuber³,
Wolfgang Wetscherek⁴

Einleitung

Die rechtlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an die heimische Produktion tierischer Lebensmittel sind deutlich gestiegen. Mit der Supplementierung von kristallinen Aminosäuren über das Mineralfuttermittel kann eine deutliche Reduktion an Sojaextraktionsschrot (SES) und in Folge dessen die Minderung an Stickstoff-(N)-Ausscheidung und Ammoniak-(NH₃)-Emission in der Mastschweinefütterung vorangetrieben werden (Puntigam et al., 2023). Neben NH₃, kann mit der Reduktion an SES (Übersee), unter Substitution regionaler Eiweißfuttermittel, ebenfalls der CO₂-Fußabdruck verkleinert werden und damit ein wertvoller Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Darüber hinaus rückt die Nahrungsmittelkonkurrenz zwischen Teller und Trog zunehmend in den Fokus der gesellschaftlichen Diskussion. Während Wiederkäuer einen geringen potentiell human verwertbaren Anteil (human edible fraction, hef) an Futtermitteln in der Rationsgestaltung aufweisen, kann dieser Anteil bei Schweinen mit zwei Drittel bis drei Viertel beziffert werden (Wilkinson et al., 2010). Mit dem gesteigerten Einsatz von Grobfuttermitteln (z.B. Luzernefuttermitteln, hef = 0) und Nebenprodukten der Lebensmittelbe- und -verarbeitung, z.B. Weizenkleie (hef = 10%) kann die Nahrungsmittelkonkurrenz deutlich gemindert werden (Ertl et al., 2015). Das Ziel der vorliegenden Fütterungsstudie bestand darin, den Anteil an SES in stark N-reduzierten Schweinemastrationen durch heimischen Sojakuchen zu substituieren und den human verwertbaren Anteil durch den Einsatz von Weizenkleie und Luzernefuttermittel zu mindern.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der LFS Hatzendorf (AT) mit 72 Tieren (Pietrain x Edelschwein) durchgeführt. Diese wurden anhand ihrer Lebendmasse ($32,93 \pm 0,21$ kg LM), des Geschlechts sowie des Wurfs den 3 Futtergruppen (FG) zugeteilt. Je FG standen 2 strohlose Boxen mit je 12 Tieren zur Verfügung (24 Tiere je FG). Zur Rationskalkulation (Zifo2, LfL) wurden die Einzelfuttermittel vorab mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS, Evonik Operations GmbH, Animal Nutrition, DE) auf den Gehalt an Nährstoffen untersucht. Die Rationsgestaltung gliederte sich in 3 Fütterungsphasen (VM: 30-65 kg, MM: 65-95 kg und EM: 95-118 kg LM) und das Futter wurde in mehligem Form *ad libitum* angeboten. Die Rationen wurden iso-nitrogen und iso-kalorisch nach den Vorgaben der GfE (2006) kalkuliert, wobei der Gehalt an Rohprotein in der mittleren Mastmischung ca. 135 g/kg Trockenfutter (88 % TM) betrug. In der Kontrollgruppe fanden neben Maisganzkornsilage Getreide und SES Einsatz. In den verbleibenden Futtergruppen wurde SES teilweise bis nahezu gänzlich durch regionalen Sojakuchen ersetzt, währenddessen gesteigerte Mengen an Weizenkleie bzw. Luzernefuttermittel verwendet wurden. Die Daten zur Mastleistung inkludierten die Erfassung des Futterverbrauchs und -aufwandes (je Box) sowie der tierindividuellen täglichen Zunahmen durch Wiegen. Die Schlachtleistung wurde ebenfalls tierindividuell ermittelt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.4 (Prozedur GLM). Die Kalkulation der N -Ausscheidung wurde umgesetzt mittels Massenbilanzierung nach den Vorgaben der DLG 199 (2014) dargestellt im DLG-Merkblatt 418 (DLG, 2019).

Tabelle 1: Rationszusammensetzung (in FM, %) und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88 % TM)

| | Futtergruppe | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|-------|-------|-------------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | Kontrolle | | | Weizenkleie | | | Luzerne | | |
| | VM | MM | EM | VM | MM | EM | VM | MM | EM |
| Maisganzkornsilage | 55,9 | 56,0 | 65,0 | 59,0 | 69,0 | 65,0 | 71,8 | 73,0 | 65,0 |
| Sojaextr.-schrot, 45 % XP | 15,6 | 11,2 | 7,5 | 5,0 | 3,0 | 7,0 | | 2,0 | 4,5 |
| Sojakuchen | | | | 10,0 | 7,0 | | 13,7 | 7,5 | 2,0 |
| Weizen | 15,0 | 15,8 | 0,0 | 10,0 | 8,0 | 17,0 | 4,5 | 7,5 | 18,5 |
| Gerste | 9,0 | 12,5 | 23 | 9,0 | 4,0 | | | | |
| Fasermix, 30% XF | 1,5 | 1,5 | 1,5 | | | | | | |
| Weizenkleie | | | | 4,0 | 6,0 | 8,0 | | | |
| Luzernefuttermittel | | | | | | | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Mineralfutter | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Energie, MJ ME | 13,51 | 13,50 | 13,45 | 13,50 | 13,50 | 13,35 | 13,43 | 13,41 | 13,32 |
| Rohprotein, g | 155 | 137 | 118 | 157 | 134 | 122 | 152 | 132 | 122 |
| Polyenfettsäuren, g | 15 | 15 | 15 | 19 | 19 | 17 | 20 | 18 | 16 |
| Lysin, g | 10,99 | 9,83 | 8,92 | 11,17 | 9,80 | 8,84 | 11,23 | 9,93 | 8,98 |
| dvd Lysin, g | 9,87 | 8,83 | 8,02 | 9,91 | 8,81 | 8,05 | 9,91 | 8,86 | 8,04 |
| Lysin/MJ ME, 1 : ... | 0,81 | 0,73 | 0,66 | 0,83 | 0,73 | 0,66 | 0,84 | 0,74 | 0,67 |

Mineralfutter (Garant-Tiernahrung GmbH, AT): 12,0 % Lysin; 4,0 % Methionin; 4,2 % Threonin; 0,80 % Tryptophan; 1,20 % Valin.

Ergebnisse

Tabelle 2 und 3 zeigen die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung. Trotz mittlerem Gehalt an Rohprotein von ca. 135 g / kg TF (sehr stark N-reduziert: 144 g/kg TF, DLG 418, 2019) konnte bei den Tageszunahmen, sowie beim Futteraufwand zwischen den FG kein Unterschied nachgewiesen werden ($p > 0,05$). Tiere der Kontrollgruppe verbrauchten über den gesamten Versuchszeitraum die geringste Menge an Futtermittel, gefolgt von der Weizenkleie- und Luzernegruppe ($p < 0,05$). Demgegenüber konnte beim Gesamtverbrauch an umsetzbarer Energie- bzw. der Energieverwertung kein Unterschied zwischen den FG nachgewiesen werden. Dieser Umstand mag darin begründet sein, dass durch den gesteigerten Anteil an Weizenkleie und Luzernefuttermittel der Gehalt an umsetzbarer Energie verringert war (Pichler et al., 2022). Auch bei den Schlachtleistungen konnte zwischen den Versuchsgruppen kein Unterschied nachgewiesen werden ($p > 0,05$) obwohl der Gehalt an Rohprotein deutlich reduziert- und SES deutlich durch Sojakuchen substituiert wurde. Während in der Kontrollgruppe je Tier ca. 36 kg SES (TF) Anwendung fanden, verzehrten die Tiere der Weizenkleiegruppe zwei Drittel weniger (ca. 11 kg SES) und jene der Luzernegruppe nahezu keinen SES (ca. 2 kg SES). Die bestmögliche Einschätzung der Verarbeitungsqualität, sowie jene des Nährstoffliefervermögens des Sojakuchens im Zuge der Rationsgestaltung nehmen in Hinblick auf den Leistungserhalt eine bedeutsame Rolle ein. Aus praktischen Untersuchungen sind deutliche Schwankungen zwischen Herstellern von Sojakuchen bekannt (Puntigam et al., 2023), die Einschätzung mittels NIRS kann hierzu einen wertvollen Beitrag leisten.

Tabelle 2: Ergebnisse der Mastleistung über den gesamten Versuchszeitraum

| Parameter | Futtergruppe | | | SEM | FG | p-Wert | |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|---------|----------|
| | Kontrolle | Weizenkleie | Luzerne | | | Sex | FG x Sex |
| LM zu Versuchsbeginn, kg | 33,1 | 32,7 | 33,0 | 0,36 | 0,911 | 0,044 | 0,844 |
| LM zu Versuchsende, kg | 118,1 | 119,5 | 118,3 | 0,57 | 0,521 | 0,001 | 0,476 |
| Tageszunahme, g/Tag | 946 | 949 | 957 | 11,96 | 0,905 | <0,001 | 0,210 |
| Futteraufwand, kg/kg | 3,00 | 3,03 | 3,05 | 0,04 | 0,847 | <0,001 | 0,223 |
| Futterverbrauch, kg/Tag | 2,80 ^c | 2,85 ^b | 2,88 ^a | 0,01 | <0,001 | 0,026 | 0,906 |
| ME je Tier, MJ | 3.424 | 3.523 | 3.475 | 41,99 | 0,561 | < 0,001 | 0,388 |
| ME je kg Zuwachs, MJ/kg | 40,42 | 40,73 | 40,82 | 0,58 | 0,943 | < 0,001 | 0,229 |

Tabelle 3: Ergebnisse der Schlachtleistung

| Parameter | Futtergruppe | | | SEM | FG | p-Wert | |
|---------------------|--------------|-------------|---------|-------|-------|--------|----------|
| | Kontrolle | Weizenkleie | Luzerne | | | Sex | FG x Sex |
| Schlachtgewicht, kg | 94,8 | 95,8 | 94,1 | 0,475 | 0,321 | 0,005 | 0,784 |
| Ausschlachtung, % | 80,2 | 80,1 | 79,5 | 0,169 | 0,192 | 0,48 | 0,573 |
| Muskelfl.-anteil, % | 59,3 | 59,6 | 59,6 | 0,314 | 0,930 | 0,001 | 0,588 |
| Fleischmaß, mm | 77,6 | 79,2 | 79,1 | 0,691 | 0,598 | 0,206 | 0,956 |
| Speckmaß, mm | 15,5 | 15,7 | 15,8 | 0,467 | 0,957 | <0,001 | 0,272 |

Speziell durch die Reduktion an SES gewinnt der Einsatz an Getreide, vor allem Weizen, deutlich an Relevanz (Puntigam et al., 2024). Der Einsatz von Sojakuchen erlaubt auf Grund seiner hohen Energiedichte die Anwendung hoher Rationsanteile von Futtermitteln mit gesteigertem Fasergehalt. Mit dem Einsatz an Weizenkleie stieg im dargestellten Fütterungsversuch der Anteil an Maisganzkornsilage je Mastschwein leicht an (+ 15 %) währenddessen der Anteil an Weizen und Gerste ca. um ein Drittel bzw. ein Viertel abnahm (Tabelle 4). In der Luzernegruppen konnte der Anteil an Weizen nochmals drastisch reduziert und jener von Gerste vermieden werden. Damit kann ein hoher Anteil an regional produziertem Mais unter reduziertem Anteil an Getreidefuttermittel Anwendung finden.

Tabelle 4: Verbrauch an Einzelfuttermittel in der gesamten Mast, in kg je Tier (TF, 88 % TM)

| Futtermittel | Futtergruppe | | |
|---------------------------|--------------|-------------|---------|
| | Kontrolle | Weizenkleie | Luzerne |
| Maisganzkornsilage | 142,1 | 163,5 | 187,6 |
| Sojaextr.-schrot, 45 % XP | 35,9 | 11,3 | 1,8 |
| Sojakuchen | 0 | 23,6 | 30,0 |
| Weizen | 38,8 | 24,5 | 14,4 |
| Gerste | 25,8 | 19,2 | 0 |
| Fasermix | 3,8 | 0 | 0 |
| Weizenkleie | 0 | 12,3 | 0 |
| Luzernefuttermittel | 0 | 0 | 18,2 |
| Mineralfuttermittel | 7,6 | 7,9 | 7,8 |
| Gesamt | 254 | 262 | 260 |

Tabelle 5: Kalkulierte N-Ausscheidung je Mastschwein und Fütterungsphase, g

| Parameter | Futtergruppe | | | SEM | FG |
|------------|--------------|-------------|---------|-------|-------|
| | Kontrolle | Weizenkleie | Luzerne | | |
| Vormast | 984 | 993 | 988 | 13,21 | 0,951 |
| Mittelmast | 1.075 | 1.124 | 1.092 | 13,12 | 0,213 |
| Endmast | 1.150 | 1.258 | 1.216 | 45,35 | 0,565 |
| Gesamt | 3.209 | 3.375 | 3.296 | 62,98 | 0,464 |

In Tabelle 5 werden die Ergebnisse der N-Ausscheidung auf Basis der kalkulierten Rohproteingehalten in den Futtermischungen veranschaulicht. Mit ca. 135 g Rohprotein im mittleren Mastfutter konnten die N-Ausscheidungen auf ca. 3,3 kg je Mastschwein reduziert werden, die Futtergruppen unterschieden sich dabei nicht ($p > 0,05$). In vorangegangenen Schweinemastversuchen (Puntigam et al., 2024) resultierte die Standardfütterung mit einem mittleren Gehalt an Rohprotein von 159 g/kg TF (ca. 53 kg SES je Mastschwein) in einer Ausscheidung von ca. 4,1 kg N. Somit konnte im Vergleich zu diesem Fütterungsversuch die N-Ausscheidung um ca. 20 % reduziert werden. Unterstellt man je 10 g Rohproteinreduktion eine NH_3 -Emissionsminderung von 11% (Saajev et al., 2018), lässt sich daraus eine NH_3 -Minderung von mehr als 26 % nachweisen (159 zu 135, g XP).

Schlussfolgerung

Mit diesem und vorangegangenen Versuchen kann nachgewiesen werden, dass unter adäquater Supplementierung kristalliner Aminosäuren der Anteil an SES deutlich reduziert werden kann. Darüber hinaus belegen die Ergebnisse, dass die Substitution des verbleibenden SES mittels regionalem Sojakuchen und Futtermitteln mit geringer humanernährerischer Konkurrenz keine Leistungsminderung nach sich zieht, währenddessen ein wertvoller Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz unter Steigerung der Reputation der heimischen Schweinefütterung geleistet werden kann.

Danksagung

Dieser Artikel wurde im Rahmen der „Modellregion Bioökonomie & Kreislaufwirtschaft im Steirischen Vulkanland“ erstellt und mit den Mitteln des österreichischen Klima- und Energiefonds dankenswerterweise gefördert.

Adressen der Autoren

¹Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Tierernährung, Bonn

²Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Universität Rostock

³Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien

⁴Universität für Bodenkultur Wien

Literatur

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2019). Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen: DLG-Merkblatt 418. 4. überarbeitete Auflage. Frankfurt am Main: DLGe. V.16 p. German.

DLG. (2019). Merkblatt 418, Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Ertl P., Klocker H., Hortenhuber S., Knaus W., Zollitsch W. (2015). The net contribution of dairy production to human food supply: The case of austrian dairy farms. *Agric. Syst.*, 137, 119–125.

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2006). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt am Main (Germany): DLG-Verlag; 247 p. German.

Pichler J, Hemetsberger F, Buchberger M, Schwarz C, Schedle K. (2022). Effect of different dietary fibre sources on the zootechnical performance, feeding behaviour and intestinal physiology of growing and finishing pigs. *Czech Journal of Animal Science*. 67(1):15-26. doi:<https://doi.org/10.17221/126/2021-CJAS>.

Puntigam R., Slama J., Hörtenhuber S. (2024). Reduktion an Sojaextraktionsschrot in der Schweinemast: Effekt auf Leistung sowie Umweltparameter. In: Eigenverlag: Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie: 22. Boku Symposium Tierernährung: Nutztiere in Nährstoffkreisläufen: Ernährungsphysiologie und Umwelt im Dialog. - ISBN 978-3-900397-12-8, S. 138 - 141.

Puntigam R., Slama J., Rittler L., Wetscherek W. (2023). Die Variabilität in der Verarbeitungsqualität sowie im Nährstoffgehalt von Sojafuttermitteln: Das Tool NIRS-Analytik. One Step Ahead-einen Schritt voraus! Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick (CH), 7. bis 10. März 2023.

Sajeev E. P. M., Amon B., Ammon C., Zollitsch W., Winiwarter W. (2018): Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 110(1):161-175.

Wilkinson J.M. (2011). Redefining efficiency of feed use by livestock. *Animal*, 5, 1014–1022.

Reduktion an Sojaextraktionsschrot in der Schweinemast: Effekt auf Leistung sowie ausgewählte Umweltparameter

Reduction of soybean meal in pig fattening: Effect on performance and environmental parameters

Reinhard Puntigam¹, Julia Slama², Stefan Hörtenhuber³,
Wolfgang Wetscherek⁴

Einleitung

Mit dem gesteigerten Einsatz von kristallinen Aminosäuren über das Mineralfuttermittel kann eine deutliche Reduktion an Sojaextraktionsschrot (SES) in der Rationsgestaltung von Schweinen vorangetrieben werden. Damit wird es ermöglicht, sowohl ökologischen bzw. rechtlichen (Ammoniak, NH₃, Versauerung, Nitrat, etc.), ökonomischen wie auch sozialpolitischen Anforderungen (z.B. CO₂-Fußabdruck, Carbon Footprint) im Zuge der tierischen Veredelung gerecht zu werden. Demgegenüber besteht in der Beratung und Praxis oftmals die Befürchtung der verminderten Mast- und Schlachtleistung auf Grund einer gesteigerten Rohproteinreduktion in der Rationsgestaltung. Somit wurde als Ziel vorliegender Studie formuliert, SES unter adäquater Supplementierung kristalliner Aminosäuren in der Rationsgestaltung zu reduzieren und Auswirkungen auf die Leistung von Mastschweinen, sowie ökologischen und ökonomischen Parametern zu evaluieren.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der LFS Hatzendorf (AT) mit 72 Tieren (Pietrain x Edelschwein) durchgeführt. Diese wurden anhand der Lebendmasse ($36,3 \pm 0,51$ kg LM), des Geschlechts (weibl. $35,7 \pm 0,78$ kg; kastr. $36,9 \pm 0,67$ kg) sowie des Wurfs den 3 Futtergruppen (FG) zugeteilt. Je FG standen 2 strohlose Boxen mit je 12 Tieren zur Verfügung (24 Tiere je FG). Zur Rationskalkulation (Zifo2, LfL) wurden die Einzelfuttermittel vorab mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS, Evonik Operations GmbH, Animal Nutrition, DE) auf den Gehalt an Nährstoffen untersucht. Für die FG 1 wurde ein Gehalt an Rohprotein in der mittleren Mastmischung von 159 g kalkuliert (8er Lysin), während dieser in der FG 2 (150 g/kg) und FG 3 (143 g/kg) unter Einsatz verbesserter Mineralfuttermittel (10er und 12er Lysin) deutlich reduziert wurde (Tabelle 1). Die Rationskalkulation orientierte sich an den Vorgaben der DLG (Merkblatt 418, 2019). Die Mineralfutter (Garant-Tiernahrung GmbH, AT) unterschieden sich nicht im Gehalt an den weiteren Mengen und Spurenelementen, sowie Zusatzstoffen. Die Rationsgestaltung gliederte sich in 2 (FG 1; 30-65 und 65-118 kg LM) bzw. 3 (FG 2 und 3; 30-65, 65-90 und 90-118 kg LM) Fütterungsphasen und das Futter wurde in mehligem Form ad libitum angeboten. Die Daten zur Mastleistung inkludierten die Erfassung des Futtermittelverbrauchs und -aufwandes (je Box) sowie der tierindividuellen täglichen Zunahmen durch Wiegen zur Ein- und Ausstallung sowie bei jedem Futterwechsel. Die Schlachtleistung wurde ebenfalls tierindividuell ermittelt. Die Versuchsfuttermischungen wurden nach den Vorgaben der VDLUFA (2012) analysiert und der Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) nach GfE (2008) kalkuliert. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.4 (Prozedur GLM). Die Kalkulation der N -Ausscheidung erfolgte mittels Massenbilanzierung nach den Vorgaben der DLG 199 (2014) dargestellt im DLG-Merkblatt 418 (DLG, 2019). Der Erlös pro Mastschwein sowie die Kosten je Einzelfuttermittel wurden zum Zeitpunkt der Schlachtung festgesetzt.

Für die Treibhausgasemissionen bzw. den Carbon Footprint (CF) in kg CO₂-eq je kg Futter wurden Daten aus der Applikation Feedprint (<http://webapplicaties.wur.nl/software/feedprintNL/index.asp>) verwendet, für Ergänzungsfutter Daten aus Agri-Footprint (Durlinger et al., 2017) und Agribalyse (Koch und Salou, 2015).

Tabelle 1: Rationszusammensetzung und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88 % TM)

| Zusammensetzung | 8er Lysin | | | 10er Lysin | | | 12er Lysin | | |
|--|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|--|
| | VM | MM/EM | VM | MM | EM | VM | MM | EM | |
| Mais-Ganzkornsilage, % | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| Gerste, % | 5,0 | 6,0 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 5,5 | |
| Körnerhirse, % | 9,0 | 12 | 7,0 | 11 | 12,5 | 7,0 | 11 | 14 | |
| Weizen, % | 7,0 | 7,0 | 13,5 | 13 | 13,5 | 14 | 13,5 | 14 | |
| Sojaextraktionsschrot, 44% RP | 24 | 20,5 | 22 | 18 | 14,5 | 19 | 15,5 | 12 | |
| Faserfuttermittel, % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Mineralfutter, % | 3,5 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | |
| Kalkulierte Nährstoffgehalte | | | | | | | | | |
| Energie, MJ ME/kg | 13,41 | 13,47 | 13,49 | 13,55 | 13,56 | 13,51 | 13,58 | 13,60 | |
| Rohprotein, g/kg | 167 | 155 | 164 | 150 | 138 | 157 | 143 | 131 | |
| Lysin, g/kg | 10,81 | 9,59 | 10,99 | 9,56 | 8,72 | 10,97 | 9,54 | 8,66 | |
| p.c.v. Lysin, g/kg | 9,63 | 8,50 | 9,85 | 8,55 | 7,79 | 9,90 | 8,58 | 7,81 | |
| Mittlere Mastmischung Rohprotein, g/kg | 159 | | | 150 | | | 143 | | |
| 8er Lysin: 8,0 % Lysin; 2,2 % Methionin; 2,0 % Threonin; 10er Lysin: 10,0 % Lysin; 3,2 % Methionin; 3,2 % Threonin; 0,50 % Tryptophan; 12er Lysin: 12,0 % Lysin; 4,0 % Methionin; 4,2 % Threonin; 0,80 % Tryptophan; 1,20 % Valin; VM. | | | | | | | | | |

Ergebnisse

In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der analysierten Gehalte ausgewählter Nährstoffe dargestellt. Es kann eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden.

Tabelle 2: Gehalt an Nährstoffen der Versuchsfuttermischungen, kg TF (88 % TM)

| Parameter | 8er Lysin | | | 10er Lysin | | | 12er Lysin | | |
|-------------------|-----------|-------|------|------------|------|------|------------|------|--|
| | VM | MM/EM | VM | MM | EM | VM | MM | EM | |
| Frischmasse, g/kg | 757 | 749 | 755 | 755 | 757 | 761 | 753 | 760 | |
| Rohprotein, g/kg | 168 | 156 | 163 | 151 | 137 | 158 | 142 | 131 | |
| Energie, MJ ME/kg | 13,4 | 13,5 | 13,5 | 13,7 | 13,7 | 13,5 | 13,7 | 13,6 | |
| Kalzium, g/kg | 7,4 | 6,4 | 6,9 | 6,3 | 5,7 | 7,9 | 6,8 | 6,4 | |
| Phosphor, g/kg | 5,0 | 4,6 | 5,2 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,3 | 4,3 | |

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung. Trotz deutlicher Reduktion an SES pro Mastschwein (Tabelle 4; FG 1: 53 kg; FG 2: 44 kg; FG 3: 37 kg) konnte sowohl bei den Tageszunahmen wie auch beim Futterverbrauch und -aufwand zwischen den FG kein Unterschied festgestellt werden ($p > 0,05$). Ebenso unterschieden sich die FG bei den Schlachtleistungsmerkmalen nicht. Sowohl wissenschaftliche (Rocha et al., 2022) wie auch praktische (Puntigam et al., 2022) Ergebnisse aus der Schweinemast belegen, dass trotz deutlicher Reduktion an SES unter bedarfsgerechter Versorgung auf Basis verdaulicher Aminosäuren keine Einbußen im Hinblick auf die Mast- und Schlachtleistungen der Tiere zu erwarten sind. Wichtig hierzu eine bestmögliche nährstoffliche Charakterisierung der Einzelfuttermittel zur Rationskalkulation vorab. Speziell durch die Reduktion an SES gewinnt der Einsatz an Getreide, im speziellen Weizen, deutlich an Relevanz (Rodehutsord et al., 2016). Hinsichtlich der eingesetzten Mineralfuttermittel verdeutlichen weitere Studien, dass unter Einsatz weiterer freier Aminosäuren (Leucin und Isoleucin) zunehmende Reduktionen an SES vorangetrieben werden können, ohne die Leistung negativ zu beeinflussen (Puntigam et al., 2023; Krieg et al., 2022).

In Tabelle 4 werden die Ergebnisse der N-Ausscheidung auf Basis der analysierten RP-Gehalten in den Futtermischungen veranschaulicht. Mit dem gesteigerten Einsatz an kristallinen Aminosäuren konnte eine deutliche Reduktion an N-Ausscheidung im Vergleich zur FG 1 nachgewiesen werden ($p < 0,05$). Dieser Umstand resultierte in einer Minderung über den gesamten Versuchszeitraum von 10 % bzw. 17 % im Vergleich zur FG 1. Ähnliche Versuche unterstreichen das Einsparungspotential von SES und die hieraus minimierten N-Ausscheidungen ab ca. 65 kg LM (Krieg et al., 2022). Zusätzlich konnten sowohl ökonomische wie auch ökologische Vorteile in Bezug auf die Futterkosten sowie dem CO₂-Fußabdruck der angewendeten Futtermengen je Mastschwein nachgewiesen werden (Tabelle 5). Während zwischen den FG kein Unterschied der Erlöse pro Mastschwein auftrat, sanken die Futterkosten

um 3,6 (FG 2) und 5,5 (FG 3) Euro pro Mastschwein. Der CO₂-Fußabdruck der Futterration konnte ebenfalls um 12 % bzw. 20 % im Vergleich zur FG 1 reduziert werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung über den gesamten Versuchszeitraum

| Parameter | Futtergruppe | | | SEM | FG | p-Wert | |
|--------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|
| | 8er | 10er | 12er | | | Sex | FG x Sex |
| LM zu Versuchsbeginn, kg | 36,3 | 36,0 | 36,7 | 0,514 | 0,861 | 0,258 | 0,766 |
| Schlachtgewicht, kg | 120,5 | 122,0 | 121,9 | 0,683 | 0,570 | 0,010 | 0,333 |
| Tageszunahme, g/Tag | 1000 | 1027 | 1016 | 10,12 | 0,520 | 0,009 | 0,380 |
| Futteraufwand, kg/kg | 2,92 | 2,88 | 2,89 | 0,030 | 0,817 | 0,011 | 0,395 |
| Futterverbrauch, kg/Tag | 2,90 | 2,93 | 2,92 | 0,011 | 0,477 | 0,823 | 0,981 |
| Schlachtgewicht, kg | 96,5 | 97,8 | 97,4 | 0,553 | 0,608 | 0,037 | 0,370 |
| Muskelfleischanteil, % | 59,6 | 59,8 | 58,7 | 0,257 | 0,110 | <0,0001 | 0,155 |

Tabelle 4: Kalkulierte N-Ausscheidung je Mastschwein und Fütterungsphase, g

| Parameter | Futtergruppe | | | SEM | FG | p-Wert | |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|--------|----------|
| | 8er | 10er | 12er | | | Sex | FG x Sex |
| VM | 1.053 ^a | 1.018 ^a | 959 ^b | 9,31 | <0,0001 | 0,114 | 0,433 |
| MM | 1.443 ^a | 1.371 ^b | 1.252 ^c | 16,70 | <0,0001 | 0,166 | 0,314 |
| EM | 1.600 ^a | 1.291 ^b | 1.198 ^b | 44,95 | <0,0001 | 0,105 | 0,951 |
| gesamt | 4.096 ^a | 3.680 ^b | 3.408 ^c | 61,51 | <0,0001 | 0,060 | 0,735 |

Tabelle 5: Kalkulierter Futterverbrauch und Carbon Footprint (CF) je Mastschwein, kg TF (88 % TM)

| | 8er | 10er | 12er |
|--|-------|-------|-------|
| Mais-Ganzkornsilage | 123 | 123 | 123 |
| Gerste | 14 | 9 | 13 |
| Körnerhirse | 27 | 26 | 27 |
| Weizen | 17 | 33 | 34 |
| Sojaextraktionsschrot, 44% RP | 53 | 44 | 37 |
| Faserfuttermittel | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| Mineralfutter | 7,7 | 7,7 | 7,7 |
| Gesamtfutteraufnahme, kg/MS | 245,4 | 246,8 | 245,7 |
| CF (kg CO ₂ -eq) / Mastschwein aus Futter | 216 | 192 | 174 |

CF, Carbon Footprint; CF (kg CO₂-eq) / kg Futter nach Feedprint (<http://webapplicaties.wur.nl/software/feedprintNL/index.asp>): Mais-Ganzkornsilage: 0.214; Gerste: 0.284; Körnerhirse (Mittelwert aus Mais-Ganzkornsilage und Gerste) 0.249; Weizen: 0.250; Sojaextraktionsschrot: 3.124; Faserfuttermittel: 0.196; Mineralfutter nach Agri-Footprint (Durlinger et al., 2017) und Agribalyse (Koch und Salou, 2015)

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass trotz deutlicher Reduktion an SES pro Mastschwein (FG 1: 53 kg; FG 2: 44 kg, FG 3: 37 kg) keine Unterschiede bei Tageszunahmen, Futterverbrauch und -aufwand sowie der Schlachtleistungsmerkmale resultieren. Demgegenüber konnte mit dem adäquaten Einsatz an kristallinen Aminosäuren eine deutliche Reduktion an N-Ausscheidung und demzufolge NH₃-Emissionen nachgewiesen werden. Zusätzlich konnten Vorteile in Bezug auf die Futterkosten sowie dem CO₂-Fußabdruck ermittelt werden. Somit kann unter Beibehaltung hoher Leistungen ein bedeutsamer Beitrag der heimischen Schweineproduktion zum Umwelt- und Ressourcenschutz erbracht werden.

Danksagung

Dieser Artikel wurde im Rahmen der „Modellregion Bioökonomie & Kreislaufwirtschaft im Steirischen Vulkanland“ erstellt und mit den Mitteln des österreichischen Klima- und Energiefonds dankenswerterweise gefördert.

Adressen der Autoren

¹Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Tierernährung, Bonn

²Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Universität Rostock

³Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien

⁴Universität für Bodenkultur Wien

Literatur

- DLG. 2019. Merkblatt 418, Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG. 2014. Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Durlinger, B., Koukouna, E., Broekema, R., van Paassen, M., Scholten, J. 2017. Agri-Footprint 4.0 Part 2: Description of Data. Blonk Consultants. Retrieved on 19 March 2024 from <https://simapro.com/wp-content/uploads/2018/02/Agri-Footprint-4.0-Part-2-Description-of-data.pdf>
- GfE. 2008. Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. *Poc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 199-204.
- Koch, P., Salou, T. 2015. AGRIBALYSE®: Rapport Méthodologique – Version 1.2. In, p. 393. Version, Ed ADEME, Angers, France. Retrieved on 19 March 2024 from <https://nexus.openlca.org/ws/files/8455>.
- Krieg, J., Patzelt, S., Bütfering, L., Cielejeski, H., Feldmann, R. 2022. Proteinreduzierte Fütterung und gezielte Aminosäureergänzung in Mastschweinerationen ab 70 kg: Einfluss auf Leistung und Emissionen. In: Verband der Landwirtschaftskammern und DLG (Hg.): Futter und Fütterung im Wandel. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda, 03.-04.04.2022. Bad Sassendorf
- Puntigam, R., Brunlehner, E.-M., Kraft, J., Schneider, S. 2022. Das operative Rahmenziel – die praktische Umsetzung der nährstoffangepassten Mastschweinefütterung in Bayern. In: Verband der Landwirtschaftskammern und DLG (Hg.): Futter und Fütterung im Wandel. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda, 03.-04.04.2022. Bad Sassendorf
- Puntigam, R., Hörtenhuber, S. Weber, M. 2023. Gezielte Reduktion an Sojaextraktionsschrot in der Schweinemast - Eine win-win-Situation. 77. ALVA-Tagung, Linz, Oberösterreich.
- Rocha, G. C., Duarte, M. E., Kim, S. W. 2022. Advances, Implications, and Limitations of Low-Crude-Protein Diets in Pig Production. *Animals*, 12(24), 3478.
- Rodehutsord, M., Rückert, C., Maurer, H. P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K. E., Mosenthin, R. 2016. Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of Animal Nutrition*, 70(2), 87-107.
- VDLUFA. 2012. Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt: VDLUFA-Verlag.

