



JAHRESBERICHT 2022 | 2023

Institut für Zuckerrübenforschung





JAHRESBERICHT 2022 | 2023

Institut für Zuckerrübenforschung

INHALT

Vorwort	7
Berichte aus der Forschung	8
Differenzierung von Erregern und Infektionsverlauf bei SBR-assoziierten Bakteriosen	9
Ober- und unterirdische Phänotypisierung von SBR.....	12
Einsatz resistenter Sorten zur Bekämpfung von <i>Cercospora beticola</i>	15
EntoProg – Entwicklung digitaler Prognosemodelle und Entscheidungshilfen für Schadinsekten	17
Rezessive Resistenz gegenüber Poleroviren.....	19
RNA-Spray als nachhaltige Bekämpfungsstrategie gegen die Viröse Vergilbung.....	22
Können Blühstreifen die Blattlauskontrolle unterstützen?	25
Wie präzise ist die Reihenanwendung von Pflanzenschutzmitteln mit einer Feldspritze?.....	28
Rapsweizen vs. Weizenselbstfolge – was verursacht den Ertragsunterschied?.....	31
Optimierung der N-Düngung von Zuckerrüben nach Zwischenfruchtanbau.....	34
Welchen Einfluss hat erhöhte CO ₂ -Konzentration auf den Rübenertrag?.....	36
Multi-angulare, multispektrale Luftaufnahmen zur Untersuchung spektraler Signaturen im Pathosystem Zuckerrübe – Cercospora-Blattfleckenkrankheit.....	38
Einblicke in die Genomeditierung in Zuckerrüben	41
Koordinierungsausschuss am IfZ und koordinierte Versuche	44
Der Koordinierungsausschuss und seine Arbeitskreise	45
Reform des integrierten Sortenprüfsystems bei Zuckerrüben	46
Sortenversuche mit SBR-Befall – ein neuer Baustein des integrierten Prüfsystems	48
Bedeutung verschiedener blattaktiver Wirkstoffe für die Unkrautkontrolle in Zuckerrüben – Ergebnisse aus dem Ringversuch Herbizide	50
Schlaglichter aus dem IfZ	52
Generationswechsel am IfZ - Abschied und Beginn.....	53
Erfahrungsbericht einer autonomen Unkrautkontrolle per Roboter und digitaler Technologien	55
Neue Rübenwäsche am IfZ	58
3D-druckbares Zuckerrübenmodell für die Pflanzenforschung.....	59
Öffentlichkeitsarbeit	60
Ausgezeichnet	62
Lehre am IfZ	63
Publikationen aus dem IfZ	64
Kennzahlen zum Zuckerrübenanbau in Deutschland	78
Anhang	84
Gremien	85
Koordinierte Versuchsvorhaben	88
Arbeitsgebiete des IfZ.....	89



Institut für
Zuckerrübenforschung

Das Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) an der Universität Göttingen ist die zentrale bundesweite Forschungseinrichtung zur Entwicklung und Förderung von Innovationen für den Zuckerrübenanbau. Wir forschen zu relevanten Fragestellungen in den Abteilungen Anbausysteme und Ertragsbildung, Pflanzenbau, Phytomedizin, Sensorik & Datenanalyse, Systemanalyse und Koordination. Unsere Forschung ist breit aufgestellt und adressiert Fragen der Grundlagenforschung, der anwendungsorientierten Forschung, der Systembetrachtung und der technischen Forschung. Die thematische Breite bei tiefgehender Detailbetrachtung ist immer eine Herausforderung und nur aufgrund der umfassenden Expertise und dem Engagement unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Kooperation mit unterschiedlichen Forschungspartnern möglich. Wir sind überzeugt, dass wir durch einen interdisziplinären Weg erfolgreich Lösungen für die landwirtschaftliche Praxis und wissenschaftliche Erfolge erzielen können.

Mit Unterstützung unseres Trägervereines, dem Verein der Zuckerindustrie, konnten wir in den Jahren 2022 und 2023 wichtige Infrastrukturmaßnahmen zur Modernisierung und Weiterentwicklung unseres Instituts umsetzen. Zentrales Thema war hierbei die erfolgreiche Erneuerung der Rübenwäsche. Es galt ein passendes Konzept für die neue Rübenwaschanlage zu konkretisieren und darauf abgestimmte Sanierungsarbeiten am Gebäude zu planen. Dies war kein einfaches Unterfangen mit der ein oder anderen Überraschung während der Umsetzung. Gemeinsam mit verschiedenen Partnern wie einem Industrieplanungsbüro, einem Maschinenbauunternehmen und einer Firma für Automatisierungstechnik konnten wir das Projekt erfolgreich umsetzen und im Herbst 2023 zufrieden mit neuer Technik und in sanierten Räumen in die Kampagne starten. Im Jahr 2023 startete nach eingehender Planungsphase der Bau eines Multifunktionsgebäudes. Es entstehen barrierefreie Büros, Sanitär- und IT-Räume und ein ausreichend großer Pausenraum als Treffpunkt für unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Wir freuen uns auf den Bezug dieses Gebäude Ende 2024.

Unser IfZ für die Zukunft gut aufzustellen ist nicht nur eine Frage der wissenschaftlichen Exzellenz und moderner Anlagen, sondern auch eine organisatorische Herausforderung. Daher möchte ich an dieser Stelle auch einmal den Mitarbeiterkreis besonders hervorheben, der sonst eher im Hintergrund dafür sorgt, dass alle gute Arbeitsbedingungen haben – die Institutsverwaltung sowie die zentralen und technischen Dienste. Ihnen gelten ein besonderer Dank und höchste Wertschätzung aller Kolleginnen und Kollegen und vieler externer Partner. Ohne ihre

Tätigkeit und Zuverlässigkeit wäre Forschung zu den dringlichen Themen nicht möglich.

Und diese dringlichen Themen waren vielfältig. Sie fokussierten sich in den Jahren 2022 und 2023 u.a. auf die Schwerpunkte Integrierter Pflanzenschutz, nachhaltige Anbausysteme und Digitalisierung. Seit 2019 beschäftigen wir uns umfassend in Projekten mit dem Syndrome Basses Richesses (SBR): es gilt, das Wirt-Vektor-Pathogensystem besser zu verstehen, sowie Managementstrategien und züchterische Ansätze zu entwickeln. Daher ist es auch wichtig, dass wir im integrierten Prüfwesen gemeinsam mit den beteiligten Akteuren einen Sortenversuch SBR (SV-SBR) etabliert haben, aus dem nun erstmalig mehrjährige Daten für die Beratung vorliegen. In der Forschung zu Blattläusen und viröser Vergilbung konnten wichtige Erfolge erzielt werden. Die Möglichkeiten und Grenzen von Blühstreifen zur Nützlingsförderung sowie Populationsdynamiken zur Ableitung von Prognosemodellen der Blattlausinzidenz wurden untersucht und Ansätze pflanzlicher Resistenz oder RNA-Spray als innovatives Kontrollverfahren entwickelt. Weitere Schwerpunkte waren der Einsatz resistenter Sorten zur Kontrolle der Cercospora Blattfleckenkrankheit sowie der Einsatz von Drohnentechnologie zur Detektion des Befallsverlaufes. Themen im Bereich Unkrautkontrolle waren u.a. die Reihenanwendung und das Spotspraying von Herbiziden sowie die Testung von aktuellen Entwicklungen im Bereich Robotik. Im agronomischen Bereich wurden Fruchtfolgeeffekte und die Bedeutung der Wurzelentwicklung untersucht, außerdem Fragen zur N-Düngung und Auswirkungen einer Steigerung der CO₂-Konzentration als Folge des Klimawandels. Aktuelle Zahlen aus der Betriebsbefragung geben einen wichtigen Überblick über aktuelle Bewirtschaftungssysteme und Trends im Zuckerrübenanbau, eine wichtige Informationsquelle für die Forschung und im gesellschaftlichen und politischen Kontext.

Informieren Sie sich in unserem aktuellen Jahresbericht zu diesen Themen, weiteren Schwerpunkten und Ereignissen aus dem IfZ. Darüber hinaus bietet unsere neue Homepage eine Übersicht über aktuell laufende Projekte und Themen. Schauen sie gerne „vorbei“ unter www.ifz-goettingen.de. Dort können Sie sich in neuer Struktur und neuem Design umfassend über unsere Forschung und Tätigkeiten sowie das Team IfZ informieren.

Ihre
Anne-Katrin Mahlein

Göttingen, Juli 2024

BERICHTE AUS DER FORSCHUNG



Differenzierung von Erregern und Infektionsverlauf bei SBR-assoziierten Bakteriosen

Das „Syndrome des basses Richesses“ (SBR), verursacht durch Zikaden-übertragene bakterielle Erreger, gefährdet den Zuckerrübenanbau in Deutschland und Europa mit erheblichen wirtschaftlich bedrohlichen Verlusten. Ziele des SBRInf-Projektes sind die Schließung von Wissenslücken zu den bakteriellen Erregern und dem Infektionsverlauf. Intensive Monitoringaktivitäten gefolgt von genetischen Analysen sollen eine genetische Differenzierung der Erreger ermöglichen. Weiterhin soll ein standardisiertes Infektionsassay zur Bestimmung des Infektionsverlaufs im Rahmen von Transkriptomstudien und zum Nachweis von Resistenzeigenschaften entwickelt werden. Dies stellt wichtiges Basiswissen für Züchtungsprogramme dar.

Die Krankheit hat ihren Ursprung in Frankreich, wo sie in den 1990er Jahren in der Region Burgund zuerst auftrat, und dort auf bis zu 1500 Hektar zu Ertragsverlusten führte, die einen wirtschaftlichen Anbau unmöglich machten. Die Erkrankung wird durch das γ -Proteobakterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*' (ARSEPH) verursacht. Als Hauptüberträger der phloemlimitierten Bakterien gilt die Schilf-Glasflügelzikade (*Pentastiridius leporinus*). In Südosteuropa sind zudem auch Phytoplasmosen für bereits bedeutende Ertragseinbußen verantwortlich (besonders '*Candidatus Phytoplasma solani*', PHYPSO). In Deutschland traten sie bisher nur sporadisch auf, dominieren jedoch bereits bei den Bakteriosen in bestimmten Anbauregionen. Die SBR-Krankheit führt zur Reduktion des Zuckergehaltes (bis zu 5 % absolut) sowie des Frischmasseertrages (bis zu 25 %) und damit zu wirtschaftlich desaströsen Ertragseinbußen von bis zu 50 %. Die SBR-Symptome umfassen Chlorosen und Nekrosen an den älteren Blättern, Asymmetrien am Blattneuaustrieb (Abb. 1), sowie Nekrosen in den Leitbündeln des Rübenkörpers. Im Züchtungsmaterial existieren Toleranzeigenschaften, die den Ertragsverlust teilweise kompensieren, bisher jedoch nur gegen ARSEPH (Abb. 2).

In natürlichen Habitaten besiedelt *P. leporinus* Schilfgras, weitere alternative Wirte sind bisher unbekannt. Die Zikade hat ihren Lebenszyklus mit Wirtswechsel an die landwirtschaftliche Kulturfolge aus Zuckerrüben und Winterweizen angepasst. Die Nymphen schlüpfen unterirdisch an Zuckerrüben (Abb. 3) und entwickeln sich unter dem nachfolgenden Weizen zu geflügelten Adulten weiter (Abb. 4). Diese besiedeln die Zuckerrüben und infizieren sie bei



Abb. 1. SBR-Blattsymptome wie Vergilbung, Nekrosen und asymmetrisches Wachstum unter Gewächshausbedingungen.



Abb. 2. Unterschiede der SBR-Symptomausprägung zwischen verschiedenen Genotypen, unter natürlicher Infektion im Feld.

Foto: H. Reineke (SESVanderHave)

der Saugaktivität. Die Eiablage erfolgt an Zuckerrübenwurzeln. Bei ARSEPH kann davon ausgegangen werden, dass es seinen Ursprung als fakultativer Endosymbiont in der Vektorzikade hat und erst sekundär ein Parasitismus als „lifestyle“ auftrat. Obligat biotrophe, nicht kultivierbare, zellwandtragende γ -Proteobakterien stellen unter den phytopathogenen Bakterien bisher noch eine seltene Gruppe und damit Ausnahmepathogene dar. In der Zuckerrübe wurden zudem in der Vergangenheit in verschiedenen europäischen Ländern (Serbien, Polen, Rumänien, Ungarn) Phytoplasmosen nachgewiesen. In jüngster Zeit häufen sich wieder Ausbrüche der „Rubbery taproot disease“ (RTD) in Südosteuropa, insbesondere in Serbien.

Das SBRInf-Projekt ist eine Kooperation zwischen dem IfZ, der Universität Hohenheim und der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPI). Über die GFPI sind die Züchtungsunternehmen KWS SAAT SE & Co. KGaA, DLF Beet Seed GmbH, SESVANDERHAVE und Strube D&S GmbH eingebunden.

Das Projekt dient dem Schließen grundlegender Wissenslücken zur Diversität der SBR- und Phytoplasmosen-verursachenden Stämme bei der Zuckerrübe und dem Infektionsverlauf. Zu diesem Zweck wird mit Hilfe von genetischen Markern die Diversität der Phytoplasma- und der γ -Proteobakterium-Stämme in unterschiedlichen Anbauregionen im Rahmen eines umfassenden Monitorings der Universität Hohenheim analysiert. Eine weitere Arbeitshypothese des Projektes ist, dass die, durch Umweltvariabilität und ungleichmäßiges Vektoraufreten relativ unzuverlässige, Prüfung von pflanzlichen Toleranz-/Resistenzeigenschaften ganzjährig durch einen Biotest mit Inokulation mit Vektorzikaden aus einer Zucht am IfZ ersetzt werden kann. Das zu entwickelnde Infektionsassay unter kontrollierten Umweltbedingungen zum Studium von genotypischer Variation bei Erregerbesiedlung und Wirtsreaktion soll durch Feldversuchsdaten der GFPI-Mitgliedsunternehmen abgesichert werden. Um den beteiligten Züchtungsunternehmen zukünftig die Identifikation von Resistenzfaktoren zu erleichtern, sollen über eine Transkriptomanalyse die Gene (und damit die biologischen Prozesse), die durch das Pathogen umprogrammiert werden, wie auch schnelle pflanzliche Abwehrreaktionen am IfZ identifiziert und validiert werden.



Abb. 3. *Pentastriidius leporinus* Nymphen (Larven-Stadium 2-3).



Abb. 4. *Pentastriidius leporinus* adultes Tier (weiblich).

Das Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-Vorhaben 22943 N) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektbearbeitung: Hossein Haghverdi, Omid Eini, Mark Varrelmann

Ober- und unterirdische Phänotypisierung von SBR

Das „Syndrome Basse Richesses“ (SBR) der Zuckerrübe, was wörtlich übersetzt das Symptom der geringen Zuckergehalte bedeutet, hat sich zu einem der bedeutendsten Probleme im deutschen Zuckerrübenanbau entwickelt.

Die enorme Dynamik in dem Pathosystem SBR zeigte sich im Jahr 2023, welches sich durch eine unerwartet erhöhte Präsenz des Erregers '*Candidatus Phytoplasma solani*' in Befallsgebieten in Süddeutschland und im Bereich der Elbaue auszeichnete. Die Veränderung der Erregerpräsenz führte zudem zu einer Veränderung der Symptomatik. Stark Phytoplasma-befallene Rüben weisen eine Erweichung der Rübenstruktur auf. Die erhöhte Präsenz dieses Erregers ist womöglich auch auf den enormen Anstieg der Schilf-Glasflügelzikaden (*Pentastirdius leporinus*)-Population zurückzuführen. In der Spitze wurde in den Befallsgebieten von mehr als einer Million Tiere pro Hektar berichtet. Sowohl der Erreger '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*' als auch der Erreger '*Candidatus Phytoplasma solani*' können durch die Schilf-Glasflügelzikade auf das Phloem der Zuckerrübe übertragen werden.

Zur Abgrenzung der Quantifizierung der Symptomatik ist eine umfassende Phänotypisierung erforderlich, welche bei der Suche nach toleranten Genotypen unterstützen kann. In aktuellen Forschungsstudien wird die Nutzung hochpräziser Sensortechnik zur ober- und unterirdischen Phänotypisierung der SBR-Symptomatik untersucht. Dafür wird der Blattapparat mit dem primären Erreger künstlich inokuliert und die Zuckerrüben wöchentlich mit Hyperspektralsensoren aufgenommen. Dieser Sensor kann auch nicht-sichtbares Licht (ultraviolett: 100–400 nm, visuell: 400–750 nm, nahinfrarot: 750–1000 nm, kurzwelliges Infrarotlicht: 1000–2500 nm), das vom Blattapparat reflektiert wird, erfassen (Abb. 1). Aus den hyperspektralen Informationen können genauere Schlüsse über den Verlauf der Krankheit abgeleitet werden. Ob diese zum Vergleich von Genotypen hinsichtlich ihrer Toleranzeigenschaften genutzt werden können, ist Gegenstand dieser Untersuchungen. Die Reflektanzeigenschaften von SBR-beeinflussten Rübenblättern zeigen einen veränderten Verlauf (Abb. 1 A). In diesem Fall wurden die hyperspektralen Messungen mit einem Handspektrometer durchgeführt, welches nicht bildgebende Punktmessungen an Einzel-

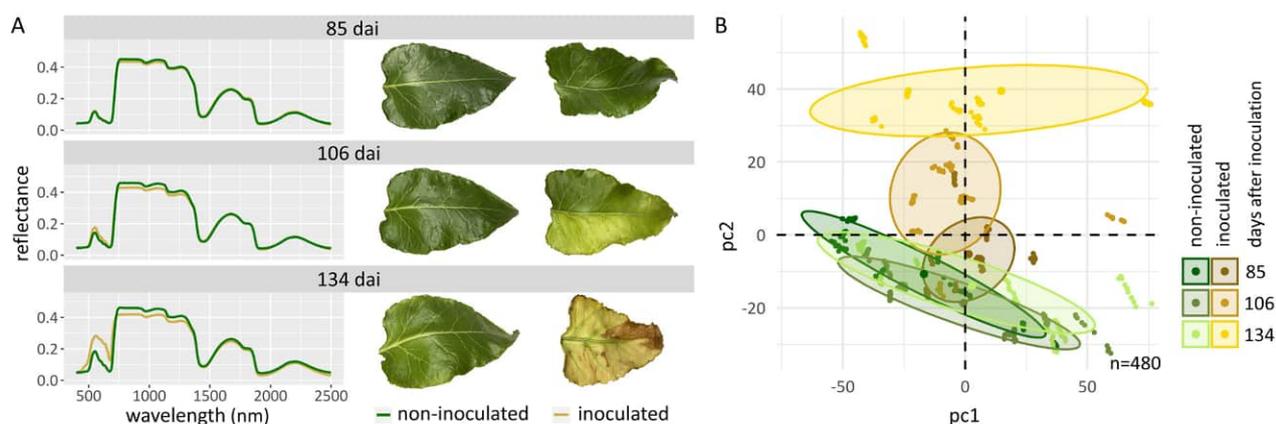


Abb. 1. A. Veränderung der Reflektanzeigenschaften von unter SBR-Einfluss stehenden Rübenblättern im Zeitverlauf. B. Clustering der 2 Hauptkomponenten (Principal components, pc) der gemessenen Spektren im Zeitverlauf.

blättern vornimmt. Die Hauptkomponentenanalyse dieser Messungen zeigt schon früh eine erhöhte Varianz im Datensatz an, welche auf eine mögliche frühe Differenzierung zwischen SBR-befallenen und nicht befallenen Zuckerrüben hindeutet (Abb. 1 B). Diese Erkenntnisse sind die Grundlage für die Analyse von bildgebenden hyperspektralen Messungen mittels komplexerer Methoden wie maschinellem Lernen. Diese Methoden können bei der Früherkennung von Krankheitssymptomen und der Einordnung der SBR-Befallsstärke verschiedener Genotypen helfen.

Im Rahmen der durchgeführten Gewächshausversuche mit SBR-befallenen Zuckerrüben wurde auch der unterirdische Teil der Rübenkörper einer genaueren Untersuchung unterzogen. Ziel dieser Analyse war es, dreidimensionale Verformungen des Rübenkörpers zu erkennen und anhand einfach abzuleitender morphologischer Merkmale zu beschreiben. Diese Merkmale werden im nächsten Schritt genutzt, um Rübenkörper mithilfe von maschinellem Lernen zu klassifizieren.

Die Rübenkörper wurden durch einen Strukturlicht-3D-Scanner hochgenau vermessen. Um einen größeren Datensatz für die nachfolgende Analyse zu erhalten, wurden von den 3D-Modellen der Rübenkörper 1 mm dicke Querschnitte von verschiedenen Positionen extrahiert (Abb. 2). Von jedem Querschnitt wurden 45 geometrische Parameter ermittelt. Dies umfasste simple Parameter wie die maximale Breite des Querschnitts, aber auch komplexer zu berechnende Parameter, wie die Rundheit oder die Tiefe der größten Einkerbung. Für die automatische Klassifizierung der einzelnen Querschnitte wurden mehrere maschinelle Lernverfahren getestet, unter anderem klassische Klassifikatoren wie KNN aber auch neuronale Netze zur Klassifizierung tubularer Daten wie TabPFN. Dabei wurde eine Genauigkeit von maximal 97 % für die Unterscheidung von Querschnitten aus SBR-infizierten und gesunden Rübenkörpern erreicht.

Um zu verstehen, welche Wichtigkeit einzelne erhobene Parameter für die Entscheidung des Klassifikators haben, wurde eine Merkmalsselektion durchgeführt. Im Anschluss konnten die 3D-Modelle der gescannten Rübenkörper entsprechend der Wichtigkeit eines Parameters für die Entscheidung des Klassifikators eingefärbt werden (Abb. 3). Hierdurch konnte gezeigt werden, dass einzelne Parameter positionsabhängig einen hohen oder niedrigen Einfluss auf eine Klassifizierung besitzen (Abb. 3 B und C), während andere Parameter keine klare Positionsabhängigkeit zeigen (3 A). Vermutlich wird die hohe Genauigkeit bei der Klassifizierung von Querschnitten aus SBR-infizierten und gesunden Rübenkörper durch die Kombination von positionsabhängigen und -unabhängigen Parametern erreicht.

Die sowohl ober- als auch unterirdische phänotypische Charakterisierung des Pathosystems SBR ist von entscheidender Bedeutung für die Einordnung der Symptomatik hinsichtlich der Erreger-Dominanz und zum Monitoring des Krankheitsverlaufs. Sensorische Ansätze zur Unterstützung der Phänotypisierung stellen eine wesentliche Grundlage für die schnelle und objektive Erkennung befallener Pflanzen und die Beurteilung des Krankheitszustands dar. Die Verknüpfung der ober- und unterirdischen Symptomatik kann zu einem besseren Verständnis der Pathologie von SBR führen.

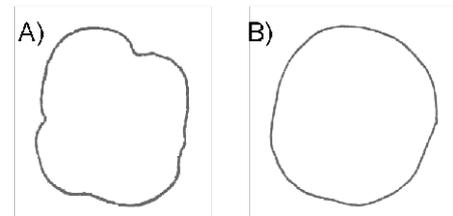


Abb. 2. Querschnitte des Rübenkörpers einer SBR-infizierten (A) und einer gesunden Zuckerrübe (B).

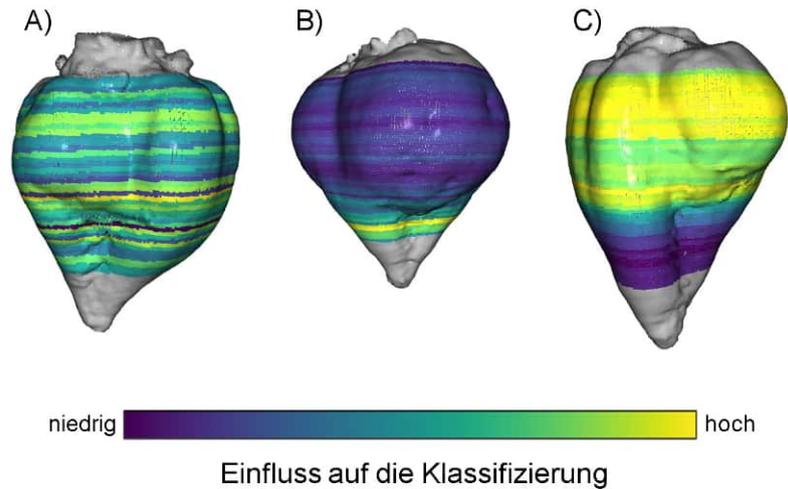


Abb. 3. Einfluss einzelner erhobener Querschnittsparameter auf das Klassifizierungsmodell in Abhängigkeit von der Schnittposition des Querschnitts. Abgebildet sind die Merkmale Umfang der größten Einkerbung (A), Verhältnis der Oberflächen der Einkerbungen und der Querschnittsoberfläche (B) und Rundheit (C).

In Kombination mit physiologischer Analytik des Rübenkörpers könnten zudem Rückschlüsse auf die SBR-Symptomentwicklung des Blattapparates gezogen werden.

Die Ergebnisse beruhen auf zwei Forschungsprojekten. Die Förderung erfolgt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie EXL-2070-390732324-PhenoRob.

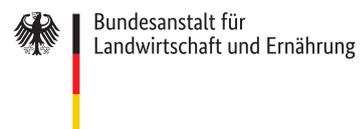
Weitere Forschungsarbeiten wurden gefördert Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Künstlichen Intelligenz (KI) in der Landwirtschaft, Förderkennzeichen 28DK108C20.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger



Projektbearbeitung:
Jonas Bömer, Justus Detring, Stefan Paulus, Anne-Katrin Mahlein

Einsatz resistenter Sorten zur Bekämpfung von *Cercospora beticola*

Die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit (CLS), verursacht durch den pilzlichen Erreger *Cercospora beticola*, ist die bedeutendste Blattkrankheit im Zuckerrübenanbau. CLS wird durch den Anbau resistenter Sorten und die Anwendung von Fungiziden bekämpft. Mit dem Auftreten fungizid-resistenter Erregerpopulationen nimmt jedoch die Bedeutung der Entwicklung und des Anbaus resistenter Sorten zu. Hinzu kommt die geplante Reduktion chemischer Pflanzenschutzmittel („Ackerbaustrategie 2035“). Das Verständnis der Dynamik zwischen der Sortenresistenz und *C. beticola* ist für ein nachhaltiges CLS-Management unerlässlich.

In diesem Projekt wollen wir die Wechselwirkungen zwischen *C. beticola* und der Sortenresistenz unter drei Gesichtspunkten aufdecken: Epidemiologie, Populationsstruktur und Aggressivität von *C. beticola*. Ein Teil dieses Projekts zielt darauf ab, den Einfluss der Sortenresistenz auf die Krankheitsentwicklung von CLS und die Produktion von *C. beticola*-Sporen zu untersuchen. Darüber hinaus wird in diesem Projekt die genetische Variabilität von *C. beticola*-Populationen an vier verschiedenen geografischen Standorten in Deutschland beschrieben und der Einfluss der Sortenresistenz auf die Genetik der Populationen untersucht.

Um den epidemiologischen Aspekt der Wechselwirkungen zwischen der Sortenresistenz von Zuckerrüben und *C. beticola* besser zu verstehen, wurde in den Jahren 2022 und 2023 ein Feldversuch mit vier Zuckerrübensorten mit unterschiedlichen Resistenzeigenschaften durchgeführt. Darüber hinaus wurde der Sporenflug mit einer Sporenfalle (Abb. 1) erfasst und der pilzliche DNA-Gehalt mittels TaqMan Real-time PCR (Polymerase-Kettenreaktion) quantifiziert. Am Ende des Versuchs wurde auch der Verlust im Bereinigten Zuckerertrag ermittelt. Dieses System zur Erkennung und Überwachung des Sporenfluges ist eine vielversprechende Grundlage für die Modellierung sortenspezifischer Prognosesysteme.

Um einen besseren Einblick in die Populationsstruktur, Evolution und Aggressivität von *C. beticola* in Abhängigkeit vom Standort und der Sortenresistenz zu erhalten, führen wir eine Genomsequenzierung an 1200 *C. beticola*-Isolaten durch. Zu diesem Zweck werden an vier Standorten in Deutschland Feldversuche in Zusammenarbeit mit den Züchtungsunternehmen DLF Beet Seed ApS,



Abb. 1. Sporenfalle zur Bestimmung des Sporenfluges im Feld.

KWS SAAT SE & Co. KGaA, SESVanderHave Deutschland GmbH, Strube D&S GmbH und der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI) durchgeführt. Von 2022 bis 2024 werden jedes Jahr 400 Isolate von verschiedenen Zuckerrübensorten beprobt. Um die Auswirkungen der Sortenresistenz auf die *C. beticola*-Population zu untersuchen, werden die Sorten über mehrere Jahre immer wieder mit Inokulum aus dem Vorjahr inokuliert. Dadurch wird ein starker Selektionsdruck auf die *C. beticola*-Population erzeugt. Durch die Analyse der Sequenzierungsdaten dieser Isolate werden wir einen tieferen Einblick in die Populationsstruktur und die evolutionäre Dynamik von *C. beticola* erhalten. Diese Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit Dr. Melvin Bolton, USDA, durchgeführt.

Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe gefördert.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektbearbeitung:
Yixuan Yang, Sebastian Liebe, Mark Varrelmann

EntoProg – Entwicklung digitaler Prognosemodelle und Entscheidungshilfen für Schadinsekten

Im Verbundprojekt EntoProg werden bundesweit für die wichtigsten Schadinsekten und Pathogen-Vektoren in Raps, Mais und Zuckerrübe Monitoring- und Forschungsaktivitäten durchgeführt, die zur Erstellung und Modellierung von digitalen Entscheidungshilfen mit Prognosemodellen genutzt werden sollen. In der Zuckerrübe wird zum einen die Schilf-Glasflügelzikade (*Pentastiridius leporinus*) als Vektor für die Pathogene 'Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus' und 'Candidatus Phytoplasma solani' und zum anderen die Grüne Pflirschblattlaus (*Myzus persicae*) als Vektor für die Vergilbungsviren beet chlorosis virus (BChV), beet mild yellowing virus (BMV), beet yellows virus (BYV) und beet mosaic virus (BtMV) bearbeitet.

Der Schwerpunkt der IfZ-Aktivitäten liegt im Teilprojekt Grüne Pflirschblattlaus und Vergilbungsviren. In diesem Teilprojekt werden bundesweit durch die Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), das Julius Kühn-Institut (JKI) und das IfZ Monitoringaktivitäten koordiniert, welche durch die Pflanzenschutzdienste der Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Bayern und Baden-Württemberg und den Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer durchgeführt werden. Die Monitoringaktivitäten lassen sich in einen Frühjahrs-, in einen Sommer- und in einen Herbst/Winter-Block einteilen. Im Frühjahr startet Ende Februar das Gelbschalenmonitoring (Abb. 1) auf zukünftigen Zuckerrübenschlägen. Durch die Gelbschalenbonituren soll der Flugbeginn der Grünen Pflirschblattlaus und der Schwarzen Bohnenblattlaus (*Aphis fabae*) bestimmt und die allgemeine Flugaktivität bis zum Reihenschluss der Zuckerrüben (BBCH 39) erfasst werden. Ab dem Auflaufen der Zuckerrüben (BBCH 10/12) werden zusätzlich wöchentlich Pflanzenbonituren auf Zuckerrübenschlägen zur Erfassung des Befalls und der Populationsdynamik durchgeführt. Neben den genannten Blattläusen wird auch die Aktivität von Nützlingen wie beispielsweise Marienkäfern und Schwebfliegen bonitiert (Abb. 2). Im Anschluss wird ab August bis zur Ernte das Auftreten von Vergilbungssymptomen auf den Monitoringflächen erfasst. Zusätzlich werden vor der Ernte Blattproben entnommen und am IfZ auf eine Infektion mit Vergilbungsviren mittels antikörperbasiertem Nachweisverfahren (ELISA-Test) untersucht.

Um die Aktivität der Blattläuse im Herbst/Winter zu erfassen und damit den Überwinterungserfolg von lebenden Individuen zu beurteilen, werden auf wichtigen Winterwirten wie Raps und Senf in einem zweiwöchigen Rhythmus Bonituren durchgeführt. In den Jahren 2022 und 2023 konnten bereits über 890 Gelbschalenbonituren, 440 Pflanzenbonituren und 790 Virusuntersuchungen durchgeführt werden. Die aus dem Monitoring gewonnenen Daten werden von der ZEPP zur Modellierung von Prognosemodellen genutzt. Erste Demomodelle konnten bereits entwickelt werden, welche in der restlichen Projektlaufzeit weiterentwickelt und mit Praxisdaten evaluiert werden sollen. Die Entscheidungshilfemodelle sollen unter „isip.de“ nach Projektende der landwirtschaftlichen Praxis zur Verfügung gestellt werden.

Unterstützend zu den Monitoringaktivitäten werden sowohl am JKI als auch am IfZ grundlegende Forschungsarbeiten durchgeführt. So wird beispielsweise am IfZ unter anderem an angewandten molekularen Diagnosemethoden für Monitoringaktivitäten und im Bereich der Wirtspflanzenanalyse für Vergilbungsviren geforscht.



Abb. 1. Gelbschale im Frühjahr im Zuckerrübenbestand.



Abb. 2. Blattläuse auf Zuckerrübenblatt (oben) und Marienkäfer auf junger Zuckerrübenpflanze (unten).

Ein Ansatz zu molekularen Diagnosemethoden umfasst die Entwicklung eines Reverse-Transkriptase Real-Time-Polymerase-Kettenreaktion Assays (RT-qPCR) zur Detektion von Vergilbungsviren aus einzelnen Blattläusen und aus einer größeren Anzahl an Läusen, die in Gelbschalen gefangen wurden. Ergebnisse aus kontrollierten Versuchen zeigen bereits vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten. So können in einzelnen Läusen alle Virusspezies nachgewiesen werden und nach einer siebentägigen Inkubationszeit in Gelbschalen (Wasser mit Spülmittel) ist noch eine mit Poleroviren (BMYV oder BChV) beladene Laus in 99 virusfreien Läusen nachweisbar.

Im Bereich der Wirtspflanzenanalyse werden am IfZ in Gewächshausversuchen bis zu 30 verschiedene Pflanzenarten auf ihre Anfälligkeit gegenüber BChV, BMYV, BYV und BtMV getestet. Unter den Pflanzenarten befinden sich eine Vielzahl von bedeutenden Zwischenfrüchten aber auch Blühpflanzen und Unkräuter. In den Gewächshausversuchen konnten bereits einige anfällige Arten identifiziert werden, welche nun in weiteren Monitoringaktivitäten und Freilandversuchen zu ihrer Bedeutung in der Epidemiologie von Vergilbungsviren untersucht werden.

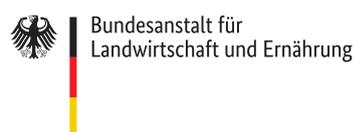
Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2821ABS032.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Projektbearbeitung:
Simon Borgolte, Mark Varrelmann, Sebastian Liebe

Rezessive Resistenz gegenüber Poleroviren

Seit 2019 breitet sich EU-weit die viröse Vergilbung auf Zuckerrübenfeldern aus und stellt eine Herausforderung für den Rübenanbau dar. Erste tolerante Sorten sind verfügbar, die jedoch die Ertragsverluste nur partiell kompensieren. Daher wurde von 2020 bis 2023 am IfZ im Rahmen des BMEL geförderten Projektes „PoleroRes“ die Identifikation neuer Resistenzgene vorangetrieben. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die züchterische Arbeit und das Resistenzmanagement unterstützen, um in den nächsten Jahren einen sicheren Zuckerrübenanbau zu gewährleisten.

Bei der virösen Vergilbung handelt es sich nicht um ein einzelnes Virus, sondern um einen Krankheitskomplex, der sich aus bis zu vier verschiedenen Spezies aus drei unterschiedlichen Virusfamilien bildet. Die Krankheitssymptome sind dabei teilweise identisch. Teil der virösen Vergilbung sind die typischen Chlorosen auslösenden Erreger, „Beet yellows virus“ (BYV; Closterovirus), „Beet mild yellowing virus“ (BMYV) und „Beet chlorosis virus“ (BChV; beide Polerovirus). Ebenfalls wird häufig das „Beet mosaic virus“ (BtMV; Potyvirus) zu den Vergilbungsviren gezählt. Dies erfolgt trotz fehlender Vergilbungssymptomatik aufgrund der Blattlausübertragung und potenziell synergistischer Effekte zu den anderen Viren. Im Fall eines Krankheitsausbruches kann jedes Virus in einer Einzelinfektion oder in jeder möglichen Kombination als Mischinfektion auftreten und die entsprechenden Symptome verursachen. Eine effektive Kontrollmaßnahme gegenüber der Krankheit war über mehrere Dekaden die Blattlausbekämpfung durch neonicotinoide Saatgutbeizung. Neben fehlenden Resistenzen und Saatgutbeizen wird die Situation zusätzlich durch vermehrt auftretende Resistenzen gegenüber den wenigen verbliebenden Wirkstoffen aus der Gruppe der Pyrethroide und Carbamate/Organophosphate erschwert. Unter Berücksichtigung der „Farm2Fork“-Strategie und der damit verbundenen Ressourceneffizienz und Einsparung von chemischen Pflanzenschutzmitteln müssen wissenschaftliche Fortschritte im Bereich der Resistenzzüchtung erzielt werden, um den Zuckerrübenanbau innerhalb der EU ohne Risiken für die Rübenanbauenden beizubehalten.

Das mit dem Züchtungsunternehmen SESVanderHave gemeinsam durchgeführte Kooperationsprojekt „PoleroRes“ hatte die gezielte Resistenzidentifikation gegenüber Poleroviren als Ziel. Das Vorgehen erfolgte in diesem Projekt hauptsächlich unter Nutzung von molekularbiologischen Methoden. Bei einem „klassischen“ Züchtungsansatz, wird meist eine Vielzahl an heterozygoten Genotypen auf ihre Resistenzprägung im Feld/Gewächshaus getestet. Diese Selektion ermöglicht in den meisten Fällen nur die Identifizierung dominant vererbter Resistenzmerkmale. Neben den dominant vererbten Merkmalen macht, insbesondere bei Pflanzenviren, die rezessiv vererbte Resistenz nahezu die Hälfte aller bekannten Resistenzen aus. In den meisten dieser Fälle erfolgt die Resistenz durch eine Inkompatibilität zwischen Wirts- und Virusproteinen. Hierfür müssen die Anfälligkeitsfaktoren auf allen Gen-Allelen der Pflanze die entsprechende Mutation tragen, damit kein Protein gebildet wird, welche noch für das Virus funktional ist. Die rezessive Resistenz kann somit nur in seltenen Fällen bei Wildgenotypen adressiert werden und ist vielmehr ein Zufallsprodukt. Die häufigsten entsprechenden Anfälligkeitsfaktoren gehören zu der Gruppe der eukaryotischen Translationsinitiationsfaktoren (eIFs), die üblicherweise an der pflanzlichen Protein-Translation von mRNA beteiligt sind.

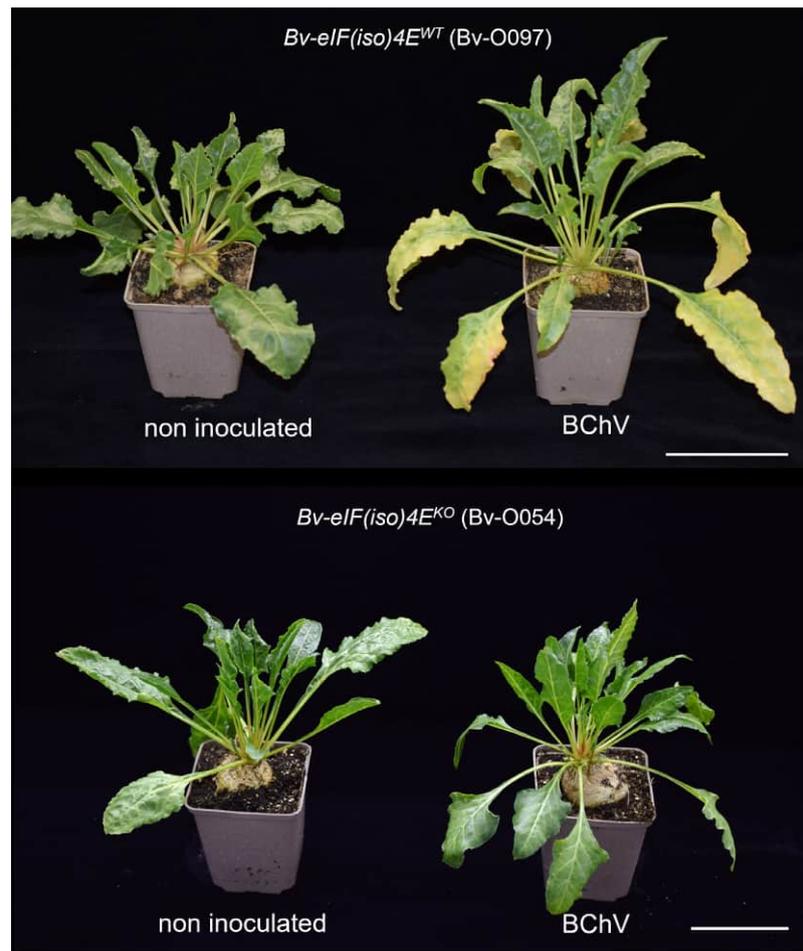


Abb. 1. Gewächshausresistenztest und die dabei erzeugten BChV-Symptome sechs Wochen nach der Inokulation in unterschiedlichen genomeditierten Zuckerrüben im Vergleich zu nicht inokulierten Genotypen. Dargestellt sind der Wildtyp (*Bv-eIF(iso)4E^{WT}*; Linie Bv-O097) und *Bv-eIF(iso)4E^{KO}* (Linie Bv-O054) nach einer 6-wöchigen Kulturzeit. Weißer Balken = 10 cm

Aufgrund der Komplexität der Thematik wurde ein gezielterer Ansatz gewählt, mit dem Ziel eine rezessive Resistenz gegenüber den Pleroviren BChV und BMVY zu identifizieren. Hierfür wurden sich zwei zuvor bekannte Informationen zu Nutze gemacht. 1. Pleroviren sind für die Herstellung ihrer eigenen Proteine auf Proteine ihres Wirtes angewiesen. 2. An das Plerovirusgenom ist ein Protein gebunden, das sogenannte „viral protein genome-linked“ (VPg). Das VPg wurde in vielen Studien für die Gattung der Potyviren als Interaktionspartner diverser eIF-vermittelter Resistenzen identifiziert. Diese Interaktion gilt im Fall der Potyviren als höchst spezifisch. Metaphorisch könnte man das VPg mit einem Schlüssel vergleichen, der nur in ein spezifisches Schloss an einer Tür voller Schlösser passt. Das Schloss steht hier wiederum für die Anfälligkeitsfaktoren des Wirtes (eIF). Entfernt man das entsprechende Schloss aus der Tür, sollte diese nicht mehr zu öffnen sein. Überträgt man nun diese Analogie auf die Virus Pflanze Interaktion, so wäre die Pflanze resistent gegenüber einer Infektion.

Zuerst wurden diverse Protein Protein Interaktionsstudien in verschiedenen Modellorganismen wie *Nicotiana benthamiana* und Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*) durchgeführt. Dadurch konnte bereits im Labor nachgewiesen werden, dass das BChV-VPg mit einem spezifischen Anfälligkeitsfaktor (*Bv-eIF(iso)4E*) seines Wirtes interagiert, während es für BMVY VPg zwei spezifische Partner sind (*Bv-eIF4E* und *Bv-eIF(iso)4E*).

Im weiteren Verlauf wurde mittels neuer genomischer Züchtungstechniken (CRISPR/Cas) gezielt versucht nur diese(n) Anfälligkeitsfaktor(en) auszuschalten. Im Fall von BChV konnte der entspre-

chende Anfälligkeitsfaktor erfolgreich ausgeschaltet werden, ohne dass die daraus resultierenden Pflanzen Wachstumsbeeinträchtigungen aufwiesen, aber dennoch resistent gegenüber einer BChV-Infektion waren (Abb. 1). Für BMYV war dieses Vorgehen bisher noch nicht erfolgreich, da kein Doppelknockout erzielt werden konnte. Die Laborergebnisse sind jedoch vielversprechend, so dass auch hier in der Zukunft eine Resistenz auf ähnliche Weise erzeugt werden könnte.

Obwohl der Resistenzmechanismus über BChV-Anfälligkeitsfaktoren die erste Beschreibung einer Kontrollmöglichkeit von einem Mitglied des Krankheitskomplexes der virösen Vergilbung in Zuckerrübe ist, ist der Weg zur vollständig resistenten Sorte mit Marktreife noch weit. Die aktuelle Gesetzgebung zur Genomeditierung lässt aktuell keine Möglichkeit zur direkten Integration solch einer Resistenz zu. Viel mehr liefern die erzielten Forschungsergebnisse einen spezifischen Genort, an dem nach natürlichen Variationen der entsprechenden Gene gesucht werden kann. Sollten natürliche Varianten des Gens gefunden werden, so muss dies aktuell noch mit langwierigen Verfahren in Elitematerial eingekreuzt werden und ist häufig mit negativen Ertragseffekten verbunden. Nichtsdestotrotz lassen diese Ergebnisse zuversichtlich in die Zukunft blicken, da nun bereits erste Genorte bekannt sind, die für eine Resistenz verwendet und somit in Zukunft zur Bekämpfung der virösen Vergilbung genutzt werden können.

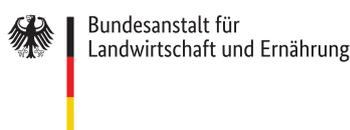
Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (Förderkennzeichen: 2819112319).

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Projektbearbeitung: Lukas Rollwage, Mark Varrelmann

RNA-Spray als nachhaltige Bekämpfungsstrategie gegen die Viröse Vergilbung

Der Schwerpunkt des Forschungsprojekts ViVe_Beet liegt auf der Entwicklung und Prüfung eines erregerspezifischen, selektiven RNA-Sprays. Dieses Spray zielt darauf ab, die Ausbreitung der Vergilbungsviren in Zuckerrüben zu bekämpfen, indem es sowohl die virentragenden Blattläuse kontrolliert als auch eine direkte Wirkung gegen die übertragenen Vergilbungsviren entfaltet. Durch den nicht-chemischen Ansatz dieses Bekämpfungsverfahrens unterstützt ViVe_Beet das Ziel der "Ackerbaustrategie 2035", den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel zu reduzieren.

Vergilbungsviren in Zuckerrüben verursachen unterschiedliche, zum Teil spezifische Symptome an den Blättern und können bei frühem und starkem Befall zu erheblichen wirtschaftlichen Ertragsverlusten von 30 bis 40 % führen. Lange Zeit wurde der Vektor, die grüne Pfirsichblattlaus *Myzus persicae*, die für die Übertragung der Viren von Pflanze zu Pflanze verantwortlich ist, erfolgreich bekämpft. Mit dem Verbot der Neonikotinoide ab 2019 fehlt jedoch eine effektive Bekämpfungsmethode, was zu einem starken Anstieg der Virusinfektionen in Zuckerrüben geführt hat. Aufgrund des fehlenden Bedarfs in den vergangenen Jahrzehnten stehen derzeit keine Sorten mit Resistenzeigenschaften gegenüber Vergilbungsviren im Zuckerrübenanbau zur Verfügung. Die Entwicklung alternativer Strategien zur gezielten und selektiven Bekämpfung des wichtigsten Virusvektors *M. persicae* und der übertragenen Virusspezies ist daher dringend erforderlich, um die Wirtschaftlichkeit des Zuckerrübenanbaus und damit die Zuckerrübe als wichtige Blattfrucht in der Fruchtfolge zu erhalten.

Großes Potenzial bietet hier die RNA-Interferenz (RNAi)-Technologie, eine Art „Impfung“ der Pflanzen mit kleinen RNA-Molekülen, die aus einem kleinen Teil des Virusgenoms hergestellt werden. Zusammen mit dem Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland des Julius Kühn-Instituts und dem Institutsteil "Bioresourcen" am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (IME) soll ein solches Verfahren basierend auf RNA-Spray entwickelt werden. Am IfZ werden dafür doppelsträngige RNA-Moleküle (dsRNA) zur Verhinderung der viralen Infektion entwickelt. Der Projektpartner IME entwickelt zudem dsRNA-Moleküle zur Kontrolle der Grünen Pfirsichblattlaus wie auch Formulierungshilfsstoffe zur Verbesserung der dsRNA-Aufnahme in pflanzliches Gewebe. Zusammen soll das Spray *M. persicae* bei der Besiedlung von Zuckerrüben kontrollieren und damit eine Übertragung der virösen Vergilbung verhindern, und parallel dazu eine Virusreplikation in der Pflanze unterbinden.

Bei einer Behandlung mit einem solchen RNA-Spray wirken die von der Pflanze aufgenommenen Moleküle einer entsprechenden Virusinfektion entgegen, indem sie das Erbgut des Virus über den pflanzeneigenen RNAi-Mechanismus zerstören. Durch diese gezielte Bekämpfung kann die Pflanze die Virusinfektion eindämmen oder sogar beseitigen, bevor sie größeren Schaden anrichtet. Dabei wirken die dsRNA-Moleküle spezifisch, da sie ausschließlich das Erbgut des jeweiligen Virus angreifen. So werden die Pflanze und andere Nichtzielorganismen nicht beeinträchtigt.

Erste Hürde im Projekt war die Auswahl der dsRNA-Moleküle, welche am effektivsten einer Virusinfektion entgegenwirken können,

ohne dabei Nichtzielorganismen zu beeinträchtigen. Dies geschah zunächst am Computer, bevor dann einige ausgewählte Moleküle im Gewächshaus getestet werden konnten. Dazu werden sehr geringen Mengen dsRNA in Wasser gelöst und anschließend mit einer Sprühflasche auf ein Zuckerrübenblatt gesprüht (Abb. 1).



Abb. 1. Applikation des dsRNA-Sprays auf die Zuckerrübe.

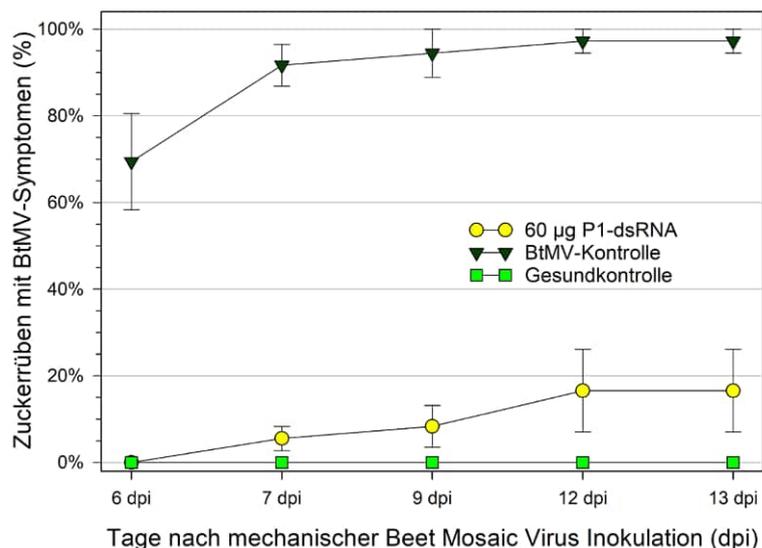
Anschließend erfolgt die mechanische Infektion der Pflanze mit dem Beet Mosaic Virus (BtMV), einem nahen Verwandten der Vergilbungsviren (Abb. 2).



Abb. 2. Beispiel eines Versuchsaufbaus zur Testung verschiedener dsRNA-Moleküle.

Die Ergebnisse zeigen, dass Zuckerrüben nach der Applikation von dsRNA-Molekülen gegen BtMV, keine virus-typischen Symptome mehr aufweisen (Abb. 3). Auch entsprechende molekulare Virusnachweise sind negativ. Die Pflanzen können demnach nicht mehr vom Virus infiziert werden. Allerdings müssen die dsRNA-Moleküle noch mechanisch in das Blatt eingerieben werden, was für das Feld nicht praktikabel ist. Das Projekt konzentriert sich nun darauf, praktikable Methoden zur Anwendung dieser dsRNA-Moleküle zu entwickeln, die effektiv und effizient sind. Dabei spielen Aspekte wie die Stabilität der Moleküle, ihre Aufnahme durch die Pflanzen und die Skalierbarkeit der Anwendung eine entscheidende Rolle.

Abb. 3. Anteil infizierte Zuckerrüben nach P1-dsRNA Applikation (n=12, 3-fache Wiederholung des Versuchs, Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung).



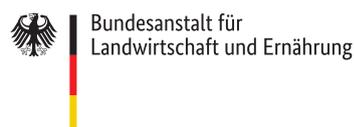
Parallel dazu werden weitere Tests durchgeführt, um die Wirksamkeit der dsRNA-Moleküle gegen andere Vergilbungsviren und in verschiedenen Umgebungen, wie einem Feldversuch, zu überprüfen. Dies ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Lösung im Feldmaßstab und in natürlichen Umwelten einsetzbar ist.

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), Förderkennzeichen: 2821ABS022

Gefördert durch



Projektträger



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektbearbeitung: Dennis Rahenbrock, Mark Varrelmann

Können Blühstreifen die Blattlauskontrolle unterstützen?

Viröse Vergilbung kann im Zuckerrübenanbau zu starken Ertragsverlusten führen. Die Viren werden dabei durch Blattläuse (v.a. die Grüne Pfirsichblattlaus) übertragen. Deswegen werden zur Ertragssicherung Insektizide angewendet. Die Zahl an verfügbaren Wirkstoffen ist aber begrenzt und Alternativen zur Blattlausregulation im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes werden benötigt. Im Projekt FlowerBeet wurde dazu die Förderung von Blattlausgegenspielern mit integrierten Blühstreifen untersucht.

Die Versuche fanden in zwei Versuchsjahren auf Praxisflächen im Rheinland und bei Göttingen statt. Blühstreifen wurden im Herbst vor dem Zuckerrübenanbau angelegt. So haben die Blühpflanzen bei Vegetationsbeginn im Folgejahr einen Entwicklungsvorsprung und kommen dadurch schneller zur Blüte als nach einer Aussaat im Frühjahr. Neben der Bereitstellung von Nahrung (Pollen, Nektar, andere Insekten), bieten die Blühstreifen einen ungestörten und diversen Lebensraum für Insekten und Spinnen. So sollen sie gezielt Blattlausgegenspieler fördern. Durch die Anlage der Streifen im Feld sollte die Distanz reduziert werden, welche diese Räuber bis zur Beute (Blattläuse) überwinden müssen.



Luftbild von integrierten Blühstreifen im Juni 2023. In den Blühstreifen wurden unter anderem Kornblume, Inkanat-Klee, Zottige Wicke, Koriander und Ackerbohne ausgesät.

Die meisten Blühpflanzenarten sind gut aufgelaufen und haben den Winter überstanden, im Verlauf des Jahres traten wenige nicht-ausgesäte Pflanzen auf. Dies lag unter anderem an einer sehr schnellen Entwicklung der Kornblume, welche andere Arten unterdrückt hat. Die ersten Blüten öffneten sich im April, die meisten ab Mitte Mai. Bisher wurden keine gravierenden Probleme festgestellt, Blühpflanzen finden sich aber häufig auch in der Folgekultur.



Marienkäfer auf Kornblume.



Florfliegenlarve mit schwarzer Bohnenlaus auf Zuckerrübe.

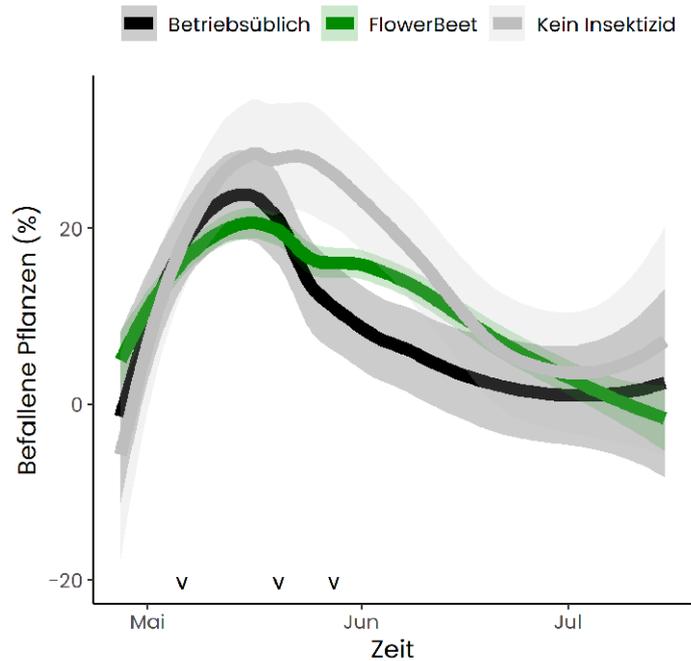


Abb. 1. Mit *Myzus persicae* befallene Pflanzen 2022. Die Linien zeigen die durchschnittliche Entwicklung der Befallshäufigkeit über alle Standorte mit Konfidenzintervall. „V“ markiert die durchschnittlichen Termine der Insektizidbehandlungen.

Eine frühe Aktivität von Blattlausgegenspielern kann der Etablierung von Blattläusen in Zuckerrüben erheblich entgegenwirken und zu einer geringeren Virusausbreitung beitragen. Im Jahr 2022 traten die Blattläuse bereits kurz nach Aussaat zahlreich auf. Daher konnten sich die Blattläuse schnell vermehren und große Populationen bilden. In der Nähe von Blühstreifen (Abb. 1, grüne Linie) und im mit Insektizid behandelten Bereichen (betriebsüblich, schwarze Linie) sank die Befallshäufigkeit mit grünen Blattläusen dabei schneller als in den Bereichen ohne Insektizid und ohne Blühstreifen (graue Linie). Durch Insektizid-Einsatz sank der Befall mit Blattläusen, Blattlausgegenspieler hatten auch eine verzögerte reduzierende Wirkung. Nützlinge, wie Marienkäfer, Florfliegen und Schwebfliegen wurden dabei im Vergleich zum sehr frühen Blattlausbefall ab Ende April erst später ab Ende Mai vermehrt beobachtet. In und unmittelbar neben den Blühstreifen wurden vermehrt Nützlinge beobachtet als in größerer Entfernung zu den Blühpflanzen. 2023 war die Zahl der Blattläuse insgesamt deutlich niedriger.

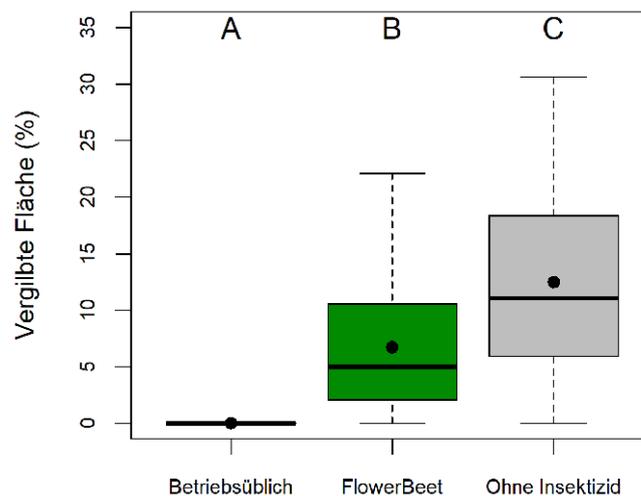


Abb. 2. Anbaufläche mit Symptomen viröser Vergilbung 2022 in der jeweiligen Versuchsbedingung. Punkte zeigen den Mittelwert über 10 Standorte. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen bei $p < 0.05$.

In den betriebsüblich behandelten Bereichen trat keine Vergilbung auf den untersuchten Flächen auf. In den unbehandelten Teilen gab es 2022 Vergilbungsnester und je nach Standort waren 2–30 % der Fläche vergilbt. In den Bereichen an den Blühstreifen war die vergilbte Fläche deutlich reduziert und im Schnitt 50 % geringer als ohne Blühstreifeneinfluss und ohne Insektizidanwendung (Abb. 2). 2023 wurden kaum Vergilbungsnester beobachtet.

Im Mittel über alle Standorte gab es 2022 in Bereichen der Felder ohne Insektizidanwendung (mit oder ohne Blühstreifen) einen signifikant niedrigeren Zuckerertrag als in den betriebsüblich behandelten Flächen (2–5 % Verlust). Blattlausauftreten, viröse Vergilbung und Ertragsverluste zeigten keinen eindeutigen Zusammenhang: einige Standorte zeigten trotz hoher Blattlauszahlen kaum Verlust, andere Felder wiesen starke Ertragseinbußen auf. 2023 gab es keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Feldbereichen.

Trotz der Reduktion der Blattlauszahlen in der Nähe von Blühstreifen zeigte sich nicht der erwartete positive Effekt in den Bereichen mit Blühstreifen. Für die Gesamtbewertung des neuen Anbausystems muss auch der Verlust von Anbaufläche durch die Blühstreifen und mögliche Nachwirkungen von Blühstreifen für die folgenden Kulturen unbedingt berücksichtigt werden.

Selbst wenn sich das System in der derzeitigen Form nicht auszahlen sollte, sind die Erkenntnisse wertvoll. Das Anbauverfahren kann im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes mit anderen Maßnahmen kombiniert und weiter optimiert werden, um Kosten und Aufwand zu senken. Als flexible Schutzmaßnahme gegen Blattläuse und auch andere Schädlinge ist die Förderung von Nützlingen eine grundsätzlich sinnvolle Maßnahme, da sie Populationen von Schadinsekten unabhängig von der Verfügbarkeit wirksamer Insektizide regulieren können. Eine allgemeine Förderung der Artenvielfalt von Pflanzen, Insekten und anderen Tieren auf Ackerflächen kann so zu einer Robustheit des Anbausystems gegenüber Störungen beitragen.

Das Projekt wird durchgeführt vom IfZ in Kooperation mit dem Leibniz-Institut zur Analyse des Biodiversitätswandels (LIB) in Bonn. Weiterhin beteiligen sich der Landwirtschaftliche Informationsdienst Zuckerrübe (LIZ), die Landwirtschaftskammer NRW und der Rheinische Rübenbauer-Verband (RRV).

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln der Landwirtschaftlichen Rentenbank.



Projektbearbeitung:
Benedict Wieters, Heinz-Josef Koch, Nicol Stockfisch

Wie präzise ist die Reihenanwendung von Pflanzenschutzmitteln mit einer Feldspritze?

Eine für die Streifenspritzung optimierte Feldspritze reduziert in Kombination mit einer Hacke den Herbizideinsatz auf Rübenfeldern um bis zu 60 %. Die Genauigkeit der Streifenspritzung wurde an schwach und stark gekrümmten Rübenreihen und im Vorgewende getestet.

Im Zuckerrübenanbau kann durch eine Kombination aus einer Streifenspritzung von Herbiziden auf die Rübenreihen und dem Einsatz einer Hacke zwischen den Reihen eine Herbizideinsparung von bis zu 60 % erreicht werden. Jedoch wird dieses Verfahren in der Praxis bisher nur sehr begrenzt eingesetzt. Der Hauptgrund hierzu ist eine sehr niedrige Flächenleistung der herkömmlichen 12-reihigen Bandspritzgeräte. Seit einiger Zeit werden von verschiedenen Herstellern nun Feldspritzen mit einer Arbeitsbreite von 27 m und mehr angeboten, die versprechen, eine Streifenspritzung in den Reihen zeiteffizient durchführen zu können.

Im Rahmen des in Kooperation mit dem Julius Kühn-Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz und der Unternehmen Horsch Leeb Application Systems und Hentschel System GmbH durchgeführten und vom BMEL geförderten Projektes „OptiKult“ wurde die Treffgenauigkeit solch einer Spritze (Horsch-Leeb HL6GS) getestet. Bei diesem Gerät erfolgt die Reihenerkennung durch eine Kamera. Diese steuert dann die Achsschenkelenkung der Spritze und darüber das gesamte Spritzgestänge. Für eine präzise Streifenspritzung bei einem Reihenabstand von 45 cm wurden von Horsch-Leeb gewinkelte Düsenkappen entwickelt, die das Spritzband bei einem Abstand zur Zielfläche von 30 cm um 5 bzw. 10 cm zur Seite versetzen. So wird eine Anpassung des Düsenstockabstandes von 25 bzw. 50 cm auf eine Reihenweite von 45 cm erreicht.

Zur Beurteilung der Treffgenauigkeit der Streifenspritzung wurden in den Jahren 2022 und 2023 in Südniedersachsen mehrere Versuchsflächen mit kurvigen Reihenverläufen mit RTK-Steuerung ausgesät. Außerdem wurden zwei Praxisfelder ausgewählt, um die Funktionalität der Spritze auch unter erschwerten Ausbringungsbedingungen – im Vorgewende und am Seitenhang – zu testen und die Steuerung weiterzuentwickeln.

Anstelle von Herbiziden wurde bei den Versuchen eine Farbtracer-Lösung mit dem Lebensmittelfarbstoff „Brilliant Blue“ ausgebracht,



Abb. 1. Streifenapplikation mit Lebensmittelfarbe zur Testung der Applikationsgenauigkeit.

so dass die von der Streifenspritzung getroffene Bodenoberfläche blau gefärbt wurde (Abb. 1). Unmittelbar nach der Ausbringung wurden hochpräzise RGB-Drohnenbilder aufgenommen und daraus Orthomosaikbilder erstellt. Auch wenn die durchschnittliche Streifenbreite ca. 20 cm beträgt, wurde der Bereich ± 5 cm von der Mitte der Reihe als Zielbereich für die Streifenspritzung definiert. Mittels Bildanalyse wurde der Anteil der erfolgreich getroffenen Zielfläche berechnet.

Auf der Versuchsfläche Wolbrechtshausen mit einem leicht kurvigen Reihenverlauf wurde sowohl innerhalb der Drillbreite mit der Kamera als auch über die gesamte Spritzbreite eine sehr hohe Applikationsgenauigkeit erreicht. Im Durchschnitt wurde ca. 95 % der Zielfläche getroffen (Abb. 2). Am anspruchsvolleren Standort Offensen wurden im Durchschnitt 78 % der Zielfläche innerhalb der Drillbreite mit der Kamera durch Streifenapplikation getroffen. Hier lag die Applikationsstrecke im Vorgewende, so dass die Ausbringungsbedingungen durch Seitenhang, Querspuren oder einen sehr stark gekrümmten Reihenverlauf erschwert wurden. Selbst bei einem nur leicht kurvigen Verlauf der Reihen im Vorgewende erreichte das System nur ca. 80 % der Zielfläche. Der Grund dafür war vermutlich der Seitenhang. Im Bereich der scharfen Kurve wurden sogar nur 25 % der Zielfläche getroffen (Abb. 3). Betrachtet man Abb. 3 unten von rechts nach links in Fahrtrichtung der Spritze, so sieht man, dass die Reihen zunächst korrekt getroffen wurden, solange sie gerade verliefen. Bei der anschließenden starken Krümmung interpretierte die Kamera die Pflanzen aus der rechten Nachbarreihe jedoch als Pflanzen aus der eigenen Reihe fehl und steuerte die Düsen stark nach rechts (Abb. 3). Darüber hinaus waren die Drillanschlüsse in Offensen nicht so passgenau wie in Wolbrechtshausen. Deshalb lag die durchschnittliche Treffgenauigkeit über die gesamte Spritzbreite mit 67 % niedriger als für die Drillbreite mit Kamera von 78 %.

Fazit: Die 95 %ige Treffsicherheit der Rübenreihen im Schlaginneren auch bei leicht gekrümmtem Reihenverlauf ist ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis. Für eine hohe Treffgenauigkeit sind präzise Drillanschlüsse unerlässlich, da bei der getesteten Feldspritze nur eine Kamera die Reihenführung über die gesamte Spritzbreite übernimmt. Im Vorgewende wird nach dem derzeitigen Stand der Technik noch keine ausreichende Genauigkeit erreicht. Somit bietet eine Kombination aus Streifenspritzung plus Hacken zwischen den Reihen im Feldinneren und Flächenspritzung im Vorgewende eine funktionelle Lösung zu einer deutlichen Reduzierung der Herbizidaufwandmenge.

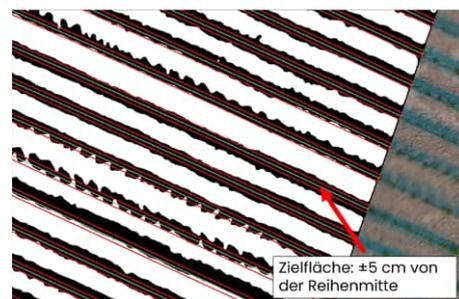


Abb. 2. Binäres Bild zur Bewertung der Präzision der Streifenapplikation in Wolbrechtshausen.

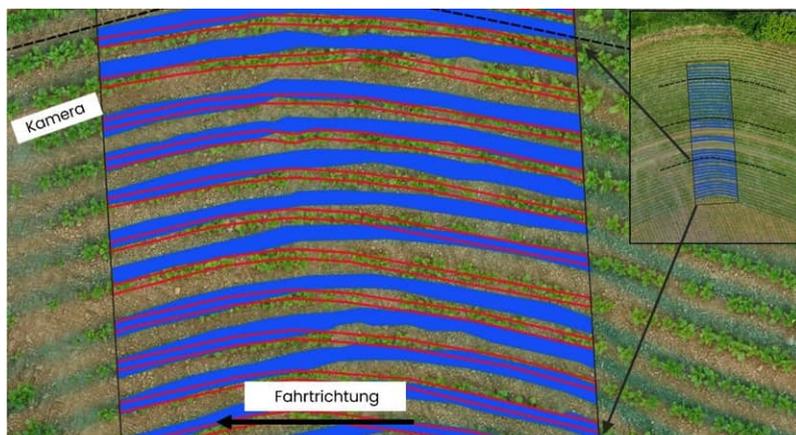


Abb. 3. Scharf gekrümmter Reihenverlauf im Vorgewende eines Praxis Schlag (Offensen) reduzierte die Präzision der Streifenapplikation auf 25 %.

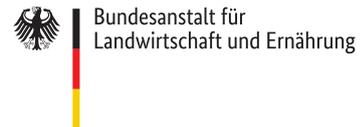
Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Projektbearbeitung: Olga Fishkis, Josef Stangl, Magnus Tomforde,
Heinz-Josef Koch

Rapsweizen vs. Weizenselbstfolge – was verursacht den Ertragsunterschied?

Der Ertragsunterschied zwischen Weizen nach Raps und in Selbstfolge ist hinlänglich bekannt. Weniger klar ist allerdings, was diesen Unterschied verursacht. Ist es schlicht der geringere Krankheitsdruck nach Raps, insbesondere hinsichtlich Schwarzbeinigkeit, oder sind es möglicherweise Unterschiede in der Bodenstruktur und der Durchwurzelung? Und wie unterscheidet sich in diesem Zusammenhang ein Stoppelweizen innerhalb einer diversen Fruchtfolge von einem langjährigen Weizendaueranbau?

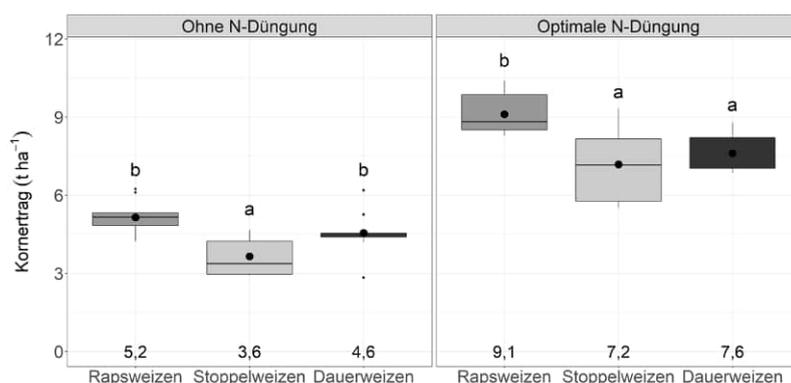
Dieser Frage widmete sich das Teilprojekt des IfZ innerhalb der ersten Phase des Verbundprojektes RhizoWheat, in Kooperation mit Partnern der Universität Kiel, des Julius Kühn-Institutes und des Forschungszentrums Jülich. Als einer von zwei zentralen Feldversuchen für das Gesamtprojekt diente dabei der Systemversuch Fruchtfolge, der nahe Göttingen seit 2006 vom IfZ durchgeführt wird und in dem verschiedene Fruchtfolgen hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Ertrag der Einzelkulturen sowie anderer Zielgrößen untersucht werden (Abb. 1).

Für das Projekt RhizoWheat wurden dabei eine Fruchtfolge mit einem Rapsweizen und einem darauffolgenden Stoppelweizen sowie eine langjährige Weizenmonokultur (seit Aussaat 2005 ununterbrochen Winterweizenanbau) untersucht. Der Ertrag war dabei über drei Versuchsjahre gemittelt für den Rapsweizen wie erwartet am höchsten, sowohl bei optimaler als auch bei ausgelassener N-Düngung (Abb. 2). Auffällig ist dabei, dass der Ertragsunterschied zum Dauerweizen ohne N-Düngung deutlich geringer war als zum Stoppelweizen. Die Stickstoffmenge im Weizenkorn war ebenfalls beim Rapsweizen höher als beim Stoppelweizen, wohingegen es zum Dauerweizen wiederum nur kleine Unterschiede gab. Im Vergleich zum Ertrag sind die Unterschiede im Kornstickstoff allerdings aufgrund einer geringeren Stickstoffkonzentration beim Raps- im Vergleich zum Stoppel- und Dauerweizen insgesamt weniger deutlich.



Abb. 1. Der Systemversuch Fruchtfolge in Harste bei Göttingen.

Abb. 2. Weizenkornenertrag in verschiedenen Fruchtfolgepositionen mit oder ohne optimale N-Düngung. Der Punkt und der unten angegebene Wert zeigen den Mittelwert aus drei Feldwiederholungen und drei Versuchsjahren (2020–2022). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen den Fruchtfolgepositionen innerhalb einer N-Düngestufe an.



Zwischen Stoppel- und Dauerweizen wurde nur im Versuchsjahr 2021 ein deutlicher Unterschied mit einem höheren Ertrag für Dauerweizen gefunden, während es in den anderen beiden Versuchsjahren nur ohne N-Düngung einen gewissen Mehrertrag beim Dauerweizen gab. Eine ausreichende N-Düngung scheint somit den Ertragsverlust beim Stoppelweizenanbau etwas zu kompensieren. Der stärkere Unterschied zwischen Stoppel- und Dauerweizen 2021 konnte mit einem starken Auftreten der Schwarzbeinigkeit in diesem Versuchsjahr in Verbindung gebracht werden; der Dauerweizen war dabei deutlich weniger betroffen als der Stoppelweizen, vermutlich aufgrund stärker entwickelter mikrobieller Antagonisten gegen die Infektion. Der Rapsweizen hingegen wies im betroffenen Jahr kaum Schwarzbeinigkeitssymptome auf, zeigte aber auch im Trockenjahr 2022, in dem es in keiner Variante einen Schwarzbeinigkeitsbefall gab, deutlich höhere Erträge als Stoppel- und Dauerweizen. Somit gab es einen klaren, vom Schwarzbeinigkeitserfolg unabhängigen positiven Vorfruchteffekt beim Raps im Vergleich zu Stoppel- und Dauerweizen.

Dieser positive Vorfruchteffekt ist bereits bei der ersten Bestimmung der oberirdischen Biomasse im April aufgefallen, bei der eine deutlich höhere Biomasse beim Raps- im Vergleich zu Stoppel- und Dauerweizen festgestellt wurde. Die N-Aufnahme war entsprechend der Biomasse ebenfalls höher, die N-Konzentrationen der Biomasse allerdings auf einem ähnlichen Niveau.

Als mögliche Ursachen für die gefundenen Unterschiede wurden die Durchwurzelungsintensität im Unterboden mittels Bohrkernprobenahme (30–120 cm Tiefe, Abb. 3) im April und Juni sowie die Bodenstruktur mittels ungestörter Bodenprobenahme im Ober- sowie oberen Unterboden (5–45 cm Tiefe) im April untersucht. Die Bodenstruktur sowie die Durchwurzelung wiesen zum Untersuchungszeitpunkt im April keine größeren Unterschiede auf, im Juni wurde hingegen eine deutlich höhere Wurzellängendichte des Rapsweizens im Vergleich zur Weizenselbstfolge in 30–60, 60–90 sowie 90–120 cm Tiefe in beiden Düngestufen festgestellt (zusammengefasst als 30–120 cm in Abb. 4).

Diese Ergebnisse lassen den direkten Zusammenhang von Bodenstruktur und Durchwurzelung im April mit der bereits deutlich differenzierten oberirdischen Weizenbiomasse fraglich erscheinen. Möglicherweise sind bereits vor den ersten Untersuchungen, also vor April, Vorteile von Raps als Vorfrucht zu Weizen wirksam geworden. So könnte eine vorteilhafte Bodenstruktur im Herbst einen Einfluss auf das frühe Weizenwachstum gehabt haben, im April aber durch den Einfluss der zwischenzeitigen Winterwitterung nicht mehr feststellbar gewesen sein. Angesichts der fehlenden Unter-



Abb. 3. Beispiel einer Wurzelprobe, in diesem Fall aus einer Dauerweizen-Parzelle der Probenahme im Juni 2021 aus 15–30 cm Bodentiefe. Die Wurzeln wurden dabei aus einem Bohrkern ausgewaschen, von anderem organischem Material getrennt, händisch auf Glasplatten ausgelegt und schließlich eingescannt. Das so entstehende Scanbild wird anschließend bildanalytisch ausgewertet.

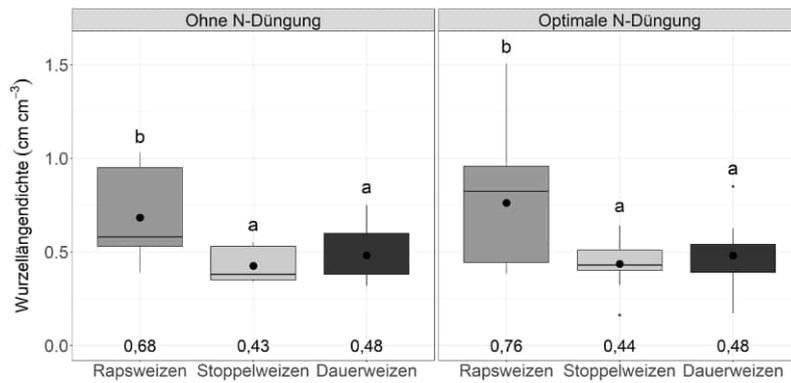


Abb. 4. Wurzellängendichte von Weizen im Juni (BBCH 69) in 30-120 cm Bodentiefe in verschiedenen Fruchtfolgepositionen mit oder ohne optimale N-Düngung. Der Punkt und der unten angegebene Wert zeigen den Mittelwert aus drei Feldwiederholungen und drei Versuchsjahren (2020-2022). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen den Fruchtfolgepositionen innerhalb einer N-Düngestufe an.

schiede bei der Durchwurzelung im April (trotz höherer oberirdischer Biomassebildung) könnte die höhere Durchwurzelung beim Rapsweizen im Juni möglicherweise eher eine Folge, denn eine Ursache günstigerer Wuchsbedingungen für den Raps- im Vergleich zum Stoppelweizen darstellen.

Diese durch die Ergebnisse der ersten Phase des Projektes RhizoWheat aufgeworfenen Fragen werden aktuell in der zweiten Phase untersucht. Neben einem Fokus auf der frühen, vorwinterlichen Entwicklung des Weizens nach Raps und Weizen, sollen auch die beiden zusätzlichen Vorfrüchte Silomais und Zuckerrübe miteinbezogen werden. Deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen wurde trotz der ökonomischen Relevanz dieser Kulturen und ihres weitverbreiteten Anbaus vor Weizen bisher kaum untersucht.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über Projektträger Jülich im Rahmen der Fördermaßnahme Rhizo4Bio.



Projektbearbeitung:
Jessica Arnhold, Dennis Grunwald, Heinz-Josef Koch

Optimierung der N-Düngung von Zuckerrüben nach Zwischenfruchtanbau

Im Zuckerrübenanbau werden nach Zwischenfrüchten teilweise Mehrerträge gegenüber einer Brache als Referenz erzielt, teilweise aber auch Mindererträge. Daten des von 2018–2022 durchgeführten Projektes THG-ZwiFru wurden genutzt, um einen Ansatz zur Berücksichtigung von Zwischenfrucht-spezifischen Merkmalen und Bodeneigenschaften zur Optimierung der N-Düngung zu Zuckerrüben nach Zwischenfrüchten zu entwickeln.

An den Standorten Göttingen und Ihinger Hof (Hohenheim) wurden jeweils in den Jahren 2018/19 und 2019/2020 Feldversuche mit vier Zwischenfruchtarten (Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke, Winterroggen) und zwei Stufen der mineralischen N-Düngung (N0= keine N-Düngung, Nopt=60–140/200 kg N ha⁻¹ je nach Ort/Jahr) durchgeführt. Im Mittel wurde gegenüber der Schwarzbrache ein Minderertrag nach Roggen, insbesondere in N0, und ein Mehrertrag nach Hafer und Wicke erzielt (Abb. 1).

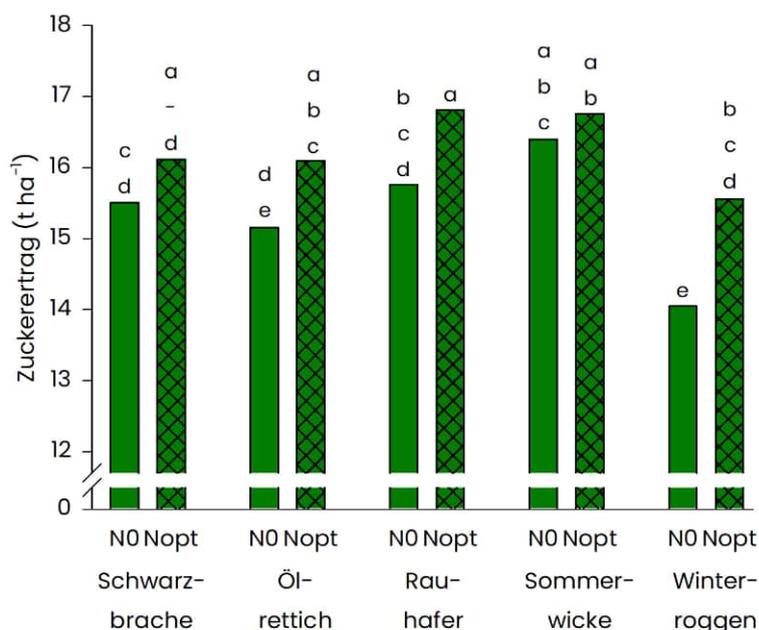


Abb. 1. Wechselwirkung von Zwischenfruchtanbau und N-Düngung (N0, Nopt) auf den Zuckerertrag im Mittel von vier Ort/Jahr-Kombinationen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede nach Tukey bei $p \leq 0,05$.

In einer Regressionsanalyse konnte die Differenz des Zuckerertrags nach Zwischenfrucht gegenüber Brache zu knapp 70 % mit den Zwischenfrucht-Variablen Biomasse, C/N-Verhältnis, Differenz des Frühjahrs-N_{min}-Wertes zur Schwarzbrache sowie dem Gesamt-N-Angebot (Frühjahrs-N_{min} plus N-Düngung) erklärt werden. Der Bezug des N_{min}-Wertes und des Zuckerertrags nach Zwischenfrucht auf die Brache ermöglichte es hierbei, Ort/Jahr-bedingte Unterschiede und Zwischenfrucht-spezifische Effekte hinreichend genau zu erfassen. Eine Sensitivitätsanalyse zeigte, dass bei verschiedenen, in der Realität zu erwartenden Zwischenfruchtszenarien eine hohe Zwischenfrucht-Biomasse einen Minderertrag gegenüber einer Brache verursacht. Ursächlich hierfür ist ein durch eine hohe N-Aufnahme gegenüber der Brache deutlich verringerter Frühjahrs-N_{min}-Gehalt, zumindest auf Lössboden mit hohem Wasserspeichervermögen, d. h. geringer N-Auswaschung. Dieser Minderertrag kann jedoch durch ein höheres N-Angebot, d.h. eine höhere

N-Düngung, ausgeglichen werden (Abb. 2). Bei einem engen C/N-Verhältnis der Biomasse wird der negative Ertragseffekt der Zwischenfrucht zudem abgeschwächt. Ein Mehrertrag nach Zwischenfrucht ist bei einer geringen N_{min} -Differenz zwischen Brache und Zwischenfrucht und/oder einer geringen Zwischenfrucht-Biomasse zu erwarten. Dies tritt z.B. auf Sandböden aufgrund der ohne Zwischenfruchtanbau deutlich höheren Auswaschung regelmäßig auf und wird durch das N-Angebot, also auch die Höhe der Düngung, nur wenig beeinflusst. Eine rasche Frühjahrs-N-Mineralisation dürfte den positiven Ertragseffekt des Zwischenfruchtanbau auf sandigen Standorten noch fördern.

Dieser Ansatz muss in weiteren Versuchen überprüft werden, die eine breite Variation von Standort, Witterung und Zwischenfruchtarten und -gemengen mit unterschiedlichem Management umfassen. Er kann möglicherweise genutzt werden, um die N-Düngung von Zuckerrüben nach Zwischenfrüchten zu optimieren. Dazu müssen Kennwerte der Zwischenfrucht-Biomasse und der Frühjahrs- N_{min} -Gehalt vorliegen, die durch einfache Schätzverfahren oder satelliten- bzw. drohnengestützt (Biomasse) bzw. durch Modellierung (N_{min}) ermittelt und in einer Web-Anwendung zur Verfügung gestellt werden könnten.

Das Projekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 281B201216).

Gefördert durch



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektbearbeitung: Heinz-Josef Koch, Dennis Grunwald



Zwischenfruchtversuch in Göttingen Ende September. Winterroggen im Vordergrund sowie Rauhafer und Ölrettich sind bereits gut entwickelt. Unter den weißen Hauben wird die Lachgasfreisetzung gemessen.

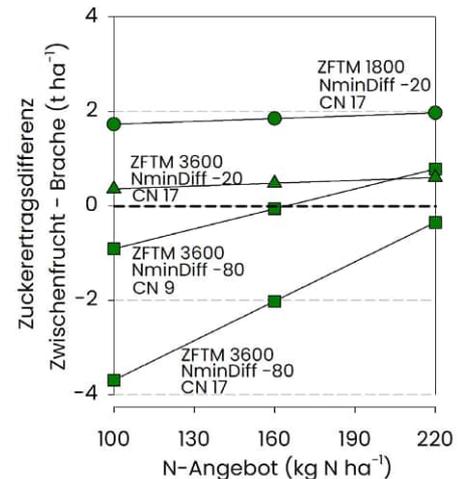


Abb. 2. Einfluss des N-Angebots (N_{min} -Gehalt Frühjahr + N-Düngung) auf die Differenz des Zuckerertrag nach einer Zwischenfrucht (ZF) gegenüber Schwarzbrache für vier Szenarien mit unterschiedlicher ZF-Biomasse (ZFTM, kg Trockenmasse ha⁻¹), Differenz des N_{min} -Gehalts zum Saattermin zwischen Zwischenfrucht und Brache ($N_{min}Diff$, kg N ha⁻¹) sowie dem C/N-Verhältnis der ZF-Biomasse. Bei der Ableitung der Regressionsgleichung wurde eine der vier im Projekt untersuchten Ort/Jahr-Kombinationen aufgrund fehlender Ertragsunterschiede ausgeschlossen.

Welchen Einfluss hat erhöhte CO₂-Konzentration auf den Rübenenertrag?

Kommende klimatische Bedingungen werden sowohl die Prozesse der Ertragsbildung von Zuckerrüben als auch das Infektionsgeschehen durch Krankheiten und Schädlinge verändern. Welche Effekte dies für den finalen Ertrag hat, ist aktuell nicht quantifiziert und kann durch Ertragsprognosemodelle nicht abgebildet werden.

Im Jahr 2023 hatten wir die Gelegenheit, in Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich Zuckerrüben in einer so genannten ‚Free Air Carbon Dioxide Enrichment‘ (FACE)-Anlage am Standort Campus Klein Altendorf anzubauen. Diese erhöhte durch eine metallene Ringanlage und unter konstanter sensorischer Kontrolle (Abb. 1) die atmosphärische CO₂-Konzentration im Zuckerrübenbestand konstant auf 600 ppm. Zum Vergleich: Die weltweit mittlere CO₂-Konzentration lag im Jahr 2023 bei knapp 420 ppm und der aktuelle jährliche Anstieg bei zusätzlichen 2,5 ppm pro Jahr. In einer Kontrollfläche wurde die CO₂-Konzentration nicht verändert und lag um die 400 ppm.



Abb. 1. FACE-Anlage (‚Free Air Carbon Dioxide Enrichment‘) am Standort Campus Klein Altendorf. Der metallene Ring bläst kontinuierlich zusätzliches CO₂ in den Zuckerrübenbestand. Foto: D. Konche, Forschungszentrum Jülich

Neben der Ertragsbildung war hier ein besonderer Fokus, die Infektionsdynamik durch die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit zu überprüfen. Dazu erfolgte eine künstliche Inokulation mit *Cercospora beticola* und der Anbau von zwei Sorten, einer anfälligen sowie einer mit sehr geringer Anfälligkeit. Die Inokulation gelang, erste Symptome der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit zeigten sich jedoch erst Anfang August. Im Versuch kamen klassische Methoden der Ertragserhebung sowie eine Vielzahl an sensorischen Methoden, insbesondere durch unseren Projektpartner Forschungszentrum Jülich, zum Einsatz.

Der Rübenenertrag in der nicht-inokulierten Variante wurde durch die gesteigerte CO₂-Konzentration deutlich erhöht, im Falle der wenig anfälligen Sorte war der Effekt signifikant (Abb. 2). Auch der Zuckergehalt (nicht gezeigt) stieg durch die erhöhte CO₂-Konzentration. Dies war auch der Fall in der mit *Cercospora beticola* inokulierten Variante. Hier wirkte die erhöhte CO₂-Konzentration den Ertragsverlusten durch die Krankheit entgegen – der Ertrag war dennoch reduziert gegenüber der gesunden Variante.

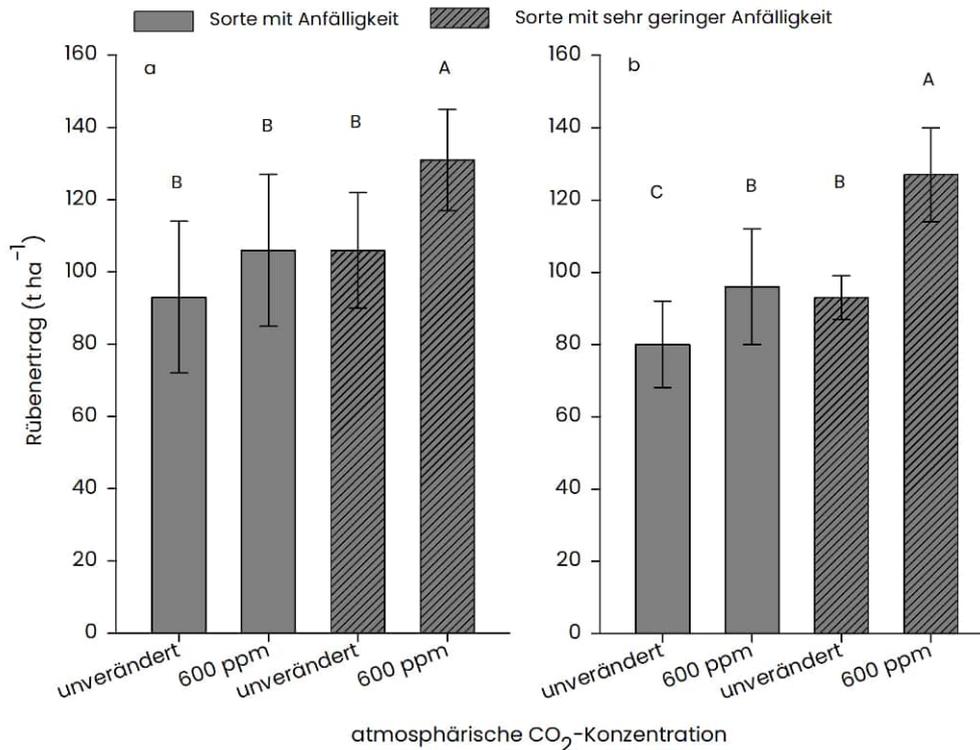


Abb. 2. Rübenertrag unter dem Einfluss von erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration und ohne (a) bzw. mit (b) künstlicher Inokulation von *Cercospora beticola* im 'Free Air Carbon dioxide Enrichment' Versuch am Campus Klein Altendorf in 2023; unterschiedliche Sorten waren durch unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit charakterisiert. Mittelwert ($n = 8$) und Standardabweichung; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten für (a) und (b) separat ausgewertet (ANOVA; $p \leq 0,05$).

Im Versuchsjahr 2024 werden wir uns insbesondere durch eine zusätzliche Zeiternte im Sommer die Effekte auf die ertragsbildenden Prozesse anschauen können.

Das Projekt wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes DPPN-Access gefördert (Grant Agreement 031B1217) und in Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich durchgeführt.



Projektbearbeitung:
Naveen Kumar Ganga Raju, Anne-Katrin Mahlein, Anna Jacobs

Multi-angulare, multispektrale Luftaufnahmen zur Untersuchung spektraler Signaturen im Pathosystem Zuckerrübe – Cercospora-Blattfleckenkrankheit

In vielen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums kann man, je nach zeitlicher und räumlicher Auflösung, Reflektanzunterschiede bei der Betrachtung von Pflanzen, so auch in Zuckerrüben, erkennen. Solche Unterschiede werden quantifiziert, um Stressarten und Pflanzenzustände zu charakterisieren. Die Signale werden in der Fernerkundung dann oft für die Modellierung des Systems verwendet. Da die Variation von Kamera-Beobachtungswinkeln in Fernerkundungsstudien nachgewiesenermaßen einen Einfluss auf Reflektanzsignale hat, ist es möglich, dass sich bestimmte Beobachtungswinkel für die Verbesserung von Vorhersagemodellen eignen. Dieses Konzept wird im Rahmen des Projekts ON-Cerco nun auf das Pathosystem *Beta vulgaris* L. – *Cercospora beticola* Sacc. übertragen.

Licht ist eine Form elektromagnetischer Strahlung, die sich als Welle durch den Raum bewegt. Diese Wellen können verschiedene Wellenlängen haben, die sich im elektromagnetischen Spektrum manifestieren. Innerhalb dieses Spektrums gibt es bestimmte Bereiche, die für die Vegetationserkundung und Agrarwissenschaften besonders relevant sind: das sichtbare Licht (VIS), der nahe Infrarot-Bereich (NIR) und der kurzwellige Infrarotbereich (SWIR; engl. short-wave infrared).

VIS umfasst Wellenlängen von etwa 400–700 nm. Pflanzen reflektieren besonders im grünen Bereich der VIS-Region, was ihnen ihre charakteristische Farbe verleiht. Krankheiten, die den Pigmenthaushalt beeinflussen und in ihrer Symptomentwicklung zu Chlorosen, Nekrosen oder Akkumulation pilzlicher Strukturen führen, verändern die spektrale Reflektanz im VIS-Bereich. NIR reicht von etwa 700–1300 nm. Pflanzen reflektieren typischerweise viel mehr NIR-Licht als sichtbares Licht, da es in den Zellstrukturen der Blätter stark reflektiert wird. Diese Eigenschaft macht den NIR-Bereich besonders nützlich für die Analyse der Pflanzengesundheit, da bei einigen Stressarten diese Zellstrukturen verändert werden und sich dies auf die Reflektanz auswirkt. SWIR umfasst Wellenlängen von etwa 1400–3000 nm. Dieser Bereich des elektromagnetischen Spektrums ist besonders relevant, da er empfindlich auf den Wassergehalt in Pflanzen reagiert. SWIR-Reflektanzmessungen können Aufschluss über den Feuchtigkeitszustand der Vegetation geben. Zusätzlich entstehen spektrale Variationen durch Änderungen im Chlorophyllgehalt, dem Blattwinkel, Blattdicke und -struktur, Bestandsgeometrie, Bestandsschluss und -dichte und phänologische Phasen der jeweiligen Pflanzenart.

Da Variationen von spektralen Pflanzensignaturen eine der Grundlagen für die Analyse von Pflanzenzuständen sind (Abb. 1), ist es notwendig möglichst viele Ursprünge der Variationen zu verstehen. Spektrale Signaturen werden nicht nur durch die Eigenschaften der Pflanzen selbst beeinflusst, sondern auch durch externe Faktoren wie dem Winkel und der Richtung der Beleuchtung und Beobachtung im Zusammenspiel mit der jeweiligen Wellenlänge. Die Art und Weise, wie Licht auf eine Pflanze trifft und wie es von Sensoren erfasst wird, kann die aufgezeichneten spektralen Muster erheblich verändern (Abb. 2). Variationen in diesen Winkeln können zu unterschiedlichen Reflektanzwerten führen und somit die Interpretation der Vegetationsdaten beeinflussen.

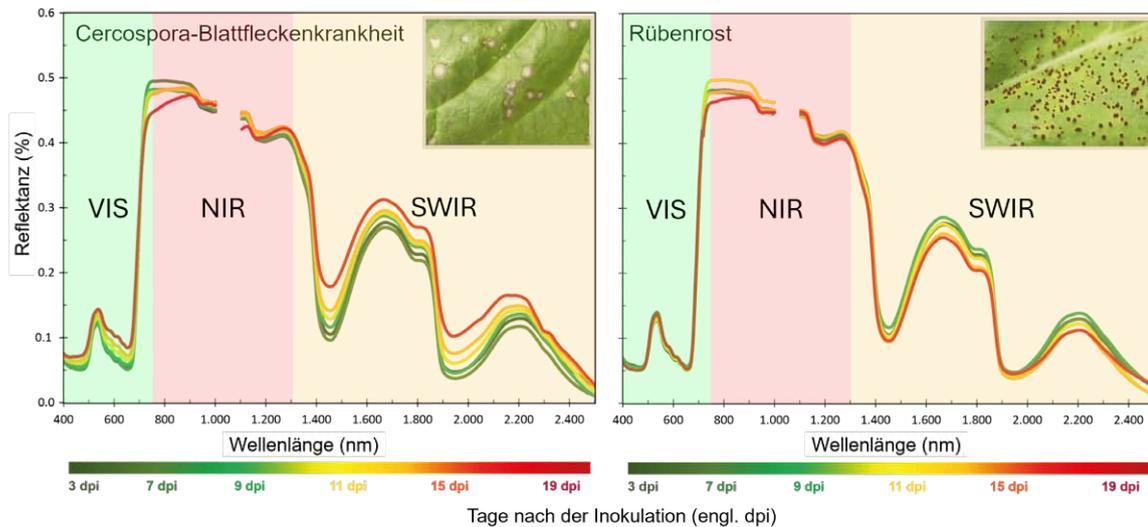


Abb. 1. Spektrale Signaturen von Blättern der Zuckerrübe aufgenommen, die mit der *Cercospora* Blattfleckenkrankheit (links) oder Rüberrrost (rechts) inokuliert worden sind. In allen Bereichen, der VIS, NIR und SWIR-Region, kann man Unterschiede in der Signalintensität zwischen den Signaturen erkennen. Solche Unterschiede werden für unterschiedliche Stressarten und Pflanzenzustände charakterisiert, um die Signale dann für die Modellierung des Systems zu verwenden. Quelle: Mahlein 2016 (nicht publiziert)

Die Untersuchung der winkelabhängigen Variationen der Reflektanz ist ein zentrales Konzept in der Fernerkundung. Dabei kann man Reflektanzeigenschaften unterschiedlicher Materialoberflächen (z.B. Pflanzen) beschreiben, indem man den Zenith- und Azimuth-Beleuchtungswinkel in Kombination mit den dazugehörigen Beobachtungswinkeln und in Abhängigkeit der Wellenlänge untersucht. Dazu wurden in der Vergangenheit stationäre und komplexe Goniometer verwendet, an denen Kameras installiert wurden welche Aufnahmen aus allen möglichen Richtungen einer Hemisphäre machen konnten. Eingangs ging man dazu über, die resultierenden Variationen zu korrigieren. Inzwischen versucht man sich die Reflektanzsignaturen aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu Nutze zu machen. Dies ist auch das Ziel des DFG Projektes ON-Cerco welches am Institut für Zuckerrübenforschung in Kollaboration mit der Universität Bonn durchgeführt wird.

In dem Projekt werden Drohnen als günstigere und flexiblere Alternative zu Goniometern verwendet um die Geometrieeffekte zwischen Lichtquelle (Sonne) und Sensor (Multispektrale Kameras) zu studieren. Seit einigen Jahren werden spektrale Kameras in diesem Forschungsbereich verwendet, um unterschiedliche Nutzpflanzen zu phänotypisieren oder Aussagen über deren Vitalität

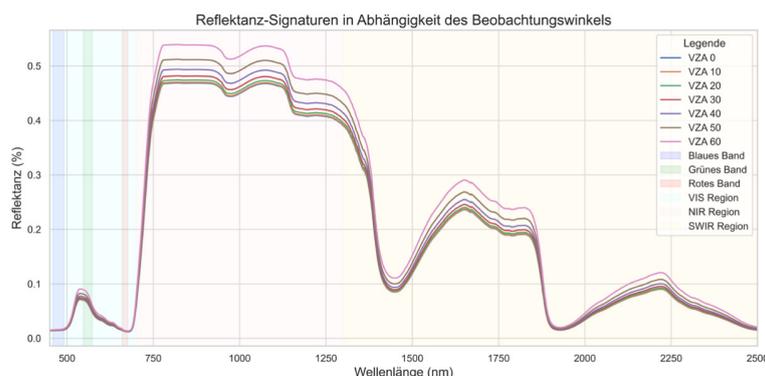


Abb. 2. Sieben unterschiedliche Reflektanzsignaturen die mit dem Strahlungstransfermodell PRO4SAIL simuliert wurden. Man erkennt deutliche Unterschiede im NIR und SWIR-Bereich. Weniger deutlich sind die Intensitätsunterschiede in der VIS-Region. Die Unterschiede in der Signalintensität sind auf den ersten Blick schwierig von den Stresssignalen in Abbildung 1 zu unterscheiden. Allerdings entsteht die Variation der Signaturen in diesem Bild von einer Änderung des Beobachtungswinkels (d.h. Neigungswinkel der Kamera) zwischen 0° (direkt nach unten ausgerichtet; VZA 0) und 60° (VZA 60).

oder Produktivität zu treffen. Die klassische Variante für die Datenaufnahme ist es, den Sensor direkt nach unten zu richten und im Nachgang aus den Bildern eine Übersichtskarte mittels photogrammetrischer Prozessierung zu erzeugen. Diese Variante limitiert die Menge an Reflektanzsignaturen die aus den Drohnenmissionen gewonnen werden können, weil die photogrammetrische Prozessierung für jeden Bereich im Bild nur einen Beobachtungswinkel auswählt. Bereits bei einem gewöhnlichen Überflug werden durch horizontale und vertikale Bildüberlappung, die für die nachfolgende Erstellung der Übersichtskarte notwendig sind, bis zu über 40 Beobachtungswinkel für jedes einzelne Pixel generiert. Es hat sich gezeigt, dass es bestimmte Bereiche innerhalb der verfügbaren Beobachtungswinkel gibt, die sich besonders für die Verbesserung einer Vorhersage der genannten Parameter eignen. Dieses Konzept wird im Rahmen von ON-Cerco nun auf das Pathosystem *Beta vulgaris* L. – *Cercospora beticola* Sacc. übertragen. In erster Instanz werden klassische Analysen zur spektralen Varianz an unterschiedlichen Zeitpunkten der Pathosystementwicklung durchgeführt. Die multiangularen Daten werden aber auch der Bestimmung von Krankheitsschwere und Inzidenz dienen, um herauszufinden, ob es auch in diesem System besonders optimale Beobachtungswinkel für eine solche Klassifizierung gibt. Um dieses Ziel umzusetzen, werden moderne methodische Ansätze die aus der Kombination von empirischen (z.B. Maschinelles Lernen) und mechanistischen Modellen (z.B. Strahlungstransfermodelle) bestehen. Komplette Ergebnisse werden für das Jahr 2027 erwartet.

Wir danken den Kollaborationspartnern Prof. Dr. Uwe Rascher (Forschungszentrum Jülich) und Prof. Dr. Cyrill Stachniss (Universität Bonn). Dieses Projekt wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Projektnummer: 521313940.

Projektbearbeitung: Rene H.J. Heim, Anne-Katrin Mahlein



Abb. 3. An der Drohne (DJI M350 RTK) wird eine multispektrale Kamera (Micasense RedEdge-P) installiert. Die Kamera wird in 4 Flügen einmal direkt nach unten ausgerichtet und dann bei einem Neigungswinkel von 20° jeweils einmal in Richtung der Sonne geflogen, einmal von der Sonne abgewandt geflogen und einmal mit der Sonne in der Flanke geflogen, um unterschiedliche Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel zu generieren.

Einblicke in die Genomeditierung in Zuckerrüben

Genomeditierung/Genome Editing (GE) mit dem CRISPR/Cas9-System (clustered regularly interspaced short palindromic repeat) hat das Potenzial, die Verbesserung von Kulturpflanzeigenschaften zu beschleunigen, da es präzise und vorhersehbare Mittel zur Veränderung von Genomen bietet. Dies schließt die Unterbrechung, Korrektur oder Einfügung von Genen ein. Die Wirksamkeit dieses Ansatzes ist jedoch entscheidend und hängt von der effizienten Bereitstellung der Editierkomponenten ab.

Ziel des BetaEdit-Projekts war die Untersuchung der Möglichkeiten, mit Hilfe von pflanzenviralen Replikons des Beet curly top virus (BCTV) die Effizienz der Genomeditierung in Zuckerrüben zu steigern. Geminivirale Replikons (GVRs) wurden erfolgreich zur Verbesserung der Wirksamkeit von gentechnisch veränderten Pflanzen in Modellpflanzen wie Tomaten, Tabak, Reis und Weizen eingesetzt. Wir haben gezeigt, dass ein GVR auf der Basis des Beet curly top virus (BCTV) erfolgreich CRISPR/Cas-Komponenten in die Modellpflanze *Nicotiana benthamiana* einschleust. Hierfür wurde gezielt ein endogenes Green fluorescent protein (GFP)-Gen zur Mutation angesteuert (Abb. 1) und auch gfp-mutante Zellen durch homologe DNA-Rekombination (HDR) in Gelb fluoreszierende Zellen umgewandelt (Abb. 2). Die genauen Mechanismen des BCTV-Replikons für ein effizienteres GE in Pflanzen sind jedoch unbekannt.

Das Verständnis der Auswirkungen des BCTV-Replikons auf den HDR-Weg in Pflanzenzellen wird sowohl das Wissen zur viralen homologen Rekombination als auch zur HDR in Pflanzen vergrößern. Dies könnte den Weg zur Steigerung der Wirksamkeit von gentechnischen Verfahren bei (Nutz-)Pflanzen einschließlich Zuckerrüben ebnen. Zu diesem Zweck wurde ein Modell zur Bewertung der Virusrekombination unter Verwendung eines sichtbaren Markergens (GFP) entwickelt und die Rolle der einzelnen BCTV-Gene bei der vi-

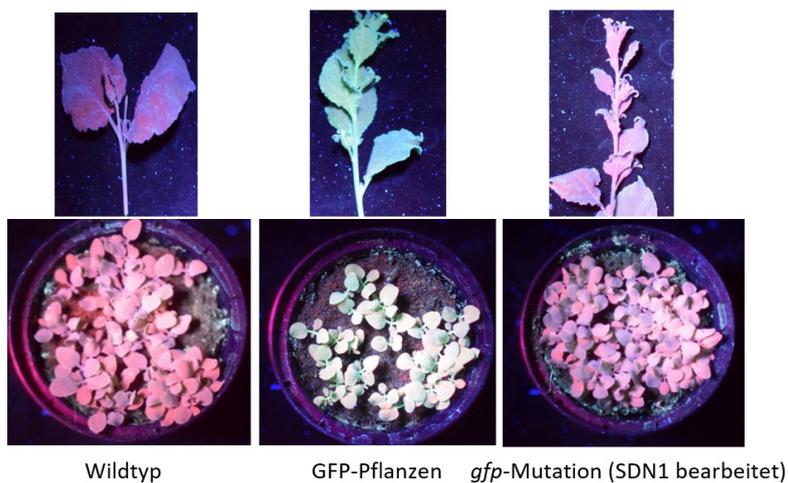


Abb. 1. Phänotypisches Erscheinungsbild von GFP-transgenen *N. benthamiana*-Pflanzen, die stabil mit BCTVrepl-crRNAs (BCTV-Replikon, das die CRISPR-RNA exprimiert) für die Mutagenese (site-directed nuclease 1, SDN-1) des GFP-Zielgens super-transformiert wurden. Die GFP-Fluoreszenz unter UV-Licht zeigt rote Fluoreszenz für den Wildtyp und grüne Fluoreszenz für die GFP-transgenen Pflanzen. Die Mutation im gfp-Gen führte zu einer roten Fluoreszenz in den Pflanzen.

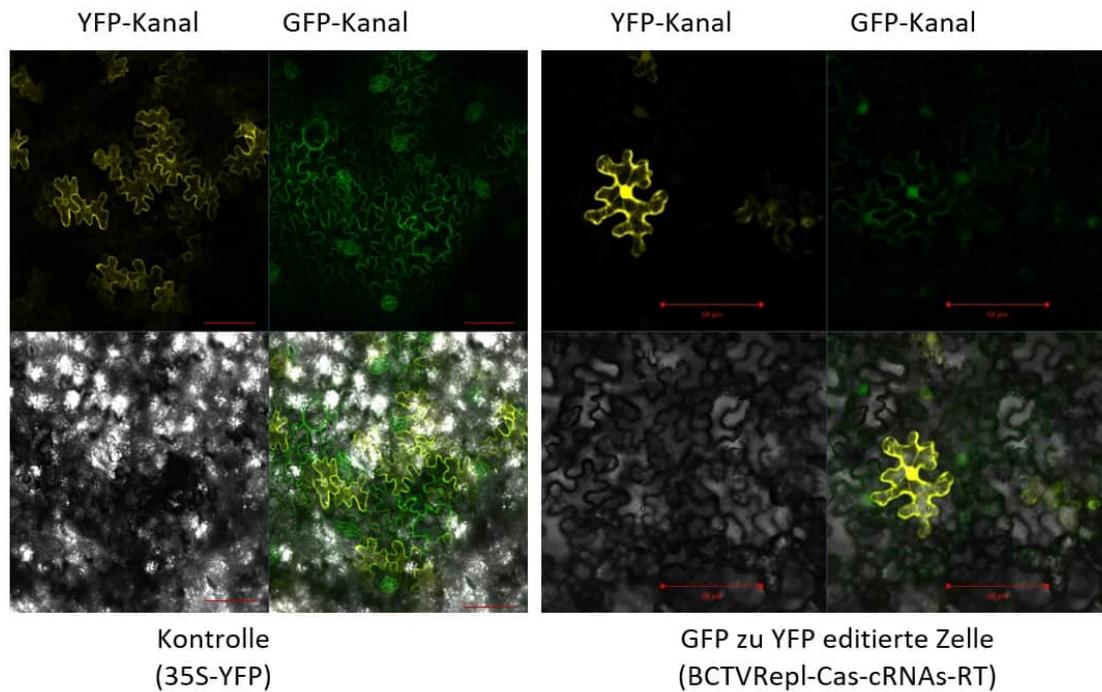
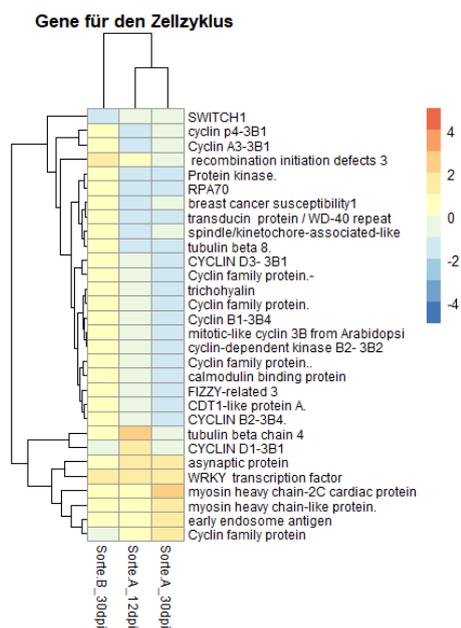


Abb. 2. Untersuchung der Epifluoreszenz von Blattgewebe unter Verwendung von „Spectral Unmixing“ in der konfokalen Laser-Scanning-Mikroskopie für die Veränderung von *gfp*-Mutantenzellen zu YFP-Zellen. Für jede Behandlung sind ein helles Feld eines Blattes (unten links) und ein zusammengefügtes Bild (unten rechts) gezeigt. Maßstabsbalken = 50 µm.



ralen DNA-Rekombination getestet. Außerdem wurde die Reaktion von Zuckerrübenpflanzen auf eine Virusinfektion untersucht, wobei der Schwerpunkt auf dem Zellzyklus (Abb. 3) und HDR-verwandten Genen lag, um die relevanten Genfaktoren für die künftige Verbesserung von Genomeditierung in Zuckerrüben zu ermitteln.

Die Untersuchungen wurden in Kooperation mit der KWS SAAT SE & Co. KGaA durchgeführt.

Das Projekt wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Projektnummer 672769/ EL1191-1-1.

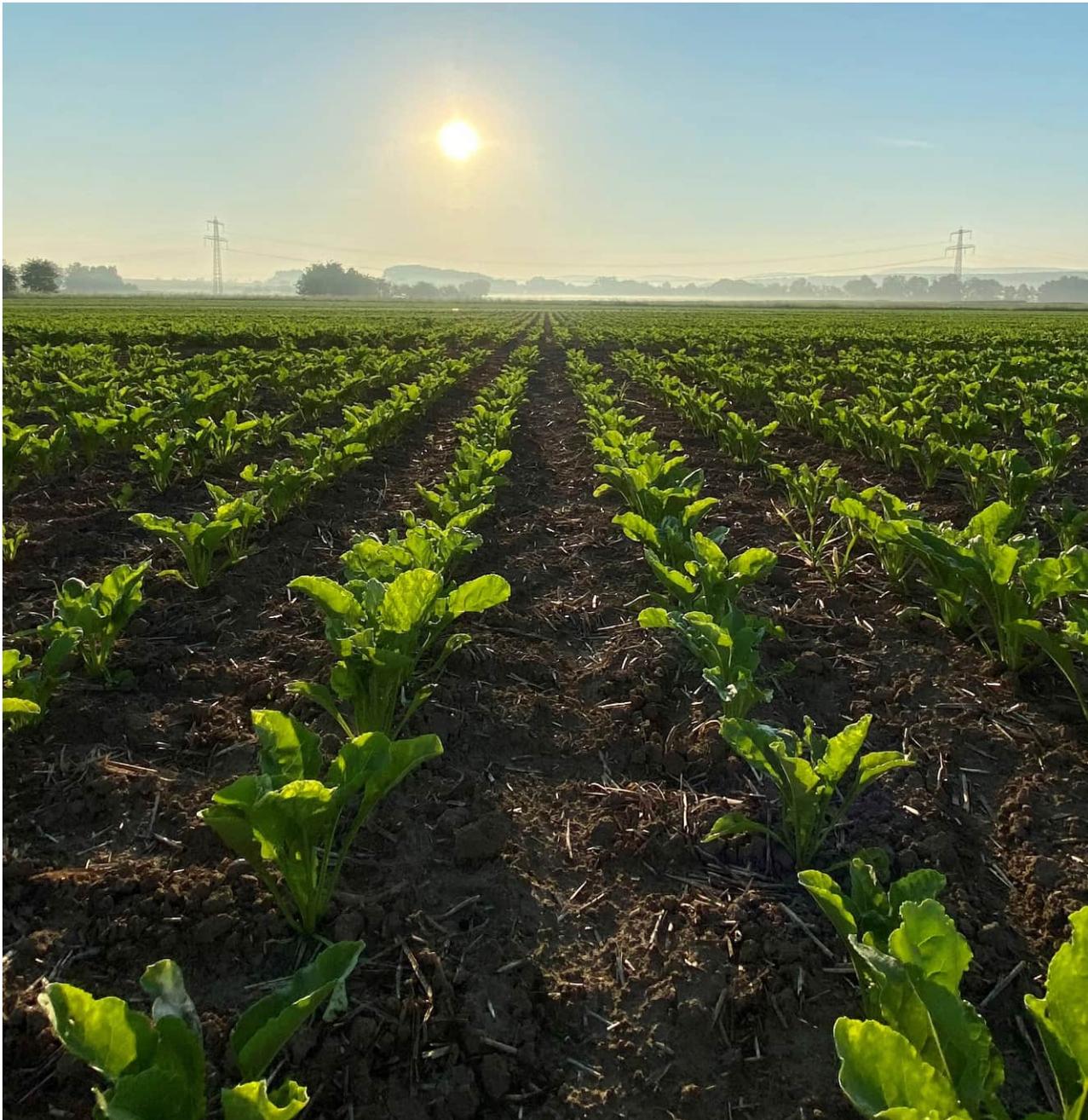
Projektbearbeitung:
Omid Eini, Mark Varrelmann, Nadine Schumann

Abb. 3. Expressionsprofil der mit dem Zellzyklus verbundenen Gene in BCTV-infizierten Zuckerrübenpflanzen. Log₂-Fold-Change von Zellzyklusgenen in Pflanzen der Linie B (bei 30 dpi) und der Linie A (bei 30 und 12 dpi) wurden verglichen.



Herbstliche Stimmung in Zuckerrüben

KOORDINIERUNGS-AUSSCHUSS AM IFZ UND KOORDINIERT E VERSUCHE



Der Koordinierungsausschuss und seine Arbeitskreise

Der Koordinierungsausschuss (KA) am Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) und seine Arbeitskreise befassen sich mit aktuellen und zukunftsorientierten Themen des Anbaus von Zuckerrüben und der Planung von beratungsbezogenen Feldversuchen (technische Forschung) in den Bereichen Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Sorte, Feldversuchswesen und Digitalisierung.

Der KA setzt sich aus Vertreter*innen der Zuckerindustrie, der Arbeitsgemeinschaften und der Anbauverbände zusammen und wird vom IfZ organisiert. Dadurch repräsentiert der KA den gesamten deutschen Zuckerrübenanbau und bietet die Möglichkeit des gemeinsamen Austausches, um aktuelle und relevante Probleme zu diskutieren und Lösungsansätze zu entwickeln. Für die Beratung der Rübenanbauer werden verlässliche Ergebnisse aus überregionalen Feldversuchen benötigt, um Entscheidungen für einen effizienten Zuckerrübenanbau zu ermöglichen. Zu den oben genannten Themenbereichen wird der KA durch langjährig etablierte und spezialisierte Arbeitskreise unterstützt. Über die Sprecher der Arbeitskreise aus dem IfZ wird das Fachwissen des Instituts eingebunden. Der Bedarf für neue Arbeitskreise sowie übergeordnete Angelegenheiten werden mit den verschiedenen Regionen im Koordinierungsausschuss abgestimmt. So wurde beispielweise auf Grund der steigenden Bedeutung digitaler Technologien in der Landwirtschaft 2023 der Arbeitskreis Digitalisierung eingerichtet, um den Austausch und gemeinsame Aktivitäten zwischen den Regionen zu fördern.

Im koordinierten Versuchswesen hat die Sortenprüfung auf Ertrag und Qualität einen hohen Stellenwert. Ein wesentliches Element ist seit langer Zeit die Erfassung von Resistenz oder Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Neben den bekannten Krankheiten wie der Cercospora-Blattfleckenkrankheit stehen derzeit vor allem die viröse Vergilbung und das „Syndrome des basses riches“ (SBR) im Fokus der Untersuchungen. Bei der virösen Vergilbung besteht die Herausforderung vor allem in der arbeitsintensiven Versuchsmethodik, da die Versuche ausschließlich unter Inokulation mit virustragenden Blattläusen durchgeführt werden. Auf Grund der zunehmenden Ausbreitung und der hohen Ertragsverluste wird in den nächsten Jahren jedoch die Prüfung auf Toleranz gegenüber SBR den größten Stellenwert im koordinierten Prüfsystem einnehmen. In diesem Bereich wurden die Prüfkapazitäten bei den beteiligten Arbeitsgemeinschaften und Züchtern bereits ausgebaut und werden in Zukunft weiter gesteigert.

Der chemische Pflanzenschutz spielt ebenso eine wichtige Rolle im koordinierten Versuchswesen. In Kooperation mit Pflanzenschutzmittelunternehmen werden zugelassene oder in der Zulassung befindliche Produkte auf ihre Wirksamkeit geprüft. Die Versuche werden als Ringversuche in den Regionen unter Praxisbedingungen angelegt, wobei der Schwerpunkt auf Herbiziden und Fungiziden liegt. In den Versuchen werden unter anderem Versuchsfragen adressiert, die sich durch veränderte Rahmenbedingungen in der Zulassung ergeben. Dazu gehört beispielweise die Prüfung alternativer Herbizidstrategien zur Bekämpfung von Problemunkräutern nach dem Wegfall von Triflursulfuron.

Reform des integrierten Sortenprüfsystems bei Zuckerrüben

Das integrierte Sortenprüfsystem hat sich in den letzten 30 Jahren als sehr flexibel erwiesen und damit zu einem wirtschaftlich erfolgreichen Zuckerrübenanbau in Deutschland beigetragen. Die Einführung von Toleranzen gegen Blattkrankheiten, Nematoden und Rizomania waren dabei wichtige Errungenschaften, die heute für den Anbau von großer Bedeutung sind.

Die abnehmende Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln und das Auftreten neuer Pflanzenkrankheiten wie SBR („Syndrome basées riches“) oder Vergilbungsviren stellen das integrierte Prüfsystem wieder vor neue Herausforderungen. Die zusätzlichen Fragestellungen müssen mit den vorhandenen Prüfkapazitäten sicher beantwortet werden. Daher war eine fachlich fundierte Reform des integrierten Prüfsystems notwendig, um eine effiziente Nutzung der vorhandenen Prüfkapazitäten zu ermöglichen.

Das integrierte Sortenprüfsystem bei Zuckerrüben besteht aus zwei Stufen (Abb. 1). In der ersten Stufe werden die von den Züchtern angemeldeten Prüfkandidaten zunächst zweijährig geprüft, bevor eine Zulassung nach landeskulturellem Wert erfolgen kann. Daran schließt sich die zweite Stufe an, in der die neu zugelassenen Sorten über das koordinierte Versuchswesen im vergleichenden Anbau mit den aktuell zugelassenen Sorten geprüft werden. Damit stehen bereits im ersten Jahr nach der Zulassung beim Bundes-sortenamt dreijährige Ergebnisse für die Sortenberatung zur Verfügung.

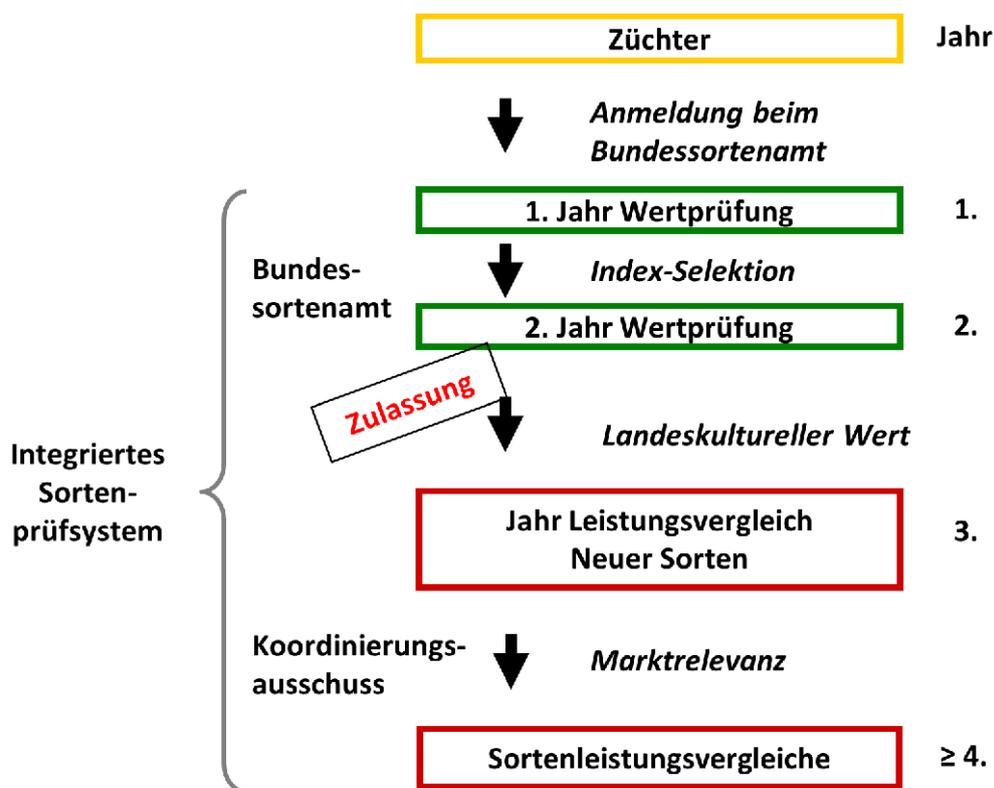


Abb. 1. Schematische Darstellung des integrierten Sortenprüfsystems bei Zuckerrüben.

Grundsätzlich muss jede Sorte mindestens die Regelprüfung durchlaufen, in der die Ertragsleistung ohne Nematodenbefall, aber mit und ohne Blattkrankheiten bestimmt wird. Im alten Prüfungssystem wurde dies durch ein zweistufiges Verfahren mit und ohne Fungizideinsatz erreicht. Ab 2024 soll ein stärkerer Fokus auf die Blattgesundheit gelegt werden. Daher werden die Sorten nur noch einstufig ohne Fungizide geprüft. Bei vorhandenem Befallsdruck kann ein reduzierter Fungizideinsatz mit einer Applikation erfolgen. In Regionen mit starkem Cercospora-Befall ist eine zweite Behandlung nicht ausgeschlossen, soll aber in enger Absprache zwischen Bundessortenamt und den Versuchsanstellern erfolgen. Durch die Reduzierung der Faktorstufen ist es möglich, die Anzahl der Wiederholungen von zwei auf drei zu erhöhen, wobei der Gesamtprüfungsumfang immer noch niedriger ausfällt als im alten System.

Auch nach der Reform des Prüfungssystems sollen weiterhin beratungsrelevante Sortenergebnisse für Regionen mit starkem und geringem Auftreten von Blattkrankheiten zur Verfügung gestellt werden. Daher wird die Auswertung der Sortenergebnisse in Zukunft eine Gruppierung der Standorte nach Befall mit Cercospora erfordern. Dies ist aufgrund der hohen Anzahl von Versuchsstandorten möglich, so dass weiterhin das Ertragspotenzial mit und ohne Befall von Blattkrankheiten abgeleitet werden kann. Diese Änderungen betreffen die Prüfung ohne Nematodenbefall. Die Prüfung unter Nematodenbefall wurde immer einstufig durchgeführt. Auch hier wurde eine geringfügige Anpassung vorgenommen, indem die Anzahl Wiederholungen von vier auf drei und die Anzahl Standorte von 18 auf 12 reduziert wurde. Diese Prüfung wird weiterhin mit Fungiziden blattgesund gehalten, um die Nematodentoleranz der Sorten ohne Wechselwirkungen mit Blattkrankheiten zu beschreiben.

Die Anpassungen im Prüfungssystem ermöglichen es einerseits, weiterhin umfassende und differenzierte Sortenergebnisse zu generieren, und bieten andererseits durch die freiwerdenden Versuchskapazitäten eine stärkere Schwerpunktsetzung auf aktuelle Probleme wie SBR.

Sortenversuche mit SBR-Befall – ein neuer Baustein des integrierten Prüfsystems

Seit 2008 breitet sich das „Syndrome des basses richesses“ (SBR, Syndrom niedriger Zuckergehalte) in Deutschland aus und stellt die gesamte Wertschöpfungskette vor enorme Herausforderungen. Die Krankheit wird durch die Schilf-Glasflügelzikade (*Pentastiridius leporinus*) übertragen und beruht auf einem Erregerkomplex aus dem Proteobakterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*' und dem Phytoplasma '*Candidatus Phytoplasma solani*'.

Die typischen SBR-Symptome sind Vergilbung der Blätter (Abb. 1) und eine starke Verminderung von Zuckergehalt (um bis zu 5 % absolut) und Rübenenertrag (um bis zu 25 % absolut). Die niedrigen Zuckergehalte werden insbesondere auf die Infektion mit dem Proteobakterium zurückgeführt. Das Phytoplasma dagegen verursacht die als Stolbur oder „rubbery taproot disease“ (RTD, „Gummirüben“) bezeichnete Krankheit, die 2023 erstmals die Befallssituation in Deutschland dominiert hat.

Eine Kontrolle der Schilf-Glasflügelzikade ist bislang kaum möglich. Chemische Verfahren zur direkten Bekämpfung stehen nicht zur Verfügung und pflanzenbauliche Maßnahmen wie Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung haben nur eine begrenzte Wirkung. In den Befallsregionen werden daher dringend Sorten benötigt, die über eine Toleranz gegenüber SBR verfügen. In Sortenversuchen und in der Praxis hat sich früh gezeigt, dass Zuckerrübensorten unterschiedlich auf den Befall mit SBR reagieren. Seit 2020 werden im integrierten Sortenprüfsystem auch Versuche zur Sortenleistung unter SBR-Befall durchgeführt, um für den Anbau geeignete Sorten zu identifizieren.



Abb. 1. Typisch für SBR ist die Gelbfärbung der Blätter im gesamten Bestand.

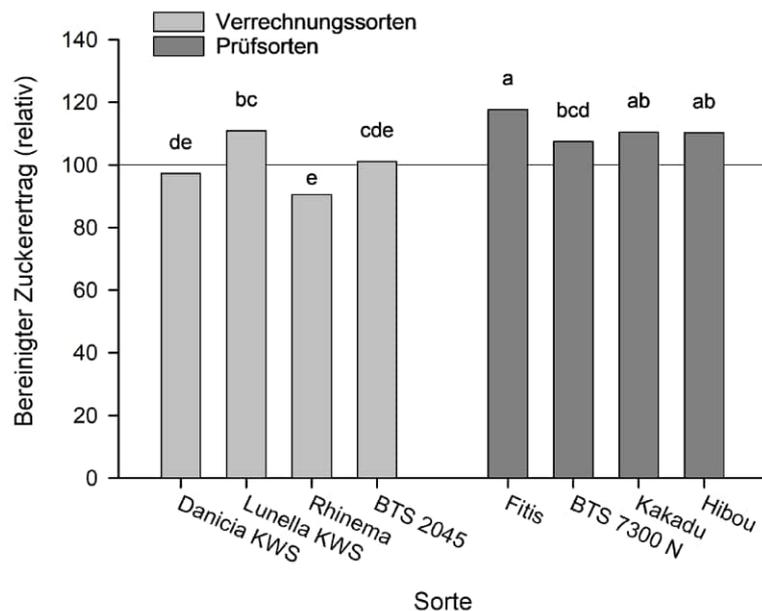


Abb. 2. Bereinigter Zuckerertrag (relativ) von Zuckerrübensorten in Sortenversuchen mit SBR-Befall. 100 = Mittelwert der Verrechnungssorten. 13 Feldversuche in Deutschland 2021-2023. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten, Tukey-Test, $p \leq 0,05$.

Die vier im Sortenleistungsvergleich unter SBR-Befall dreijährig (2021-2023) getesteten Prüfsorten erreichten alle einen höheren Bereinigten Zuckerertrag als das Mittel der Verrechnungssorten (Abb. 2). Sie wiesen somit eine gewisse Toleranz gegenüber SBR auf. Allerdings verhindert diese Toleranz die Ertragsverluste nur zum Teil, sodass das Ertragsniveau in den Befallsgebieten weiterhin deutlich vermindert sein dürfte. Damit bleibt SBR eine große Bedrohung für den Zuckerrübenanbau. Es ist unklar, ob die Toleranz auch bei Mischinfektionen oder alleinigem Auftreten des Phytoplasmas wirksam ist, da die Toleranzeigenschaften bislang vor allem in früheren Versuchsjahren bestimmt wurde, in denen das Proteobakterium dominierte. Es besteht weiterhin ein enormer Forschungsbedarf, um die Toleranzeigenschaften der Sorten zu verbessern.

Bedeutung verschiedener blattaktiver Wirkstoffe für die Unkrautkontrolle in Zuckerrüben – Ergebnisse aus dem Ringversuch Herbizide

Der zulassungsbedingte Wegfall von bisher häufig genutzten Herbiziden könnte die Wirksamkeit der chemischen Unkrautbekämpfung wesentlich beeinträchtigen. Der Ringversuch Herbizide ist eine jährliche Zusammenarbeit zwischen dem Arbeitskreis Pflanzenschutz des Koordinierungsausschusses und den Pflanzenschutzmittelunternehmen. Die Versuchsdurchführung erfolgt in Verantwortung der regionalen Arbeitsgemeinschaften in den Rübenanbauregionen Deutschlands.

Die chemische Unkrautkontrolle in Zuckerrüben erfolgt zumeist durch drei Nachauflaufbehandlungen im Keimblattstadium der Unkräuter. Dabei werden in der Regel vorwiegend bodenaktive Wirkstoffe in Kombination mit blattaktiven Wirkstoffen eingesetzt. Die Anzahl an verfügbaren blattaktiven Wirkstoffen im Zuckerrübenanbau ist in den letzten Jahren jedoch rückläufig. Desmedipham durfte 2020 letztmalig angewendet werden. Die Anwendung von Triflursulfuron ist 2024 zum letzten Mal möglich. Für Phenmedipham ist das Ergebnis der regulären Wirkstofferneuerung auf EU-Ebene zum gegenwärtigen Zeitpunkt offen. Neue Varianten der Unkrautbekämpfung, wie das gerade in die Praxis eingeführte Anbausystem Conviso Smart, das das Herbizid Conviso One in Verbindung mit einer herbizidtoleranten Sorte beinhaltet, stellen derzeit aus unterschiedlichen Gründen keinen alleinigen Lösungsansatz dar (Drainauflagen, Verbreitung von Bandspritztechnik, Resistenzmanagement, verfügbare Sorteneigenschaften). Zielsetzung des Versuchs war es daher, die Wirksamkeit der weiterhin verfügbaren blattaktiven Wirkstoffe bei der Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben zu untersuchen. Dafür standen Ergebnisse von 23 Feldversuchen aus den Jahren 2021–2022 zur Verfügung (Abb. 1).



Abb. 1. Verteilung der 23 Versuchstandorte in den Rübenanbauregionen Deutschlands, 2021–2022.

Weißer Gänsefuß konnte mit den bodenaktiven Wirkstoffen sicher kontrolliert werden (Abb. 2). Bei Windenknöterich führte die Kombination mit Phenmedipham zu hohen Wirkungsgraden, während die Wirkung gegenüber Vogelknöterich für eine nachhaltige Kontrolle (Wirkungsgrad $\geq 98\%$) unzureichend war. Einjähriges Bingelkraut und Ausfallraps konnten mit Triflursulfuron effektiv bekämpft werden, aber auch mit Phenmedipham war die Wirkung teilweise hoch. Gemeine Melde, Kamille-Arten, Vogelmiere und Klettenlabkraut waren in den Versuchen gut zu kontrollieren. Gegenüber Schwarzem Nachtschatten waren Kombinationen mit Clopyralid oder Phenmedipham vorteilhaft.

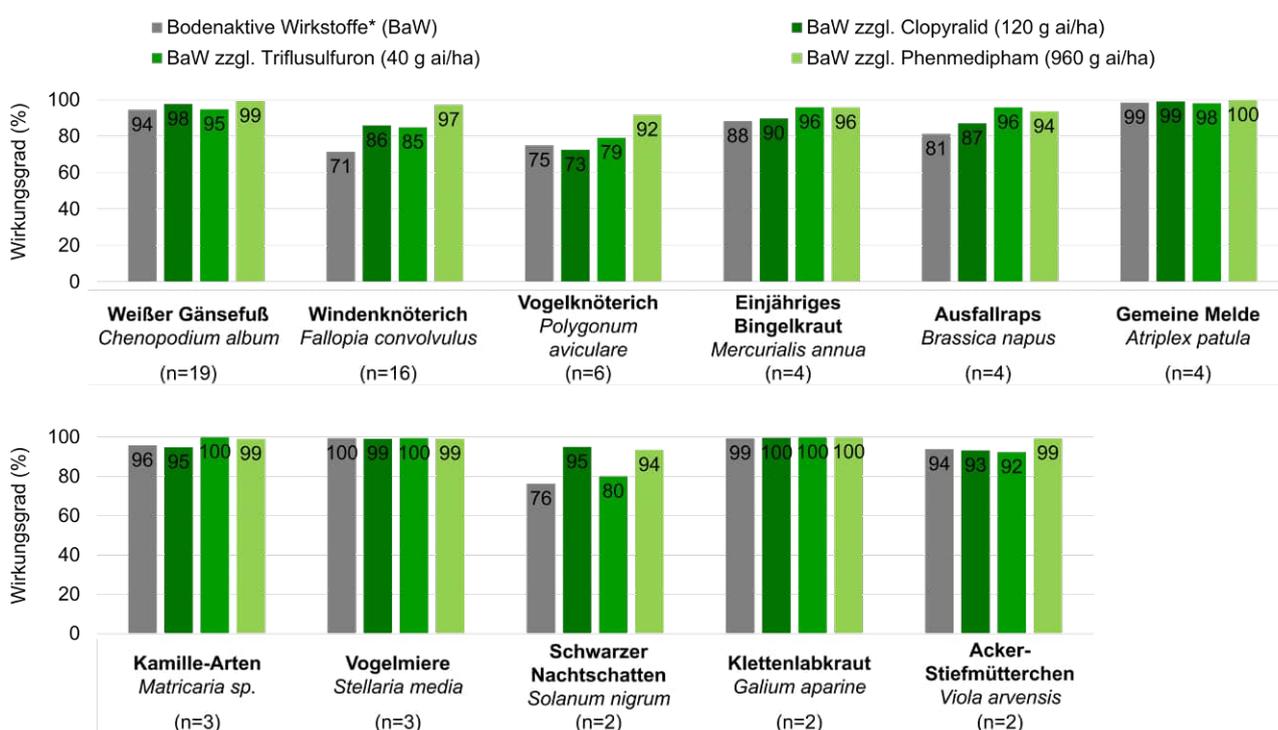


Abb. 2. Wirkungsgrad von bodenaktiven herbiziden Wirkstoffen ohne und mit Ergänzung der blattaktiven Wirkstoffe Clopyralid, Triflursulfuron und Phenmedipham gegenüber verschiedenen Unkräutern zum Bestandeschluss in Zuckerrüben. Drei Applikationen im Keimblattstadium der Unkräuter. Daten aus 23 Versuchen in Deutschland, 2021-2022. *Metamitron (3150 g ai/ha) + Quinmerac (240 g ai/ha) + Ethofumesat (990 g ai/ha).

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass der blattaktive Wirkstoff Phenmedipham für eine hochwirksame Unkrautkontrolle im Zuckerrübenanbau von entscheidender Bedeutung ist. Bei den Problemunkräutern Vogelknöterich, Einjährigem Bingelkraut und Ausfallraps führte in der Praxis bisher die Ergänzung von Triflursulfuron zur Tankmischung mit Phenmedipham zu einer hochwirksamen Herbizidstrategie. Ohne Triflursulfuron können bei diesen Arten, insbesondere bei nicht optimalen Anwendungsbedingungen, Wirkungslücken entstehen.

SCHLAGLICHTER AUS DEM IFZ



Generationenwechsel am IfZ – Abschied und Beginn

Eine Umstrukturierung der Abteilungsleitungen wurde 2023 vorgenommen. Die langjährigen Abteilungsleiter Erwin Ladewig und Christa Hoffmann wurden nach jeweils über 30 interessanten und produktiven Jahren am IfZ in den wohlverdienten Ruhestand verabschiedet. Neue Abteilungsleiter wurden mit Anna Jacobs und Sebastian Liebe vorgestellt.

Herr **Dr. Erwin Ladewig** war und ist eng verbunden mit dem Koordinierten Versuchswesen und dem integrierten Sortenprüfsystem bei Zuckerrüben. Die technische Organisation aller Sortenversuche und insbesondere der Wertprüfung bei Zuckerrüben im Auftrag des Bundessortenamtes bildet einen Schwerpunkt der Arbeiten in der Abteilung Koordination. In diesem Bereich lagen schon früh einige Aufgaben von Herrn Ladewig als seine Arbeit am IfZ 1992 begann. Im Jahr 1994 wurde ihm die Leitung der Abteilung Koordination übertragen. Diese Position übte er 29 Jahre aus und adressierte neben den Schwerpunkten Sortenwesen und Integrierter Pflanzenschutz vielfältige aktuelle Themen zum Zuckerrübenanbau und förderte somit den technologischen Fortschritt und Innovationen.

Seit 2010 organisierte und gestaltete er die Kooperationen im Rahmen des neu gegründeten Forschungsverbunds COBRI, in dem sich europäische Rübenforschungsinstitute für die Bearbeitung länderübergreifender Versuchsfragen zusammenschlossen. Ab 2015 kamen vielfältige Aufgaben für die Organisation und Durchführung aller Feldversuche im IfZ hinzu. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten sind in über 100 Beiträgen in Fachzeitschriften, Tagungsbänden und wissenschaftlichen Journalen zusammengefasst.

Die Arbeit am IfZ begann für Frau **Prof. Dr. Christa Hoffmann** vor 30 Jahren mit pflanzenbaulichen Untersuchungen. Seit 1999 leitete sie die Abteilung Physiologie und konzentrierte sich seitdem auf die inneren Werte der Zuckerrübe: Zucker, Invertzucker, Schädlicher Stickstoff und Mark. Nach ihrer Habilitation 2006 zum Thema „Zuckerrüben als Rohstoff – Die technische Qualität als Voraussetzung für eine effiziente Verarbeitung“ wurde sie 2010 außerplanmäßige Professorin an der Fakultät für Agrarwissenschaften an der Universität Göttingen.

Die Zusammenhänge zwischen Rohstoffqualität, Verarbeitungseffizienz und Produkteigenschaften prägten ihre Forschung. Die zunehmende Diskussion über Witterung und Klimawandel führte zu den Themen Winterrübenanbau, Zuckerrüben als Rohstoff in Biogasanlagen, Auswirkungen von Trockenstress auf die Ertrags- und Qualitätsbildung und Genotyp-Umwelt-Interaktionen. Umfangreiche Feldversuche zum Einfluss von Genotyp, Erntequalität und Anbaufaktoren auf die Lagerstabilität von Zuckerrüben bildeten in Verbindung mit Texturanalysen einen Schwerpunkt in den vergangenen Jahren. In fast 300 Fachartikeln sind die Ergebnisse ihrer verschiedenen Forschungsprojekte veröffentlicht.

Bei beiden bedankten sich Institutsleiterin Frau Prof. Anne-Katrin Mahlein und alle Kolleginnen und Kollegen für die gemeinsame Zeit, die sehr gute Zusammenarbeit, den intensiven Gedankenaustausch und wünschen alles Gute für den neuen Lebensabschnitt.



Dr. Erwin Ladewig



Prof. Dr. Christa Hoffmann

Seit Jahresbeginn 2023 etabliert Frau **PD Dr. Anna Jacobs** die neue Forschungsgruppe Anbausysteme & Ertragsbildung am IfZ. Frau Jacobs war bereits von 2010 bis 2016 in der Abteilung Pflanzenbau tätig und koordinierte während dieser Zeit u.a. das Verbundforschungsprojekt „Die Zuckerrübe als Energiepflanze in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten“. In den folgenden Jahren leitete sie am Thünen-Institut in Braunschweig die Auswertung und Endberichterstattung der ersten Bodenzustandserhebung Landwirtschaft und anschließend die Stabsstelle Boden. Ihre Habilitation mit dem Titel „Zuckerrüben in Fruchtfolgen – Systemanalysen zur nachhaltigen Produktivitätssteigerung“ schloss sie 2021 ab. Wir freuen uns, dass Frau Jacobs ihre umfassende Expertise in den Bereichen Gestaltung von Anbausystemen sowie Boden- und Klimaschutz in die Zuckerrübenforschung einbringt. Ab Ende 2024 wird Frau Jacobs ihre Forschungsgruppe Anbausysteme & Ertragsbildung in die jetzige Abteilung Pflanzenbau am Institut integrieren und nachfolgend die Abteilung leiten.

Herr **Dr. Sebastian Liebe** leitet seit dem 01. April 2023 die Abteilung Koordination am IfZ. Herr Liebe studierte Agrarwissenschaften an der Humboldt-Universität zu Berlin und begann 2011 seine Arbeit am IfZ. 2015 promovierte er zu Lagerfäulen an Zuckerrüben in der Abteilung Phytomedizin. Es folgte eine Postdoktorandenphase, in der er seine Expertise um Fachwissen zu Rizomania und Resistenzfaktoren erweiterte. Nach einem Jahr im Bereich Fungizidzulassungen am Julius Kühn-Institut in Braunschweig kehrte er ans IfZ zurück. In seiner neuen Funktion als Abteilungsleiter Koordination betreut Herr Liebe u.a. den Koordinierungsausschuss mit seinen Arbeitskreisen sowie das integrierte Sortenprüfwesen. Wir freuen uns, dass mit Herrn Liebe ein ausgewiesener Experte für die Zuckerrübenforschung dazu beitragen wird, den Integrierten Pflanzenschutz und das Sortenversuchswesen zukunftsfähig zu gestalten.

Das IfZ freut sich auf die neuen Impulse und eine produktive und spannende Zusammenarbeit.



PD Dr. Anna Jacobs



Dr. Sebastian Liebe

Erfahrungsbericht einer autonomen Unkrautkontrolle per Roboter und digitaler Technologien

Die Unkrautkontrolle in Zuckerrüben gestaltet sich aufgrund von auslaufenden Wirkstoffzulassungen, herbizidresistenten Unkräutern und einer avisierten Pflanzenschutzmittelreduktion sowie veränderter gesellschaftlicher Erwartungen an die Landwirtschaft zusehends schwieriger. Digitale Lösungen im Bereich eines präzisen Pflanzenschutzes können einen Beitrag zur Reduktion von Herbiziden erbringen und somit eine Ergänzung oder Alternative zur ganzflächigen und gängigen dreimaligen Nachauflaufkontrolle (NAK) darstellen.

Die digitalen Ansätze reichen von Kartierungen per Drohne und anschließender Erstellungen von Applikationskarten bis hin zu Echtzeitgeräten wie dem Spot-Sprayer Ecorobotix ARA (Ecorobotix SA, CH), der mit einer künstlichen Intelligenz (KI) während der Überfahrt anhand von Bildaufnahmen Zuckerrübe und Unkräuter klassifiziert und mit einem Spritzgestänge mit 156 Einzeldüsen Herbizide hochpräzise ausbringt.

Eine weitere Möglichkeit stellen robotische Unkrautkontrollsysteme wie der FarmDroid (Farmdroid APS, DK) und Farming GT (Farming Revolution GmbH, D) dar, die im Rahmen des Projekts Farmerspace in einem Feldversuch in der Nähe Göttingens getestet wurden. Im Folgenden wird die Funktionsweise der Geräte, der Erfolg der Unkrautbekämpfung und auch der praktische Umgang mit den Geräten beschrieben, sowie Vorteile und etwaige Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Arbeitsweise und -Ablauf der Roboter

Die technische Idee der Unkrautkontrolle des Farming GT, sowie des Ecorobotix ARA, basiert auf einer kamerabasierten KI-gestützten Klassifizierung als Unkraut bzw. Nutzpflanze. Die Unkrautkontrolle des Farming GT erfolgt gegenüber dem ARA vorwiegend mechanisch. Zwischen den Reihen werden die Unkräuter mit einer klassischen Hacke entwurzelt, wohingegen in der Reihe mittels beweglicher Hackmesser und einem optionalem Spot-Spraying Modul, für den unmittelbaren Nahbereich der Zuckerrübe, der Bestand unkrautfrei gehalten wird.

Nach der Aussaat im Stadium BBCH 12 der Zuckerrübe ist die erste Überfahrt mit dem Farming GT möglich. Der Roboter wird vor den ersten sechs Reihen des Feldes positioniert, spürt sich dann über eine Reihenerkennung selbstständig ein und speichert während der Fahrt die räumliche Lage der Spur. In der Steuerung des Roboters kann anschließend die Anzahl der weiteren Drillbreiten und somit die volle Ausdehnung des Feldes hinterlegt werden. Abschließend wird sicherheitsbedingt in der Steuerung ein "Geofence" um das vorher definierte Feld errichtet, welcher vom Roboter nicht überschritten werden kann. Der gespeicherte Feldbereich kann nun immer wieder abgerufen und bearbeitet werden. Die Steuerung des Farming GT erfolgt über das Mobiltelefon des Anwenders. Die Einstellmöglichkeiten reichen vom Sicherheitsabstand der "in-row" Hacke vor und hinter der Zuckerrübe, über die Höhenführung der Hackschare mittels LiDAR Sensoren, bis zur Anpassung der Fahrgeschwindigkeit oder der Möglichkeit das Spot-Spraying Moduls zuzuschalten.

Der bereits in der ökologischen Landwirtschaft und dem Gemüsebau am Markt etablierte Aussaat- und Hackroboter FarmDroid arbeitet auf Grundlage einer RTK-GPS genauen Speicherung der Position jeder einzelnen Zuckerrübenpille. In Verbindung mit einer RTK-Basisstation auf dem landwirtschaftlichen Betrieb des Anwenders, welche das Korrektursignal an die Maschine auf dem Feld funkt, wird die Position der Zuckerrüben im System hinterlegt und bei anschließenden Bearbeitungsgängen mit den beweglichen "in-row" Werkzeugen ausgespart. Die Bearbeitung zwischen den Reihen erfolgt über Striegel. Die Steuerung und Einstellung des FarmDroids geschieht über ein Terminal am Roboter, über welches auch das Einmessen und Auswählen von Feldbereichen vorgenommen wird. Für das Einmessen eines neuen Feldes muss der FarmDroid an alle Eckpunkte des Feldes gefahren werden, um anschließend aus den Punktkoordinaten eigenständig einen Aussaatplan inklusive eines "Geofence" zu erstellen.

Unterschiede zwischen Systemen, Chancen und Verbesserungspotenziale

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Farming GT und der getesteten Version des FarmDroids im Feldversuch liegt in der Möglichkeit der Spot-Applikation des Farming GT. Der Herbizid-Spot wird vom Roboter auf den Nahbereich der Rübe appliziert und dieser somit unkrautfrei gehalten, ohne Verluste durch die "in-row" Werkzeuge zu riskieren. In dieser Kombination des Spot-Spraying mit einer mechanischen Hacke sind zukünftig verschiedene Strategien denkbar. In frühen BBCH-Stadien der Zuckerrübe, in denen die Pflanze noch nicht ausreichend im Boden verwurzelt ist, kann der Sicherheitsbereich der "in-row" Werkzeuge größer und der Herbizid-Spot dementsprechend auch größer gewählt werden. In späteren Stadien ist ein Hacken nah an der Zuckerrübe möglich und es kann gänzlich auf die Spot-Behandlung verzichtet werden. Gegenüber Systemen wie dem Ecorobotix ARA bietet diese Form des Spot-Spraying zudem den Vorteil, dass die Menge an benötigter Spritzbrühe bereits vor der Applikation auf Grund der Aussaatstärke abgeschätzt bzw. über ein Modul in der Steuerungs-App des GT berechnet werden kann.

Ein weiterer Unterschied liegt im Gewicht und den verwendeten Hackwerkzeugen der Roboter, so dass grundsätzlich andere Strategien der Unkrautbekämpfung zwischen beiden Systemen vorliegen. Der FarmDroid ist mit 900 kg deutlich leichter als der Farming GT (ca. 2 t Gesamtgewicht) und die verwendeten Hackstriegel können Unkräuter nur im Auflauf sicher entfernen. Dies bedingt,



Farming GT



FarmDroid

dass der FarmDroid jede Woche bis zum Reihenschluss die von ihm ausgesäte Fläche überfahren muss, um neu aufgelaufene Unkräuter rechtzeitig zu entfernen. Größere Unkräuter und verkrustete Bodenoberflächen stellen eine Herausforderung für das System dar. Positiv wirkt sich das geringe Eigengewicht und die Arbeitstiefe nach Regenfällen aus, da der FarmDroid die Arbeit bereits wieder aufnehmen kann, wenn die oberste Bodenschicht abgetrocknet ist. Der Farming GT ist aufgrund seines Gewichts und der robusten Hackschare in der Lage auch größere Unkräuter zu entfernen.

Der Antrieb beider Systeme ist elektrisch, wobei der Akku des Farming GT über ein Benzin-Aggregat als Range-Extender oder über die Steckdose geladen werden kann und der des FarmDroids über ein großes Solar-Panel. Unter günstigen Wetterbedingungen ist der FarmDroid somit in der Lage rund um die Uhr autonom zu arbeiten, während der GT regelmäßig aufgetankt werden muss.

Einzelne Aspekte der oben beschriebenen Unterschiede der Roboter wurden von der Fa. FarmDroid auf der Agritechnica 2023 insofern adressiert, dass für den FarmDroid zukünftig Spot-Spraying Module entsprechend des Farming GT sowie Hackschare der Fa. Kult und Zusatzgewichte nachrüstbar sind.

Unkrautbekämpfungserfolg und Verluste von Zuckerrüben

Nach den vorliegenden Erfahrungen sind beide Systeme in der Lage bei guten Wetterbedingungen einen Zuckerrübenbestand ausreichend unkrautfrei zu halten bzw. Handhackstunden im ökologischen Anbau deutlich zu reduzieren. Ob die etwas geringeren Wirkungsgrade gegenüber einer chemischen Unkrautkontrolle langfristig zu dem Aufbau des Unkrautdrucks führen, muss in weiteren Versuchen noch geklärt werden. Verluste an Zuckerrüben treten bei den beiden System vor allem dann auf, wenn es zu Problemen bei der Spurführung der Geräte kommt und die starren Hackwerkzeuge zu nah an der Zuckerrübenreihe arbeiten. Beim FarmDroid passiert dies hauptsächlich bei Schlupf im Antrieb unter feuchteren Bodenbedingungen. Die Schlupfanfälligkeit ist unter anderem auf das geringe Eigengewicht des Roboters zurückzuführen. Beim Farming GT wurde die Problematik hauptsächlich in frühen BBCH-Stadien beobachtet. Dies lässt vermuten, dass die Spurführung über die Reihenerkennung bei sehr kleinen Rüben teilweise noch nicht präzise genug ist. Eine weniger aggressive Einstellung der Hackwerkzeuge zwischen den Reihen könnte hier zu weniger Verlusten an Zuckerrüben beitragen.

Der Farming GT ist momentan preislich höher angesiedelt als der FarmDroid, ist aber aufgrund seiner technischen Ausstattung potenziell in der Lage mehr Fläche (ca. 70 ha) unkrautfrei zu halten. Durch die Unabhängigkeit von der Aussaat und einer RTK-Basisstation ist der Roboter zudem flexibler einzusetzen. Die Arbeitsleistung des FarmDroids ist auf ca. 20 ha Fläche begrenzt und abhängig von der im Vorfeld ausgesäten Fläche. Der Roboter bietet dafür eine Kombination aus Sä- und Hackroboter.



Ecorobotix ARA

Neue Rübenwäsche am IfZ

Mit dem Einsatz bei der Kampagne 2023 wurde die neue Rübenwäsche am IfZ eingeweiht. Die Modernisierung der Infrastruktur ermöglicht es, weiterhin unabhängige Ergebnisse für die Forschung und die Wertprüfung zu ermitteln.

Eine der Kernkompetenzen des IfZ ist die genaue und verlässliche Bestimmung von Ertrags- und Qualitätsparametern bei Zuckerrüben. Nach über 30 Jahren im intensiven Einsatz wurde es Zeit, die Anlage zur Probenaufbereitung zu modernisieren. Mehrere Bauteile waren mechanisch verschlissen und nicht mehr auf dem aktuellen Stand und Ausfälle während der Kampagne drohten. Außerdem war der Hersteller der alten Anlage schon lange nicht mehr am Markt. Ziel der neuen Rübenwäsche war es, eine gleichwertige oder bessere Leistung und Qualität wie zuvor mit weniger Personen zu erreichen.

Nach ausgiebiger Vorbereitung und Planung ab 2021 wurde dafür im Dezember kurz nach der Kampagne 2022 die alte Rübenwäsche ausgebaut und die Vorbereitungen zum Einbau der neuen Anlage begonnen. Im Frühjahr 2023 waren Umbauarbeiten am Gebäude nötig. Ab Mai begann die Montage der neuen Anlage des Herstellers BMS und wurde im September rechtzeitig zum Kampagnenstart fertig. Neu ist die Homogenisierbahn, die den gesägten Rübenbrei mischt und dadurch die Arbeit einer Person automatisiert. Auch die Verteilung der Rübenschnitten in zwei Container ist neu. Dadurch wird das Umsetzen der Container durch einen externen Dienstleister zeitlich entzerrt und die Rübenwäsche kann während des Umsetzens weiter betrieben werden.

Als erstes Fazit lässt sich festhalten, dass der Ablauf verbessert und automatisiert wurde und dadurch bei vergleichbarer Probenzahl eine Person weniger notwendig ist. Durch die neue 8-Blatt-Breisäge wird eine feinere Textur und damit höhere Qualität des Rübenbreis erreicht.

Am IfZ finden die Wertprüfungen für das Bundessortenamt und vielfältige Versuche zu Pflanzenkrankheiten, Sensorik und Applikationstechnik, sowie zu neuen Anbauverfahren statt. Bei all diesen Untersuchungen ist die exakte Messung der Erträge unerlässlich und durch die neue Wäsche langfristig gesichert.



Die neue Anlage zur Aufbereitung von Rübenproben ist bereit für den Einsatz.

3D-druckbares Zuckerrübenmodell für die Pflanzenforschung

Unser Mitarbeiter Jonas Bömer hat ein realistisches, 3D-druckbares Modell einer Zuckerrübenpflanze entwickelt, das auf vielfältige Weise in der 3D-Phänotypisierung genutzt werden kann.

Das neue Referenzpflanzenmodell erfasst die wesentlichen morphologischen Merkmale des Blattapparates der Zuckerrübenpflanze und ist reproduzierbar sowie für den Feldeinsatz geeignet. Die 3D-Druckdateien sind frei verfügbar, sodass jeder sein eigenes Zuckerrübenmodell zu Hause drucken kann. Veröffentlicht wurde die Studie „A 3D printed plant model for accurate and reliable 3D plant phenotyping“ von Jonas Bömer und Kollegen vom IfZ und der Universität Bonn in der Zeitschrift GigaScience. Auf EurekAlert! ist ein Blogbeitrag zur Studie erschienen (eurekalert.org/news-releases/1048644).

Die moderne Pflanzenzüchtung ist ein datenintensiver Prozess, bei dem maschinelle Lernalgorithmen und hochentwickelte Bildgebungstechnologien zur Selektion erwünschter Merkmale eingesetzt werden. Bisher basierte die Phänotypisierung auf manuellen Messungen. Diese Prozesse werden zunehmend automatisiert und nutzen modernste Sensortechnologie, oft unterstützt durch künstliche Intelligenz, um Parameter wie Pflanzengröße oder Blattform und -größe sowie andere Wachstumsmerkmale zu erfassen. Diese Automatisierung ermöglicht auch die Erfassung komplexer 3D-Informationen, die für Menschen schwer zu erfassen sind. Ein entscheidender Aspekt in der 3D-Phänotypisierung ist die Verfügbarkeit präziser Referenzmesswerte, um die Genauigkeit von Sensoren und KI-Algorithmen zu verifizieren. Ein 3D-Modell einer Pflanze kann beispielsweise als Referenz und interne Kontrolle für die Merkmals-erhebung in Gewächshäusern oder Testfeldern eingesetzt werden.

Die Druckdateien werden kostenlos zur Verfügung gestellt und ermöglichen es anderen Wissenschaftlern (und jedem Zuckerrüben-enthusiasten), eine exakte Kopie der Referenzzuckerrübe zu erstellen. Dadurch wird die Vergleichbarkeit der Forschungsergebnisse verschiedener Labore weltweit verbessert. Die Arbeit zeigt, wie die Kombination aus künstlicher Intelligenz, 3D-Druck und Sensortechnologie zur Pflanzenphänotypisierung der Zukunft beitragen kann.



3D-Modell der Zuckerrübe im Gewächshaus.



Sensormessung mit 3D-Modell im Feldversuch.

Öffentlichkeitsarbeit

Am IfZ untersuchen wir vielfältige Aspekte mit dem Ziel die Zukunft des Zuckerrübenanbaus zu sichern. Ein wichtiger Bestandteil unserer Arbeit ist es, die Erkenntnisse unserer Forschung für verschiedene Zielgruppen verständlich zu kommunizieren. Wir nutzen vielfältige Formate, um über unsere Forschungsthemen, Projektergebnisse und Aktivitäten zu berichten.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IfZ publizieren Forschungsergebnisse in wissenschaftlichen Zeitschriften und stellen sie auf Fachtagungen und Kongressen vor. Praxis und Beratung werden über Veröffentlichungen in Praxiszeitschriften, Berichte in Arbeitskreisen und Beteiligung an Feldtagen informiert und zum Austausch eingeladen. Darüber hinaus informieren wir die breite Öffentlichkeit über den Zuckerrübenanbau, die Forschungsinhalte und die Arbeit des IfZ.

Bei der Ideenexpo 2022 in Hannover waren mehrere Nachwuchswissenschaftler des IfZ vertreten. Die IdeenExpo ist ein Jugendevent für Technik und Naturwissenschaften, mit dem Ziel Nachwuchs für diesen Bereich zu begeistern. Am Stand der jungenDPG (Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, phytomedizin.org/de/jungedpg) wurden die Aufgaben von „Pflanzendoktoren“ vorgestellt. Dort konnte man kranke Pflanzen im Mini-Acker begutachten, mikroskopieren, lebende Schaderreger beobachten und das Wissen zum Thema Pflanzenschutz testen.

Innovationen in den Bereichen Sensorik, Robotik und datengetriebenen Lösungen werden vielseitig vorangetrieben und bieten vielversprechende Ansätze für den Pflanzenschutz. Auf dem digitalen Experimentierfeld FarmerSpace haben Landwirtschaft, Anwendung, Beratung, Industrie und Forschung eine gemeinsame praktische Versuchsplattform. 2022 wurde es bei der Regionalkonferenz am Reinshof Göttingen vorgestellt (farmerspace.uni-goettingen.de).

2023 konnte nach 4 Jahren auch die Zuckerrübenagung wieder in Präsenz in Räumlichkeiten der Universität Göttingen am Waldweg stattfinden. In den Sektionen „Biodiversität in Agrarökosystemen“, „Nachhaltige Entwicklung des Anbausystems Zuckerrübe“, „Pflanzenkrankheiten & Pflanzenschutz, Sorten“ und „Unkrautkontrolle und Digitalisierung“ berichteten 20 Referentinnen und Referenten aus Forschungsprojekten und diskutierten die Ergebnisse mit dem Fachpublikum.



Ideenexpo 2022 in Hannover.

Ab 2022 gab es endlich wieder Besucher im IfZ:

- Petra Broistedt, Oberbürgermeisterin der Stadt Göttingen, und Jens Düwel, Geschäftsführer der Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Stadtentwicklung Göttingen (GWG), informierten sich im IfZ über die aktuelle Forschung und neue Entwicklungen am Standort. Begleitet wurden sie von Ekaterina Ershova, Referentin für Wissenschaft und Wirtschaft der Stadt Göttingen, und Lisa Straub, Unternehmensservice und Fördermittelberatung bei der GWG.



Petra Broistedt (4. v. r.) und Jens Düwel (2. v. l.) zu Besuch im IfZ.

- Abgeordnete des Niedersächsischen Landtags informierten sich am IfZ über aktuelle Forschungsprojekte, den Stand der Technik zur energetischen und stofflichen Nutzung von Rüben und Rübenschnitzeln und über Ansätze zur Reduktion des Pestizideinsatzes. Dabei waren die direkt gewählte Abgeordnete aus Göttingen und Vorsitzende des Ausschusses Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Marie Kollenrott, sowie Pascal Leddin und Christian Schroeder, beide Mitglied im Ausschuss für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Die bekannte Fernseh-Köchin Zora Klipp hat auf der „süßen Tour“ der WVZ im Frühjahr 2023 Halt in Göttingen gemacht und sich über die Forschung am IfZ informiert. Ein Video dazu gibt es auf unserer Homepage. Es liefert einen Einblick in die unterschiedlichen methodischen Ansätze, die am IfZ verfolgt werden. Gedreht wurde im Gewächshaus, in einer Klimakammer und auf dem Versuchsfeld mit dem Systemversuch Fruchtfolgen in Harste. Drohnen mit verschiedenen Kameras flogen über dem Dauerversuch und ermöglichten damit eine zusätzliche Perspektive. Abschließend gab es ein Picknick im IfZ-Garten mit leckeren Broten, für die Zora Klipp einige besondere Zutaten mitgebracht hatte. Nach einem erfolgreichen Drehtag waren alle ziemlich geschafft und zufrieden.



Videodreh mit Zora Klipp im IfZ-Garten.



Technikvorführung beim Zukunftstag am IfZ.

- Im Inselstaat Fidschi stellt der Export von Zucker aus Zuckerrohr einen sehr wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. Deswegen gibt es dort ein eigenes Zucker-Ministerium, wovon eine Delegation 2023 das Versuchsfeld in Weende auf einer Deutschlandreise besuchte, um sich über die hiesige Zuckerproduktion zu informieren.

Das IfZ beteiligt sich regelmäßig am Zukunftstag. An diesem Tag wird die Arbeit im Labor, im Gewächshaus und auf dem Feld für Jungen und Mädchen ab der fünften Klasse erlebbar und das IfZ informiert über die Berufsausbildungen am Institut (ifz-goettingen.de/karriere/ausbildung).

Ausgezeichnet

Auch in den vergangenen beiden Jahren wurden Wissenschaftler aus dem IfZ mit Preisen für Ihre Arbeit ausgezeichnet:



Justus Detring (2. v. links) und Gunnar Kleuker (2. v rechts) bei der Preisverleihung für den Förderpreis der deutschen Zuckerwirtschaft.

Justus Detring und Dr. Gunnar Kleuker erhielten im Januar 2023 im Rahmen der Tagung des Kuratoriums für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Straubing den Förderpreis der süddeutschen Zuckerwirtschaft für Ihre Master- bzw. Doktorarbeit.

Dr. Sebastian Liebe, Leiter der Abteilung Koordination am IfZ, erhielt im September 2023 den Julius-Kühn Preis in Würdigung seiner Forschung an dem Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV), dem Auslöser der Rizomania-Krankheit an Zuckerrüben. Sebastian Liebe ist es gelungen, einen bedeutenden Beitrag zum Verständnis der Virusbiologie, Pathogenitätsmechanismen und dauerhaften Kontrollen von Rizomania zu leisten. Die Auszeichnung wird seit über 40 Jahren im Rahmen der Deutschen Pflanzenschutztagung für herausragende Arbeiten verliehen.

Der Ausschuss für Forschung und Prüfung von Publikationen des Vereins Deutscher Zuckertechniker prämierte 2022 und 2023 mehrere Artikel von IfZ-Mitarbeiter*innen:

2022: Omid Eini und Mark Varrelmann; René Heim, Sebastian Streit, Dirk Koops und Stefan Paulus; Olga Fishkis und Heinz-Josef Koch
 2023: Roxana Hossain; Gunnar Kleuker; Christel Roß und Nicol Stockfisch; Facundo R. Ispizua Yamati und Abel Barreto



Facundo Ispizua nimmt den Sonderpreis beim 78. IIRB-Kongress entgegen.

Während des 78. IIRB-Kongresses in Mons (B) im Juni 2022 erhielt Facundo Ispizua eine Sonderehrung für seine umfangreiche wissenschaftliche Beteiligung an dem Kongress: Er hielt einen Vortrag und war Erst- bzw. Zweitautor von 5 Postern. Im März 2022 erhielt er zudem auf der internationalen DIGICROP-Konferenz 2022 einen Preis für seinen Video-Vortrag gemeinsam mit Maurice Günder.

Lehre am IfZ

Als An-Institut der Georg-August-Universität Göttingen engagiert sich das IfZ in der Lehre der Fakultät für Agrarwissenschaften. Dozentinnen und Dozenten aus dem IfZ halten Vorlesungen und betreuen Seminare für Bachelor- und Masterstudierende sowie Promovierende.

Im Berichtsraum erlangten zwanzig Bachelor- und Masterstudierende sowie fünf Promovierende erfolgreich ihren Abschluss.

Praktische Übungen und Exkursionen mit den Studierenden waren wieder möglich. Im Rahmen des Moduls „Agribusiness Sugar Beet“ im Masterstudiengang Crop Protection an der Universität Göttingen gab es eine umfassende Exkursion in der Region um Göttingen. Besucht wurden:

- Praxislabor Digitaler Ackerbau der LWK Niedersachsen auf der Domäne Schickelsheim in Königslutter am Elm
- Zentrale und Versuchsfelder der Strube D&S GmbH in Söllingen
- Zuckerfabrik in Schladen sowie ein Bio-Zuckerrüben-Feld bei Nordzucker.

Verschiedene neue Technologien wie precision farming mit Kameratechnik oder der autonome Roboter BlueBob® wurden vorgestellt und aktuelle Forschung zur Zuckerrübe konnte praktisch erlebt werden.

Im Rahmen des SAP-Moduls (Systemanalyse ackerbaulicher Produktionsverfahren) wurden der Fruchtfolgeversuch in Harste, die Agrar-Betriebsgemeinschaft Leine-Solling und schließlich das Einbecker Brauhaus besucht. Idee dahinter war: einen landwirtschaftlichen Versuch, einen landwirtschaftlichen Betrieb und am Ende einen großen Abnehmer landwirtschaftlicher Produkte zu besichtigen.



Wissenschaftliche Publikationen

2023

- Alisaac, E., Mahlein, A.-K. 2023. Fusarium Head Blight on Wheat: Biology, Modern Detection and Diagnosis and Integrated Disease Management. *Toxins* 15(3): 192, <https://doi.org/10.3390/toxins15030192>.
- Arnhold, J., Grunwald, D., Braun-Kiewnick, A., Koch, H.-J. 2023. Effect of crop rotational position and nitrogen supply on root development and yield formation of winter wheat. *Front. Plant Sci.* 14: 1-10, <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1265994>.
- Arnhold, J., Grunwald, D., Kage, H., Koch, H.-J. 2023. No differences in soil structure under winter wheat grown in different crop rotational positions. *Can. J. Soil Sci.* 103: 642-649, <https://doi.org/10.1139/CJSS-2023-0030>.
- Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R., Varrelmann, M., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Disease incidence and severity of *Cercospora* leaf spot in sugar beet assessed by multispectral unmanned aerial images and machine learning. *Plant Dis.* 107(1): 188-200, <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-21-2734-RE>.
- Barreto, A., Reifenrath, L., Vogg, R., Sinz, F., Mahlein, A.-K. 2023. Data Augmentation for Mask-Based Leaf Segmentation of UAV-Images as a Basis to Extract Leaf-Based Phenotyping Parameters. *Künstl. Intell.* 37: 142-157, <https://doi.org/10.1007/s13218-023-00815-8>.
- Brugger, A., Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Paulus, S., Schramowski, P., Kersting, K., Steiner, U., Neugart, S., Mahlein, A.-K. 2023. Hyperspectral imaging in the UV range allows for differentiation of sugar beet diseases based on changes of secondary plant metabolites. *Phytopathology* 113(1): 44-54, <https://doi.org/10.1094/PHTO-03-22-0086-R>.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2023. Effect of mechanical weeding on soil erosion and earthworm abundance in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Soil Till. Res.* 225, <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105548>.
- Frenzel, S., Tuchert, J., Scheuer, T., Jensen, J., Klosterhalfen, W., Hoffmann, C. M. 2023. Impact of sugar beet texture during processing. *Sugar Ind. int.* 148(9): 552-564, <https://doi.org/10.36961/si30366>.
- Grunwald, D., Koch, H.-J. 2023. Cover crop effects on fibrous roots and growth of subsequent sugar beet. *Plant Soil*, <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06344-5>.
- Higgins, S., Keesstra, S. D., Kadziuliene, Ž., Jordan-Meille, L., Wall, D., Trinchera, A., Spiegel, H., Sandén, T., Baumgarten, A., Jensen, J. L., Hirte, J., Liebisch, F., Klages, S., Löw, P., Kuka, K., Boever, M. de, D'Haene, K., Madenoglu, S., Özcan, H., Vervuurt, W., Haan, J. de, van Geel, W., Stenberg, B., Denoroy, P., Mihelič, R., Astover, A., Mano, R., Sempiterno, C., Calouro, F., Valboa, G., Aronsson, H., Krogstad, T., Torma, S., Gabriel, J., Laszlo, P., Borchard, N., Adamczyk, B., Jacobs, A., Jurga, B., Smreczak, B., Huyghebaert, B., Abras, M., Kasparinskis, R., Mason, E., Chen, C. 2023. Stocktake study of current fertilisation recommendations across Europe and discussion towards a more harmonised approach. *Eur. J. Soil Sci.* 74(5): 1-26, <https://doi.org/10.1111/ejss.13422>.
- Hossain, R., Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Savian, F., Varrelmann, M., Mahlein, A.-K., Paulus, S. 2023. Elucidation of turnip yellows virus (TuYV) spectral reflectance pattern in *Nicotiana benthamiana* by non-imaging sensor technology. *J. Plant Dis. Protect.* 130(1): 35-43, <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00682-9>.
- Ispizua Yamati, F. R., Heim, R. HJ., Günder, M., Gajda, W., & Mahlein, A.-K. 2023. Image-to-image translation for satellite and UAV remote sensing: A use case for *Cercospora* Leaf Spot monitoring on sugar beet. 2023 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor), 783-787, <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor58484.2023.10424276>.
- Liebe, S., Imbusch, F., Erven, T., Varrelmann, M. 2023. Timing of fungicide application against *Cercospora* leaf spot disease based on aerial spore dispersal of *Cercospora beticola* in sugar beet. *J. Plant Dis. Protect.* 130: 315-324, <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00708-w>.
- Liebe, S., Maiss, E., Varrelmann, M. 2023. The arms race between beet necrotic yellow vein virus and host resistance in sugar beet. *Front. Plant Sci.* 14: 1-12, <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1098786>.
- Medic, T., Bömer, J., Paulus, S. 2023. Challenges and recommendations for 3D plant phenotyping in agriculture using terrestrial laser scanners. *Remote Sens. Spatial Inf. Sci. X-1/W1: 1007-1014*, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-1007-2023>.
- Nause, N., Ispizua Yamati, F. R., Seidel, M., Mahlein, A.-K., Hoffmann, C. M. 2023. Workflow for phenotyping sugar beet roots by automated evaluation of cell characteristics and tissue arrangement using digital image processing. *Plant Methods* 19: 1-14, <https://doi.org/10.1186/s13007-023-01014-0>.
- Nemes, K., Gil, J. F., Liebe, S., Mansi, M., Poimenopoulou, E., Lennefors, B.-L., Varrelmann, M., Savenkov, E. I. 2023. Intermolecular base-pairing interactions, a unique topology and exoribonuclease-resistant noncoding RNAs drive formation of viral chimeric RNAs in plants. *New Phytologist*, <https://doi.org/10.1111/nph.19346>.
- Okole, N., Ispizua Yamati, F. R., Hossain, R., Varrelmann, M., Mahlein, A.-K., & Heim, R. HJ. 2023. Hyperspectral signatures and betalain indicator for beet mosaic virus infection in sugar beet. 2023 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor), 506-511, <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor58484.2023.10424290>.

- Paulus, S., Leiding, B. 2023. Can distributed ledgers help to overcome the need of labelled data for agricultural machine learning tasks?: Plant Phenomics 5, <https://doi.org/10.34133/plantphenomics.0070>.
- Rollwage, L., Maiss, E., Menzel, W., Hossain, R., Varrelmann, M. 2023. Beet mosaic virus expression of a betalain transcription factor allows visual virus tracking in *Beta vulgaris*. Mol. Plant Pathol. 24(10): 1319–1329, <https://doi.org/10.1111/mpp.13372>.
- Sikora, R. A., Helder, J., Molendijk, L. P., Desaegeer, J., Eves-van den Akker, S., Mahlein, A.-K. 2023. Integrated Nematode Management in a World in Transition: Constraints, Policy, Integrated nematode management in a world in transition: constraints, policy, processes, and technologies for the future. Annu. Rev. Phytopathol. 61: 209–230, <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-113058>.
- Vlaminck, M., Diels, L., Philips, W., Maes, W., Heim, R. H. J., Wit, B. D., Luong, H. 2023. A Multisensor UAV Payload and Processing Pipeline for Generating Multispectral Point Clouds. Remote Sens. 15(6): 1–18, <https://doi.org/10.3390/rs15061524>.

2022

- Barreto Alcántara, A. A., Reifenrath, L., Vogg, R., Sinz, F., Mahlein, A.-K. 2022. Using UAV-imagery for leaf segmentation in diseased plants via mask-based data augmentation and extension of leaf-based phenotyping parameters. bioRxiv preprint: 1–20, <https://doi.org/10.1101/2022.12.19.520984>.
- Bock, C. H., Barbedo, J. G. A., Mahlein, A.-K., Del Ponte, E. M. 2022. A special issue on phytopathometry – visual assessment, remote sensing, and artificial intelligence in the twenty-first century. Trop. Plant Pathol. 47: 1–4, <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00498-w>.
- Ebmeyer, H., Hoffmann, C. M. 2022. Water use efficiency of sugar beet genotypes: A relationship between growth rates and water consumption. J. Agro. Crop Sci. 208(1): 28–39, <https://doi.org/10.1111/jac.12569>.
- Eini, O., Schumann, N., Niessen, M., Varrelmann, M. 2022. Targeted mutagenesis in plants using Beet curly top virus for efficient delivery of CRISPR/Cas12a components. New Biotechnol. 67: 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2021.12.002>.
- Eini, O., Varrelmann, M. 2022. Challenges and potential applications of genome editing in sugar beet. Sugar Ind. 147(5): 274–283, <https://doi.org/10.36961/si28687>.
- English, W., Ekelöf, J., Vancutsem, F., Leijdekkers, M., Kleuker, G., Hoffmann, C. M. 2022. Method for in-field texture analysis of sugar beet roots using a handheld penetrometer. Acta Agr. Scand. B-S P 72(1): 623–634, <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2042589>.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2022. Comparison of mechanical vs. chemical weed control in sugar beet – Environmental effects: soil erosion, earthworms, CO₂e-emissions. Sugar Ind. 147(6): 352–359, <https://doi.org/10.36961/si28805>.
- Füllgrabe, H., Claassen, N., Hilmer, R., Koch, H.-J., Dittert, K., Kreszies, T. 2022. Potassium deficiency reduces sugar yield in sugar beet through decreased growth of young plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 185(5): 113, <https://doi.org/10.1002/jpln.202200064>.
- Grunwald, D., Stracke, A., Koch, H.-J. 2022. Cover crop effects on soil structure and early sugar beet growth. Soil Use Manage. 39(1): 209–217, <https://doi.org/10.1111/sum.12800>.
- Günder, M., Ispizua Yamati, F. R., Kierdorf, J., Roscher, R., Mahlein, A.-K., Bauckhage, C. 2022. Agricultural plant cataloging and establishment of a data framework from UAV-based crop images by computer vision. GiGascience 11: 1–14, <https://doi.org/10.1093/gigascience/giac054>.
- Heim, R. H. J., Streit, S., Koops, D., Kuska, M. T., Paulus, S. 2022. Digital weed management – New trends for weed scoring in sugar beet. Sugar Ind. 147(6): 343–351, <https://doi.org/10.36961/si28804>.
- Hoffmann, C. M., Kleuker, G., Wauters, A., English, W., Leijdekkers, M. 2022. Root tissue strength and storage losses of sugar beet varieties as affected by N application and irrigation. Sugar Ind. 147(1): 34–41, <https://doi.org/10.36961/si28254>.
- Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Günder, M., Bauckhage, C., Mahlein, A.-K. 2022. Sensing the occurrence and dynamics of Cercospora leaf spot disease using UAV-supported image data and deep learning. Sugar Ind. 147(2): 79–86, <https://doi.org/10.36961/si28345>.
- Kleuker, G., Hoffmann, C. M. 2022. Causes of different tissue strength, changes during storage and effect on the storability of sugar beet genotypes. Postharvest Biology and Technology 183: 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111744>.
- Koch, H.-J., Grunwald, D., Essich, L., Ruser, R. 2022. Temporal dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) N supply from cover crops differing in biomass quantity and composition. Frontiers in plant science 13: 1–14, <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.920531>.
- Kuska, M. T., Daub, M., Mahlein, A.-K. 2022. Emerging technologies for integrated nematode management: Remote sensing or proximal sensing as a potential tool to detect and identify nematode infestation. Pages 414–420 in: Integrated Nematode Management: State-of-the-Art and Visions for the Future. R. A. Sikora, J. Desaegeer, and L. P. Molendijk, eds. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK.

- Kuska, M. T., Heim, R. H. J., Geedicke, I., Gold, K. M., Brugger, A., Paulus, S. 2022. Digital plant pathology: a foundation and guide to modern agriculture. *J. Plant Dis. Protect.* 129(3): 457-468, <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00600-z>.
- Leijdekkers, M., Kenter, C., Vos, P. de, Pigeon, O., Ladewig, E. 2022. Analysis of active seedcare substances in pelleted sugar beet seeds – method development and validation in a round-robin study. *Sugar Ind.* 147(11): 569-575, <https://doi.org/10.36961/si29197>.
- Liebe, S., Varrelmann, M. 2022. Ongoing evolution of Beet necrotic yellow vein virus towards Rz1-resistance breaking in Europe. *Plant Pathol.* 71(8):1647-1659, <https://doi.org/10.1111/ppa.13597>.
- Mahlein, A.-K., Behmann, J., Bohnenkamp, D., Heim, R. H. J., Streit, S., Paulus, S. 2022. Automated assessment of plant diseases and traits by sensors: how can digital technologies support smart farming and plant breeding? Pages 351-372 in: *Advances in plant phenotyping for more sustainable crop production*. A. Walter, ed. Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, UK, DOI 10.19103/AS.2022.0102.17.
- Mahlein, A.-K., Heim, R. H. J., Brugger, A., Gold, K. M., Li, Y., Bashir, A. K., Paulus, S., Kuska, M. T. 2022. Special Issue: Digital Plant Pathology for Precision Agriculture: Preface. *J. Plant Dis. Protect. Special Issue* 129(3): 455-456, <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00620-9>.
- Müllender, M. M., Savenkov, E. I., Reichelt, M., Varrelmann, M., Liebe, S. 2022. The Virulence Factor p25 of Beet Necrotic Yellow Vein Virus Interacts with Multiple Aux/IAA Proteins from *Beta vulgaris*: Implications for Rhizomania Development. *Front. Microbiol.* 12: 1-14, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.809690>.
- Müllender, M. M., Varrelmann, M., Maiss, E., Liebe, S. 2022. Comparative analysis of virus pathogenicity and resistance-breaking between the P- and A-type from the beet necrotic yellow vein virus using infectious cDNA clones. *J. Gen. Virol.* 103(8): 1-11, <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001777>.
- Nause, N., Tossens, A., Tschoep, H., Hoffmann, C. M. 2022. High stability of genotypic differences in puncture resistance of sugar beet (*Beta vulgaris*) roots under various growing conditions. *Plant Breeding* 141(1): 88-95, <https://doi.org/10.1111/pbr.12988>.
- Pfitzer, R., Varrelmann, M., Schrameyer, K., Rostás, M. 2022. Life history traits and a method for continuous mass rearing of the planthopper *Pentastiridius leporinus*, a vector of the causal agent of syndrome "basses richesses" in sugar beet. *Pest Manag. Sci.* 78(11): 4700-4708, <https://doi.org/10.1002/ps.7090>.
- Pfitzer, R., Varrelmann, M., Hesse, G., Eini, O. 2022. Molecular Detection of *Pentastiridius leporinus*, the Main Vector of the Syndrome 'Basses Richesses' in Sugar Beet. *Insects* 13(11), 992: 1-15, <https://doi.org/10.3390/insects13110992>.
- Roß, C., Stockfisch, N. 2022. Zwischenfruchtanbau – Ein Beitrag zum Green Deal? *Sugar Ind.* 147(1): 42-45, <https://doi.org/10.36961/si28255>.
- Thomas, S., Behmann, J., Rascher, U., Mahlein, A.-K. 2022. Evaluation of the benefits of combined reflection and transmission hyperspectral imaging data through disease detection and quantification in plant-pathogen interactions. *J. Plant Dis. Protect.* 129:505-520, <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00570-2>.
- Thompson, H., Vaughan, S., Mahlein, A.-K., Ladewig, E., Kenter, C. 2022. Is there a risk to honeybees from use of thiamethoxam as a sugar beet seed treatment? *Integr. Environ. Assess. Manag.* 18(3): 709-721, <https://doi.org/10.1002/ieam.4498>.

Praxisartikel

2023

- Detring, J., Paulus, S. 2023. Digitale Technologien. Unkräuter mit dem Smartphone bestimmen: Ein Feldversuch unter Praxisbedingungen. *dzz* 59(6): 30-31.
- Detring, J., Paulus, S. 2023. Unkräuter und Ungräser per App bestimmen. *Zuckerrübe* 72(6): 41-43.
- Grunwald, D., Ruser, R., Essich, L., Dittert, K., Nasser, V., Koch, H.-J. 2023. Wie klimawirksam ist der Zuckerrübenanbau? *Zuckerrübe* 72(5): 18-20.
- Heim, R. H. J., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Digitale Technologien für die Feldphänotypisierung – Von Feldrobotern zu Satelliten: Auf der Suche nach neuen Lösungen. *dzz* 59(4): 30-32.
- Heim, R. H. J., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Digitale Technologien für die Feldphänotypisierung. *Zuckerrübe* 72(3): 38-41.
- Kenter, C., Adam, S., Wagner, G., Riebeling, S. 2023. Was leisten CR+ Sorten in den süddeutschen Starkbefallsgebieten? Neue Sortengeneration für ein verbessertes *Cercospora*-Management. *dzz* 59(5): 24-25.
- Knabbe, J. H., Haberland-Korr, V., Streit, S. 2023. Was leistet Spot-Spraying. *DLG-Mitt.* 138(3): 50-53.
- Koch, H.-J., Grunwald, D. 2023: Beitrag von Zwischenfrüchten zur N-Versorgung von Zuckerrüben. *Agrar aktuell* 30: 24-25.
- Liebe, S. 2023. Aktuelles zur Virösen Vergilbung. *Zuckerrübe* 72(4): 28-30.

- Liebe, S. 2023. Viröse Vergilbung an Zuckerrübe – Aktuelle Forschungsaktivitäten: Auf der Suche nach möglichen Lösungsansätzen. dzz 59(4): 28-29.
- Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Hackroboter: GPS- oder Kamera-basiert? Zuckerrübe 72(1): 36-37.
- Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Roboter im Unkraut. Aktuelle Methoden für das Unkrautmanagement. Welche Methode ist die Zukunft? dzz 59(2): 34-35.
- Wieters, B. 2023. Nützlinge durch Blühstreifen fördern. Zuckerrübe 72(4): 25-27.
- Wieters, B., Glock, I. 2023. Blühstreifen: Nützlinge fördern, Blattläuse kontrollieren. Zuckerrüben-Journal 190(4): 15-17.
- Wieters, B., Glock, I. 2023. Erste Erkenntnisse aus dem Projekt FlowerBeet: Blühstreifen in Zuckerrüben. dzz 59(5): 26-27.

2022

- Ebmeyer, H., Hoffmann, C. M. 2022. Wann braucht die Rübe Wasser? Zuckerrüben-Journal 189(2): 22-24.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2022. Mechanische Unkrautkontrolle klimaschädlicher als Chemie. Zuckerrüben-Journal 189(3): 12-13.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2022. Umweltwirkungen der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrübe. Pflanzenarzt 74(11-12): 7-9.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2022. Vergleich mechanischer, kombinierter und chemischer Unkrautbekämpfung. Ist Hacken in Rüben umweltfreundlich?: Regenwürmer, Bodenerosion und CO₂-Fußabdruck. dzz 58(4): 28-30.
- Fishkis, O., Koch, H.-J. 2022. Welche Umweltwirkungen hat die mechanische Unkrautkontrolle. Zuckerrübe 71(4): 40-42.
- Grunwald, D., Koch, H.-J. 2022. Carbon Farming mit der Zuckerrübe: Wirkung des Rübenblatts und der Fruchtfolgegestaltung auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens. dzz 58(1): 28-29.
- Grunwald, D., Koch, H.-J. 2022. Humuszehrer Zuckerrübe? Zuckerrüben-Journal 189(1): 19-20.
- Hoffmann, C. M., Kleuker, G. 2022. Festigkeit der Rübe – große Unterschiede zwischen Sorten. Zuckerrübe 71(5): 18-20.
- Hoffmann, C. M., Kleuker, G. 2022. Festigkeit der Rübe als Sorteneigenschaft. dzz 58(5): 38-39.
- Hossain, R., Varrelmann, M. 2022. Auf dem Weg zur Vergilbungsvirus-Resistenz in Zuckerrüben. dzz 58(1): 22-23.
- Hossain, R., Varrelmann, M. 2022. Vergilbungsviren: Die Suche nach Toleranz und Resistenz. Zuckerrübe 71(1): 29-32.
- Ispezua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Günder, M., Mahlein, A.-K. 2022. Blattkrankheiten in Zuckerrüben. Von oben frühzeitig erkennbar. Mit Drohnen und künstlicher Intelligenz gegen Cercospora-Blattflecken. dzz 58(3): 48-49.
- Ispezua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Günder, M., Mahlein, A.-K. 2022. Mit künstlicher Intelligenz und Drohnen gegen Cercospora. Zuckerrübe 71(3): 14-17.
- Kleuker, G., Hoffmann, C. M. 2022. Festigkeit der Rübe als Sorteneigenschaft. dzz 58(5): 38-39.
- Koch, H.-J., Grunwald, D. 2022. Wie viel N liefern Zwischenfrüchte? Zuckerrübe 71(6): 31-33.
- Laufer, D., Lottes, P. 2022. Erfassung wichtiger Sorteneigenschaften. Hilfe von oben. Drohnen in Sortenversuchen von Zuckerrüben. dzz 58(3): 28-29.
- Laufer, D., Lottes, P. 2022. Sortenversuche in Zuckerrüben per Drohne beurteilen. Zuckerrübe 71(3): 11-12.
- Reinhard-Kolempas, M., Hoffmann, A., Kühling, I., Koch, H.-J. 2022. Wie wirtschaftlich sind Zwischenfrüchte? Zuckerrübe 71(6): 34-37.
- Roß, C., Burgdorff, J., Stockfisch, N. 2022. Beeinflussen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge die Herbizidintensität? Zuckerrübe 71(2): 14-17.
- Roß, C., Burgdorff, J., Stockfisch, N. 2022. Ergebnisse einer Betriebsbefragung. Anbauverfahren und Herbizideinsatz. Beeinflussen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge das Unkrautvorkommen und die Herbizidanwendungen im Rübenanbau?. dzz 58(2): 32-33.
- Streit, S., Hohmann, S. 2022. Neue Wege in der Unkrautbekämpfung. Farmdroid im Praxiseinsatz. Experteninterviews zum Einsatz des Hackroboters in Zuckerrüben. dzz 58(2): 25-27.
- Streit, S., Mahlein, A.-K. 2022. Digitale Technologien im Pflanzenschutz. Den Rübenanbau von morgen schon heute erproben. FarmerSpace ein Experimentierfeld für den digitalen Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. dzz 58(3): 42-43.

Streit, S., Mahlein, A.-K. 2022. FarmerSpace: Experimentierfeld für den digitalen Pflanzenschutz. Zuckerrübe 71(3): 8-10.

Varrelmann, M. 2022. SBR – eine neue Krankheit in Rüben: Kurzbeitrag. top agrar: 52.

Weitere Schriften und Dissertationen

Ebmeyer, H. 2022. Zuckerrübenanbau unter veränderten Klimabedingungen – Trockenstresstoleranz und Stickstoffnutzungseffizienz von Zuckerrüben genotypen. eDissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 57, pp. 129, <https://doi.org/10.53846/goediss-9167>.

Kleuker, G. 2022. Festigkeit von Zuckerrübe – Ursachen für Sortenunterschiede und die Auswirkungen auf Beschädigung und Lagerungsverluste. eDissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 59, pp. 122, <https://doi.org/10.53846/goediss-9515>.

Liebe, S., Ladewig, E., Kenter, C., Varrelmann, M., and Mahlein, A.-K. 2023. Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau: 3. überarbeitete Auflage. Accessed Jan 10, 2024. https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Integrierter_Pflanzenschutz/Leitlinien_IPS/LeitlinienIPS_Zuckerruebe_2023_akt.pdf.

Müllender, M. M. 2022. Molecular causes for symptom expression of beet necrotic yellow vein virus in *Beta vulgaris*. eDissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 58, pp. 167, <https://doi.org/10.53846/goediss-9311>.

Pfitzer, R. 2023. Biology of *Pentastiridius leporinus* and approaches to control the main vector of the syndrome 'basses richesses' in sugar beet. eDissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 60, pp. 136, <https://doi.org/10.53846/goediss-9981>.

Rollwage, L. 2023. On the track of virus yellows resistance in *Beta vulgaris* – molecular tools and resistance mechanisms for disease management. eDissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung 61, pp. 141, <https://doi.org/10.53846/goediss-10406>

Poster

2023

Arnhold, J., Grunwald, D., Koch, H.-J. 2023. Zusammenhänge zwischen Ertragseinbußen und Wurzelwachstum in Weizenselbstfolge: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 461-462.

Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R., Mahlein, A.-K. 2023. High resolution multispectral UAV imagery for disease quantification: an alternative for leaf disease management in sugar beet: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.-25.08.2023.

Borgolte, S., Menzel, W., Varrelmann, M. 2023. Molecular detection of beet mild yellowing virus (BMV), beet chlorosis virus (BChV), beet yellows virus (BYV) and beet mosaic virus (BtMV) in *Myzus persicae* by Real-Time PCR: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023: 42.

Detring, J. 2023. Proof of concept for spectral phenotyping of Syndrome Basses Richesses in sugar beet using hyperspectral sensors and machine learning: 58. Jahrestagung der Arbeitskreise Mykologie und Wirt-Parasit-Beziehungen. M. Hahn, and M. Thines, eds., Freising, 16.-17.03.2023.

Eini, O. 2023. Differential response of sugar beet genotypes to the local and systemic beet curly top Iran virus infection: virus accumulation and transcriptome assay in resistant and susceptible genotypes: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.-25.08.2023.

Fishkis, O., Paulus, S., Koch, H.-J. Feldskalige Vermessung der Bodenerosion: Vergleich eines UAV_Geländemodells mit direkter Vermessung durch das Coschocton Rad, DBG, Halle/Saale 02.-08.09.2023

Fishkis, O., Tomforde, M., Hörsten, D. von, Stangl, J., Grannemann, D., Hentschel, M., Koch, H.-J. 2023. Optimierung der Verfahren mechanischer und mechanisch-chemischer Unkrautkontrolle in Zuckerrüben: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 580-581.

- Heim, R. H. J., Barreto Alcántara, A. A., Paulus, S., Streit, S., Mahlein, A.-K. 2023. FarmerSpace – Digitale Werkzeuge zur Unterstützung der nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf dem Feld: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 570-571.
- Hossain, R., Rollwage, L., Menzel, W., Varrelmann, M. 2023. Detektion des Turnip yellows virus in Zuckerrübe – Wenn Viren ihren Wirtspflanzenkreis erweitern: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 622-623.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Barreto Alcántara, A. A., Bömer, J., Laufer, D., Bauckhage, C., Mahlein, A.-K. 2023. Automatische Bonitur der Rhizoctonia-Rübenfäule auf Zuckerrübenfeldern durch orthorektifizierte UVA-Bilder und Machine Learning Verfahren: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 589-590.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Bömer, J., Barreto Alcántara, A. A., Laufer, D., Bauckhage, C., Mahlein, A.-K. 2023. Potential use of unmanned aerial vehicles to monitor experimental fields for testing the resistance of sugar beet varieties to *Rhizoctonia solani* using artificial intelligence and optical sensors: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.-25.08.2023
- Jacobs, A. 2023. Ursachen der Sink-Limitierung bei der Ertragsbildung von Zuckerrüben – Projektionen für zukünftige Anbaubedingungen: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 237-238.
- Kenter, C., Riebeling, S., Seebode, S., Borgolte, S., Ladewig, E. 2023. Integrierte Bekämpfung der Cercospora-Blattfleckenkrankheit bei Zuckerrüben mit einem neuen Sortentyp: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 473-474.
- Laufer, D., Kenter, C., Ladewig, E. 2023. Conviso® One in Zuckerrüben – Ergebnisse zur Wirksamkeit: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 657.
- Rahenbrock, D., Hesse, G., Varrelmann, M. 2023. E. coli expressed dsRNA of beet mosaic virus (BtMV) protects *Beta vulgaris* and *Nicotiana benthamiana* against the mechanically inoculated virus: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023: 49.
- Wieters, B., N. Stockfisch. 2023. FlowerBeet: Blühstreifen im Zuckerrübenanbau zur Nützlingsförderung und biologischen Bekämpfung von Blattläusen: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 361-362.
- Yang, Y. 2023. Impact of cultivar resistance on *Cercospora beticola* epidemiology on sugar beet: 58. Jahrestagung der Arbeitskreise Mykologie und Wirt-Parasit-Beziehungen. M. Hahn, and M. Thines, eds., Freising, 16.-17.03.2023.
- Yang, Y., Liebe, S., Eini, O., Varrelmann, M. 2023. Impact of cultivar resistance on *Cercospora beticola* epidemiology on sugar beet: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.-25.08.2023.

2022

- Arnhold, J., D. Grunwald, H.-J. Koch. 2022. Effects of crop rotation and N fertilization on wheat roots, soil water and yield: 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August – 2nd September.
- Arnhold, J., D. Grunwald, H.-J. Koch. 2022. Einfluss der Fruchtfolgestellung von Weizen auf dessen Wurzelwachstum: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Trier, 3. – 9. September 2022.
- Arnhold, J., Ispizua Yamati, F. R., Grunwald, D., Koch, H.-J. 2022. Leaf area index or ground cover: which parameter correlates better with sugar yield affected by row distance?: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 41.
- Bömer, J., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2022. Extraction and establishment of novel geometric plant parameters of sugar beet for variety description using 3D-data: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 71.

- Borgolte, S., Kenter, C., Stockhausen, E. von, Stibbe, C., Ladewig, E. 2022. New resistant varieties can enhance integrated management of *Cercospora* leaf spot in sugar beet: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 118.
- Dücker, R., Radloff, C., Bänsch, S., Paulus, S., Streit, S. 2022. Potential of herbicide reduction by automatic spot spraying in sugar beet with regard to weed control and biodiversity: 30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung: Proceedings 30th German Conference on Weed Biology and Weed Control. L. Ulber, and D. Rissel, eds., Braunschweig, 22.-24.02.2022. Julius-Kühn-Archiv 478: 60-67.
- Ebmeyer, H., Hoffmann, C. M. 2022. Drought stress: growth, water consumption and water use efficiency of sugar beet genotypes: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 53.
- Grunwald, D., P. Götze, H.-J. Koch. 2022. Einfluss unterschiedlicher Zuckerrübenfruchtfolgen und Rübenblattmengen auf die Bodenkohlenstoffvorräte: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Trier, 3. - 9. September 2022.
- Grunwald, D., A. Stracke, H.-J. Koch. 2022. Effects of cover crops with contrasting properties on soil structure and subsequent early sugar beet under varied N fertilization: 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August - 2nd September.
- Günder, M., Ispizua Yamati, F. R., Mahlein, A.-K., Bauckhage, C. 2022. Computer vision based plant cataloging and data framework for UAV images: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 70.
- Hossain, R., Rollwage, L., Menzel, W., Varrelmann, M. 2022. Investigation of host plant spill over of a turnip yellows virus (TuYV) isolate to its non-host sugar beet: International Advances in Plant Virology 2022: Programme, Abstracts and Delegate list, Hybrid event. Anon., ed., Ljubljana, Slovenia, 05.-07.10.2022: 94.
- Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Varrelmann, M., Mahlein, A.-K. 2022. Multisensory model for early detection of *Cercospora* leaf spot in sugar beet based on UAV multispectral imaging, epidemiological and micrometeorological data: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 129.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Bömer, J., Barreto Alcántara, A. A., Kromminga, H., Laufer, D., Mahlein, A.-K. 2022. Automatic detection of rhizoctonia crown and root rot affected sugar beet plants from orthorectified UAV images: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 130.
- Kleuker, G., Hoffmann, C. M. 2022. Changes in sugar beet tissue strength during storage: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 138.
- Koch, H.-J., J. Arnhold. 2022. Does sugar beet need close row spacing for maximum yield?: 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August - 2nd September.
- Koch, H.-J., Grunwald, D., Essich, L., Ruser, R. 2022. How much fertiliser nitrogen can we save through cover crop cultivation?: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 44.
- Koch, H.-J., D. Grunwald, L. Essich, R. Ruser. 2022. Saving fertilizer N in Central European sugar beet cultivation through cover cropping?: 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August - 2nd September.
- Koch, H.-J., Roß, C., Nielsen, O., Wauters, A., Hansen, A. L., Friters, L., Antoons, K., Raaijmakers, E., Stockfisch, N. 2022. Plants helping plants: companion plants for aphid control: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 98.
- Laufer, D., Baumgarten, S., Peiß, O., Ladewig, E. 2022. Wirksamkeit der Bandapplikation von Conviso® One in Zuckerrüben: 30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung: Proceedings 30th German Conference on Weed Biology and Weed Control. L. Ulber, and D. Rissel, eds., Braunschweig, 22.-24.02.2022. Julius-Kühn-Archiv 478: 331-338.
- Laufer, D., Ladewig, E. 2022. Importance of foliar active herbicides for weed control in sugar beet: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 68.
- Lottes, P., Laufer, D. 2022. Modern drone-based assessment of variety trials in sugar beet: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 - 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 69.

- Müllender, M. M., Maiss, E., Varrelmann, M., Liebe, S. 2022. Characterisation of a cDNA full-length clone derived from a Beet necrotic yellow vein virus P type population in Pithiviers (F): 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 88.
- Nause, N., Ispizua Yamati, F. R., Hoffmann, C. M. 2022. Automatic cell counting and classification in sugar beet tissue using a microscope image clustering method: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 142.
- Ott, C., Kenter, C., Laufer, D., Ladewig, E. 2022. Analyse der Unkrautflora in deutschlandweiten Herbizidversuchen im Zuckerrübenanbau (1995–2020): 30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung: Proceedings 30th German Conference on Weed Biology and Weed Control. L. Ulber, and D. Rissel, eds., Braunschweig, 22.–24.02.2022. Julius-Kühn-Archiv 478: 55–59.
- Paulus, S., Linkugel, T., Mahlein, A.-K. 2022. How to compare weeding robots – a generalized scheme for recognition levels: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 61.
- Pfitzer, R., Varrelmann, M. 2022. Plants helping plants: companion plants for aphid control: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 108.
- Raaijmakers, E., Antoons, K., Dufrane, C., Frijters, L., Hansen, A. L., Koch, H.-J., Ross, C., Stockfisch, N., Wauters, A., Nielsen, O. A2022. Plants helping plants: companion plants for aphid control: 78th IIRB Congress in Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022
- Roß, C., Thies, J., Stockfisch, N. 2022. Diversity of crop rotations with sugar beet: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 43.

Vorträge

2023

- Arnhold, J., D. Grunwald, K. Pronkow, N. Honsdorf, H. Kage, H.-J. Koch. 2023. Effect of winter wheat grown in different crop rotational positions on soil structure: BonaRes 2023 Conference in Berlin, 15 May 2023 – 17 May 2023.
- Arnhold, J., Grunwald, D., Koch, H.-J. 2023. Roots and yield of winter wheat in different crop rotational positions under no and optimal N fertilization. BonaRes 2023 Conference in Berlin, 15 May 2023 – 17 May 2023.
- Arnhold, J., Grunwald, D., Koch, H.-J. 2023. Fruchtfolgewirkungen am Beispiel von Raps- und Stoppelweizen. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 20–21
- Arnhold, J., Grundwald D., Koch, H.-J. 2023. Einfluss der Vorfrucht auf das Wurzelwachstum von Winterweizen: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neuschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 127–128.
- Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R., Mahlein, A.-K. 2023. Anwendung multispektraler Drohnenfernerkundung und Deep Learning Verfahren für die Erfassung quantitative Sortenresistenz- und zur Krankheitskontrolle bei der Cercospora-Blattfleckenkrankheit in Zuckerrüben: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 436–437.
- Bömer, J., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2023. Entwicklung von automatisierten Routinen zur Charakterisierung von Zuckerrüben genotypen. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 32–33
- Borgolte, S., Liebe, S., Varrelmann, M., Briem, F., Joachim, C. 2023. Projekt EntoProg – Grundlagen zur Prognose des Auftretens von Blattläusen und viröser Vergilbung in Zuckerrüben in Deutschland. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 26–27.
- Borgolte, S., Menzel, W., Fischer, K., Varrelmann, M. 2023. Molekularer Nachweis der Vergilbungsviren beet mild yellowing virus (BMYV), beet chlorosis virus (BChV), beet yellows virus (BYV) und beet mosaic virus (BtMV) in *Myzus persicae* mittels Real-Time PCR. 33. Tagung des Arbeitskreises „Schädlinge in Getreide, Mais und Leguminosen“, 08.02.-09.02.2023, Braunschweig.
- Borgolte, S., Menzel, W., Varrelmann, M. 2023. Molekularer Nachweis der Vergilbungsviren beet mild yellowing virus (BMYV), beet chlorosis virus (BChV), beet yellows virus (BYV) und beet mosaic virus (BtMV) in *Myzus persicae* mittels Real-Time PCR: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 96–97.

- Borgolte, S., Varrelmann, M. 2023. Influence of low inoculation densities and inoculation time-point of the three virus yellows species on disease symptoms as well as sugar beet yield and quality parameters. IIRB Study Group Meeting Pests and Diseases 15.11-16.11.2023, Einbeck.
- Bruno, P., Pfitzer, R., Shakya, O., Varrelmann, M., Rostás, M. 2023. Management options linked to host plant use by the planthopper *Pentastiridius leporinus*, a vector of the new sugar beet disease Syndrome "Basses Richesses": Entomology Congress. German Society of General and Applied Entomology, ed., Bolzano, Italy, 20.-23.02.2023.
- Detring, J., Barreto, A., Abel, A., Paulus, S., Varrelmann, M., Mahlein, A.-K. 2023. Phänotypisierung von Syndrome Basses Richesses in Zuckerrüben mittels hyperspektraler Sensoren und maschinellem Lernen: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 95.
- Eini, O., Ebrahimi, S., Varrelmann, M. 2023. Evidence for the splicing of complementary-sense transcripts of Beet curly top Iran virus: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023: 16.
- Eini O., and Varrelmann M. 2023. Response of sugar beet cultivars to Beet curly top virus infection: virus accumulation and transcriptome assay. 42nd Biennial Meeting, the American Society of Sugar Beet Technologists, Savannah, Georgia, USA, February 27 – March 2,
- Eini O., and Varrelmann M. 2023. Molecular detection and multi locus sequence analysis of 'Candidatus Phytoplasma solani'-related strains infecting potato and sugar beet plants in Southern Germany. IIRB study group meeting Pests and Diseases,, KWS SAAT SE, Einbeck, 15th – 16th November
- Fishkis, O, Koch, H.-J. 2023. Ökologische und ökonomische Bewertung konventioneller und neuer Unkrautbekämpfungsverfahren. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 38-39.
- Fishkis, O., Strassemeyer, J., Pöllinger, F., Koch, H.-J. 2023. Ökotoxikologische Risiken von Alternativen zur chemischen Unkrautkontrolle in Zuckerrüben: regionale Unterschiede und Bedeutung der Aggregationsebene: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 368-369.
- Fishkis, O., Weller, J., Strassemeyer J., Lehmus, F., Pöllinger H., Koch, H.-J. 2023. Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von konventionellen und neuen Unkrautbekämpfungsverfahren in Zuckerrüben: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 123-124.
- Grunwald, D., Essich, L., Ruser, R., Koch, H.-J. 2023. N-Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf Zuckerrüben. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 16-17.
- Grunwald, D., H.-J. Koch. 2023. Auswirkungen verschiedener Zwischenfrüchte auf Feinwurzeln und Wachstum nachfolgender Zuckerrübe: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 271-272.
- Grunwald, D., H.-J. Koch. 2023: Gedankenaustausch zu „Herausforderungen für den Zuckerrübenanbau im Spannungsfeld von Klimaschutz und Nachhaltigkeit“ – Sichtweisen aus der Wissenschaft. Vortrag auf Einladung des DNZ, Hannover, 10.11.2023.
- Günder, M., Ispizua Yamati, F. R., Mahlein, A.-K., Bauckhage, C. 2023. Combining Data and Knowledge for Disease Spread Modeling and Simulation Shown for Cercospora Leaf Spot in Sugar Beet: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.-25.08.2023.
- Heim, R. H. J., Koops, D., Barreto Alcántara, A. A., Bömer, J., Ispizua Yamati, F. R., Mahlein, A.-K. 2023. Multiangulare Reflektanzdaten für die Erkennung von Pflanzenkrankheiten – ein Fallbeispiel aus dem digitalen Experimentierfeld FarmerSpace: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 437-438.
- Heim, R., Koops, D., Barreto, A., Mahlein, A.-K. 2023. Das digitale Experimentierfeld FarmerSpace: Projektkonzept und Einblicke in die präzise Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in der landwirtschaftlichen Praxis und Forschung. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 36-37.
- Hossain, R., Rollwage, L., Menzel, W., Varrelmann, M. 2023. Construction of a turnip yellows virus (TuYV) cDNA full-length clone of an isolate originating from sugar beet to study its host plant spectrum: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023:24.
- Hossain, R., Willems, G., Wynant, N., Govaerts, K., Varrelmann, M.: Transcriptomic response of Beta vulgaris to aphid-mediated infection with beet yellows virus. IIRB Study Group Meeting Pests and Diseases 15.11-16.11.2023, Einbeck.

- Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A. 2023. Combining data-driven deep learning model and environmental epidemiology knowledge for prediction Cercospora leaf spot in sugar beet using multispectral sensors and weather stations/ Leaf analysis for quantitative resistance and disease control using multispectral UAV images: case of Cercospora leaf spot in sugar beet: 58. Jahrestagung der Arbeitskreise Mykologie und Wirt-Parasit-Beziehungen. M. Hahn, and M. Thines, eds., Freising, 16.-17.03.2023.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Bauckhage, C., Mahlein, A.-K. 2023. Modellierung und Simulation der Cercospora-Blattfleckenkrankheit auf Basis von Drohnendaten und Umweltsensoren. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenentagung, 07.09.2023: 30-31.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Barreto Alcántara, A. A., Bauckhage, C., Mahlein, A.-K. 2023. Modellierung des Auftretens und der Epidemiologie der Cercospora-Blattfleckenkrankheit in Zuckerrüben mithilfe von multispektralen Drohnendaten und Umweltparametern über IoT-Mikroklimasensoren: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 169.
- Jacobs, A. 2023. Nachhaltige Entwicklung – Perspektiven für den Anbau von Zuckerrüben. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenentagung, 07.09.2023: 10-11.
- Koch, H.J., D. Grunwald, R. Ruser, I. Kühling. 2023. Cover crop N effects are different for subsequent sugar beet and maize: 42nd Biennial Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists, Savannah, GA, USA, February 28 – March 2, 2023.
- Koch, H.-J., T. Kreszies, N. Claassen, H. Füllgrabe, K. Dittert. 2023. Optimum potassium supply increases early sugar beet growth and autumn yield: 42nd Biennial Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists, Savannah, GA, USA, February 28 – March 2, 2023.
- Koch, H.-J., Grunwald, D., Essich, L., Kühling, I., Ruser, R., Kage, H. 2023. Unterschiedliche N-Nachlieferung von Zwischenfrüchten zu Zuckerrüben und Mais?: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.-6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 55-56.
- Ladewig, E. 2023. Zuckerrübenzüchtung und Sortenleistung – Ein Blick in die Zukunft. Beratertagung der ARGE Rheinland. Düren, 25.01.2023
- Liebe, S. 2023. Aktuelle Herausforderungen und Chancen für Sorten im integrierten Pflanzenschutz bei Zuckerrüben. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenentagung, 07.09.2023: 22-23.
- Liebe, S., Varrelmann, M. 2023. Characterization of the interaction between the R protein Rz2 from *Beta vulgaris* with the triple gene block protein 1 of different virus species: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023: 9.
- Liebe, S., Varrelmann, M. 2023. Charakterisierung der Interaktion zwischen dem R Protein Rz2 aus *Beta vulgaris* und Triple Gene Block 1 Proteinen verschiedener Virusspezies: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 142-143.
- Medic, T., Bömer, J., Paulus, S. 2023. Challenges and recommendations for 3D plant phenotyping in agriculture using terrestrial lasers scanners: ISPRS Geospatial Week. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, and ISPRS, eds., Cairo, Egypt, 02.-07.09.2023.
- Ott, C., Kenter, C., Laufer, D. 2023. Unkrautbekämpfung mit Conviso One für den Hackfruchtanbau von morgen – Neue Lösungen für alte Probleme. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenentagung, 07.09.2023: 40-41.
- Ott, C., Kenter, C., Laufer, D., Ladewig, E. 2023. Conviso One im Bandspritzverfahren bei Zuckerrüben – Wirksamkeit und Einfluss ergänzender Herbizide: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 155.
- Paulus, S. 2023. Robotische Unkrautkontrolle – welche Paradigmen setzen sich durch? Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenentagung, 07.09.2023: 34-35.
- Rahenbrock, D., Hesse, G., Varrelmann, M. 2023. In E. coli exprimierte dsRNA des Beet mosaic virus (BtMV) schützt *Beta vulgaris* und *Nicotiana benthamiana* gegen das mechanisch inokulierte Virus: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.-29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 288.
- Rahenbrock, D., Varrelmann, M.: E. coli expressed dsRNA of beet mosaic virus (BtMV) protects *Beta vulgaris* and *Nicotiana benthamiana* against the mechanically inoculated virus. IIRB Study Group Meeting Pests and Diseases 15.11-16.11.2023, Einbeck.
- Rollwage, L. 2023. VPg carrying members of the virus yellows diseases complex interact with different translation initiation factors of sugar beet: 58. Jahrestagung der Arbeitskreise Mykologie und Wirt-Parasit-Beziehungen. M. Hahn, and M. Thines, eds., Freising, 16.-17.03.2023.
- Rollwage, L., Maiss, E., Hossain, R., Varrelmann, M. 2023. Manipulating betalain biosynthesis using beet mosaic virus mediated expression of BvMYB1 transcription factor allows visual virus tracking in *Beta vulgaris*: 55. Jahrestagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen: Abstracts. A. Niehl, and B. Krenz, eds., Berlin, 20.03.-21.03.2023: 10.

- Rollwage, L., van Houtte, H., Hossain, R., Wynant, N., Varrelmann, M. 2023. Viröse Vergilbung in Zuckerrüben – Resistenzmechanismen für die Zukunft. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 24–25.
- Rollwage, L., van Houtte, H., Hossain, R., Wynant, N., Varrelmann, M. 2023. Identifikation von Resistenzmechanismen gegenüber Zuckerrüben infizierenden Poleroviren: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.–29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 143–144.
- Roß, C., H.-J. Koch, N. Stockfisch. 2023. Blattlauskontrolle durch Gerste als Begleitpflanze in Zuckerrüben. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 8–9.
- Roß, C., H.-J. Koch, N. Stockfisch. 2023. Gerste als Begleitpflanze im Zuckerrübenanbau – Neue Anbausysteme etablieren, um neuen Herausforderungen zu begegnen: 64. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.: Digital tools, big data, modeling and sensing methods for sustainable and climate smart crop and grassland systems. H.-P. Kaul, R. Neugschwandtner, and L. Francke-Weltmann, eds. Liddy Halm, Göttingen, Göttingen, 4.–6.10.23. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 33: 125–126.
- Roß, C., Stockfisch, N. 2023. Pflanzenschutzintensität: Behandlungsindex, Wirkstoffmengen und Risiko im Zuckerrübenanbau: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.–29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 383–384.
- Varrelmann, M. 2023. Adaption of BNYVV towards RZ1 resistance in sugar beet: International Congress of Plant Pathology (ICPP). International Society for Plant Pathology, ed., Lyon, 20.–25.08.2023. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 28–29.
- Varrelmann, M. 2023. Syndrome basses richesses, eine große Herausforderung für den Zuckerrübenanbau. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 28–29.
- Wieters, B., H.-J. Koch, N. Stockfisch. 2023. FlowerBeet: Blühstreifen-Wirkung auf Vergilbung und Ertrag in Zuckerrüben. Abstractband 16. Göttinger Zuckerrübenagung, 07.09.2023: 4–5.
- Wieters, B., Stockfisch, N. 2023. FlowerBeet: Integration of flowering strips into sugar beet cultivation for promotion of beneficial insects and biological control of aphids.: 52nd Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland: The Future of Biodiversity – Overcoming Barriers of Taxa, Realms and Scales. Book of abstracts. Leipzig, 12.–16.09.2023.
- Wieters, B., Stockfisch, N. 2023. FlowerBeet: Blühstreifen zur Nützlingsförderung und Bekämpfung von Blattläusen als Virusvektoren im Zuckerrübenanbau: 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen – Transformation durch Wissenschaft: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut (JKI), ed., Göttingen, 26.–29.09.2023. Julius-Kühn-Archiv: 365–366.
- Wieters, B.: FlowerBeet: Blühstreifen für Nützlingsförderung zur Blattlausbekämpfung. Vortrag bei der Sitzung des DLG-Ausschusses Zuckerrübe. 24.–25.05.2023 in Konradshausen
- Wieters, B.: Blühstreifen in Zuckerrübenfeldern zur Blattlauskontrolle. Vortrag bei der Sitzung des AK Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ am 20.–21.06.2023 in Jülich.

2022

- Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R. 2022. Assessment of relevant leaf diseases in sugar beet variety trials by multispectral UAV imaging and artificial intelligence methods: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 10.
- Bömer, J., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2022. Nutzung von Laserscans zur Ableitung von Sortenbeschreibungsmerkmalen in Zuckerrüben: Terrestrisches Laserscanning: Beiträge zum 214. DVW-Seminar. DVW e.V. Gesellschaft für Geodäsie Geoinformation und Landmanagement, ed. Wißner-Verlag, Augsburg, Fulda, 08.–09.12.2022. Schriftenreihe des DVW 104: 105–125.
- Borgolte, S., Varrelmann, M. 2022. EntoProg – A cross-crop collaboration project to develop digital forecasting models and decision support tools in plant protection for estimating infestation of insect pests in oil-seed rape, sugar beet and maize. IRB Study Group Meeting Pests and Diseases 12.09.–13.09.2022, online Meeting.
- Ebrahimi, S., Eini, O., Wassenegger, M., Krczal, G., Uslu, V. V. 2022. Beet curly top Iran virus Rep gene works as a silencing suppressor by reducing small RNA accumulation: 54. Jahrestagung des DPG Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., Dossenheim, Hybrid, 21.– 22.03.2022: 20.
- Eini, O., Ebrahimi, S., Koolivand, K., Varrelmann, M. 2022. The Rep gene of Beet curly top Iran virus represents a pathogenicity factor and together with C1 induces hypersensitive response in plants: 54. Jahrestagung des DPG Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., Dossenheim, Hybrid, 21.– 22.03.2022: 8.
- Eini, O., Varrelmann, M. 2022. Beet curly top virus factors for intermolecular recombination frequency upon local infection in plants: International Advances in Plant Virology 2022: Programme, Abstracts and Delegate list, Hybrid event. Anon., ed., Ljubljana, Slovenia, 05.–07.10.2022: 48.

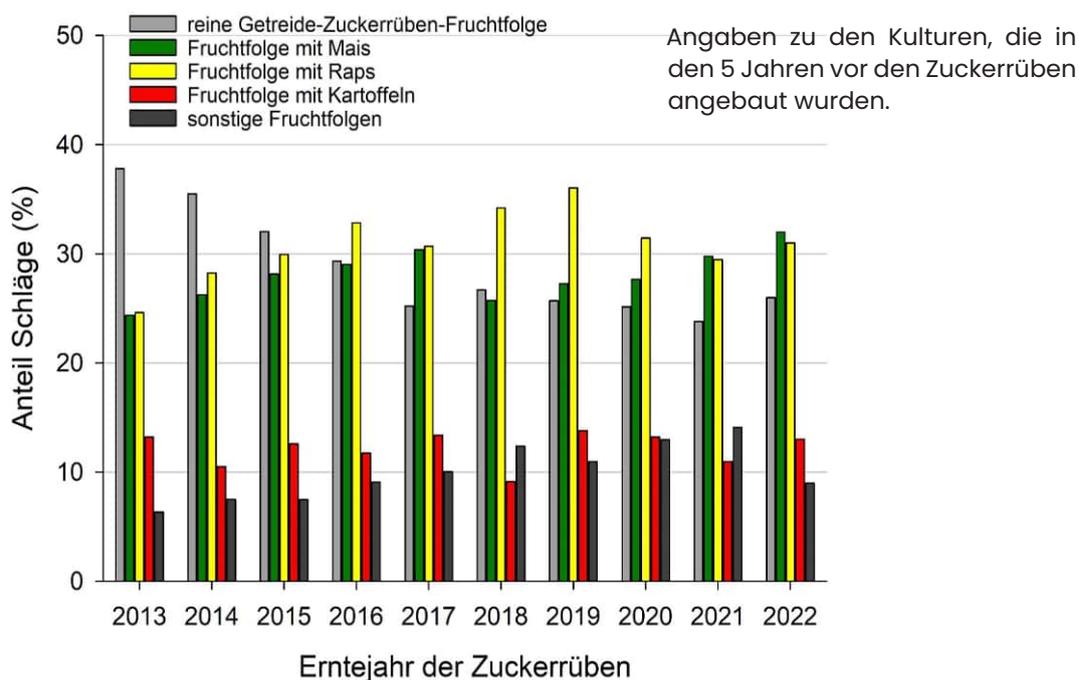
- Fishkis, O., Weller, J., Pöllinger, F., Lemhus, J., Strassemeyer, J., Koch, H.-J. 2022. Environmental risks of mechanical vs. chemical weed control in sugar beet: soil erosion, soil fauna, toxicological risks, and CO₂ emissions: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 12.
- Fishkis, O., J. Weller, J. Lemhus, H.-J. Koch. 2022. Environmental and economic risks of the mechanical, mechanical-chemical and chemical weeding in sugar beet: 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August – 2nd September.
- Fishkis, O., H.-J. Koch. 2022. Effect of mechanical weed control in sugar beet on soil erosion: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Trier, 3. – 9. September 2022.
- Grunwald, D., H.-J. Koch. 2022. Effects of different cover crops on succeeding sugar beet fine roots and plant growth: IIRB Plant & Soil Study Group Meeting, Tulln, Austria, 05.12.2022.
- Grunwald, D., Stracke, A., Koch, H.-J. 2022. Effects of different cover crops on soil structure and succeeding young sugar beet under contrasting N fertilization: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 6.
- Hoffmann, C. M., Leijdekkers, M., Wauters, A. 2022. Storability of Virus Yellows- infected beets: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 37.
- Hossain, R., Varrelmann, M. (2022): Construction of a turnip yellows virus (TuYV) cDNA full-length clone isolated from sugar beet to study its host plant spectrum. IIRB Pests and Diseases Study Group, 13.09.2022, Video conference.
- Hossain, R., Lachmann, C., Wauters, A., Vanhauwaert, E., Raaijmakers, E., Zinger, L. de, Maupas, F., Monteiro, A., Stevens, M., Varrelmann, M. 2022. Method development to identify genetic tolerance/resistance in sugar beet following aphid-mediated inoculation of Beet yellows virus (BYV), Beet mild yellowing virus (BMYV) and Beet chlorosis virus (BChV): 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 30.
- Hossain, R., Lachmann, C., Liebe, S., Varrelmann, M. 2022. Methodenentwicklung zur Identifikation genetischer Toleranz/Resistenz in Zuckerrüben gegenüber blattlausübertragbaren Vergilbungsviren: 54. Jahrestagung des DPG Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., Dossenheim, Hybrid, 21.- 22.03.2022.
- Koch, H.-J., D. Grunwald, R. Ruser, I. Kühling. 2022. Temporal variation of cover crop N supply to subsequent sugar beet and maize: IIRB Plant & Soil Study Group Meeting, Tulln, Austria, 05.12.2022.
- Koch, H.-J., T. Kreszies, N. Claassen, H. Füllgrabe, K. Dittert. 2022. Optimum potassium supply increases early sugar beet growth and autumn yield: IIRB Plant & Soil Study Group Meeting, Tulln, Austria, 05.12.2022.
- Kühling, I., Rübiger, T., Mikuszies, P., Koch, H.-J., Grunwald, D., Kage, H. 2022. Are cover crops climate friendly? 17th Congress of the European Society for Agronomy, Potsdam, Germany, 29th August – 2nd September.
- Liebe, S., Maiss, E., Varrelmann, M. 2022. Adaption of Beet necrotic yellow vein virus to Rz1 resistance in sugar beet: 54. Jahrestagung des DPG Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., Dossenheim, Hybrid, 21.- 22.03.2022: 17.
- Liebe, S., Maiss, E., Varrelmann, M. 2022. Adaption of Beet necrotic yellow vein virus to Rz1 resistance in sugar beet: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 25.
- Liebe, S., Maiss, E., Varrelmann, M. 2022. Adaption of BNYVV towards Rz1 resistance in sugar beet: International Advances in Plant Virology 2022: Programme, Abstracts and Delegate list, Hybrid event. Anon., ed., Ljubljana, Slovenia, 05.-07.10.2022: 50.
- Rollwage, L., Hossain, R., Varrelmann, M. 2022. Zuckerrübe infizierende Poleroviren interagieren mit multiplen Translationsinitiationsfaktoren ihres Wirtes: 54. Jahrestagung des DPG Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., Dossenheim, Hybrid, 21.- 22.03.2022: 15.
- Rollwage, L., Maiss, E., Hossain, R., Varrelmann, M. 2022. Beet mosaic virus mediated expression of the BvMYB1 transcription factor regulating betalain synthesis allows visual virus tracking in *Beta vulgaris*: International Advances in Plant Virology 2022: Programme, Abstracts and Delegate list, Hybrid event. Anon., ed., Ljubljana, Slovenia, 05.-07.10.2022: 46-47.
- Streit, S., Paulus, S., Mahlein, A.-K. 2022. FarmerSpace – a trial field for digital crop protection in sugar beet production: 78th IIRB Congress. Abstracts of Papers: Growing sugar beet for the future. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., Mons, Belgium, 21 – 23 June 2022. IIRB Congress. Abstracts of Papers 78: 11.
- Varrelmann, M., Laufer, D., Lachmann, C., Hossain, R. 2022. Viröse Vergilbung in Zuckerrübe – Etablierung von Testverfahren zur Selektion pflanzlicher Resistenz und chemischen Vektorkontrolle: 32. Jahrestagung des Arbeitskreises Schädlinge in Getreide, Mais und Leguminosen der DPG. J. Lemhus, and K. Schwabe, eds., Online-Veranstaltung, 09.-10.02.2022.
- Wieters, B.: Blühstreifen zur Nützlingsförderung im Zuckerrübenanbau. Vortrag beim Feldtag der Firma Strube am 29.-30.06.2022 in Titz.



KENNZAHLEN ZUM ZUCKERRÜBENANBAU IN DEUTSCHLAND

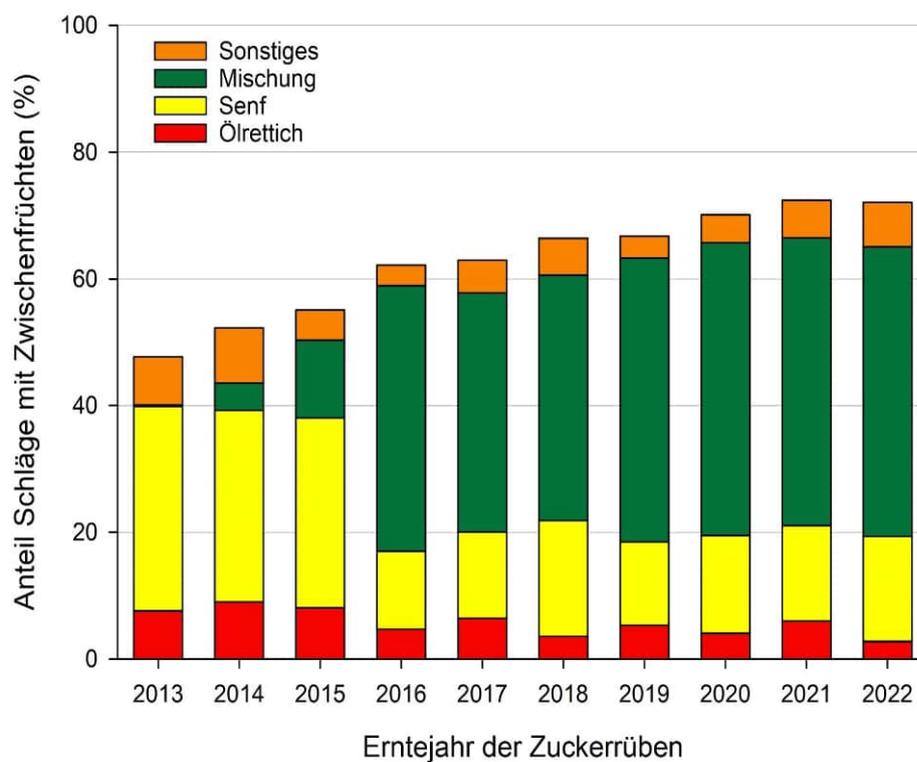


Wie entwickeln sich die Fruchtfolgen mit Zuckerrüben?



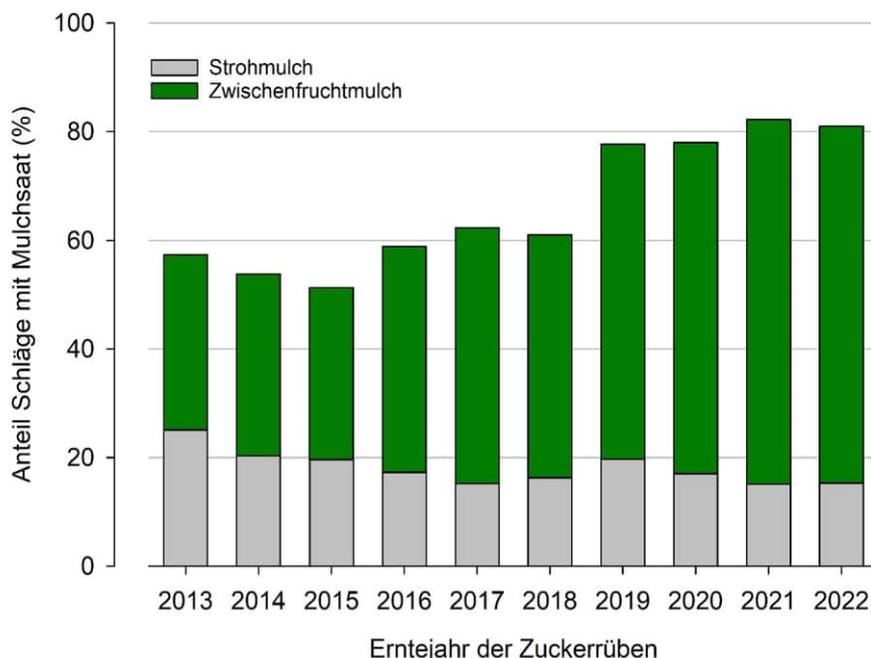
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2013 – 2022
(Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben)

Welche Zwischenfrüchte werden im Herbst vor den Zuckerrüben angebaut?



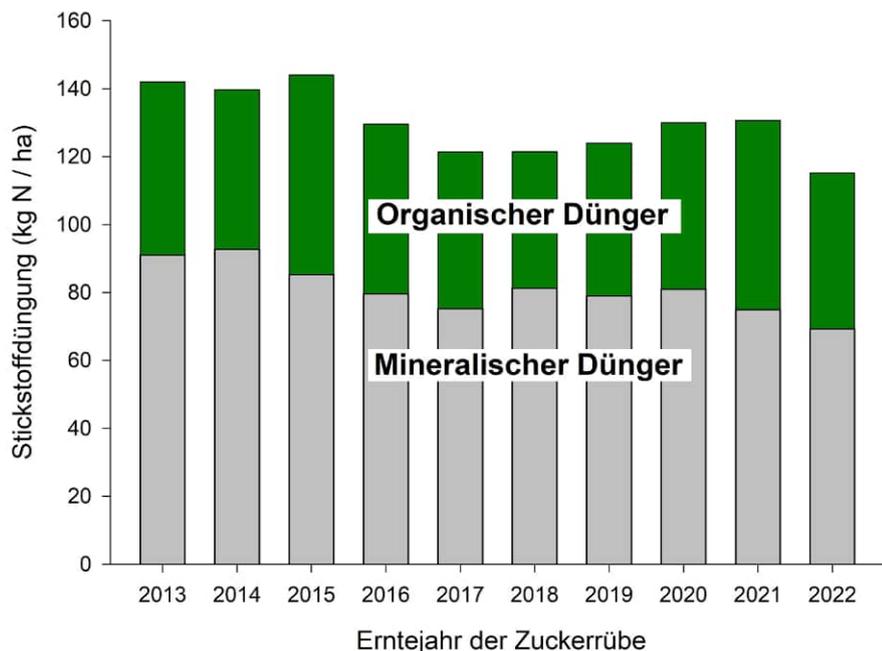
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2013 – 2022
(Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben)

Zu welchem Anteil werden Zuckerrüben in Zwischenfrucht- oder Strohmulch gesät?



Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2013 - 2022 (Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben)

Wie hoch ist die N-Düngung zu Zuckerrüben?



Bewertung der Dünger

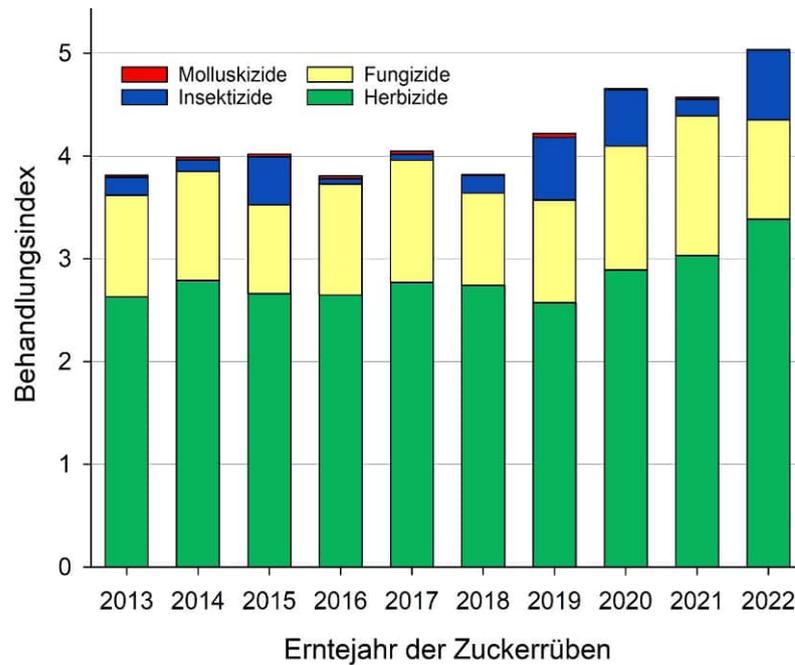
Es sind alle Dünger einschließlich der Düngung im Herbst / zur Zwischenfrucht berücksichtigt.

mineralisch: N-Gehalt

organisch: nach Gesamt-N-Gehalt
abzüglich Ausbringungsverluste

Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2013 - 2022 (Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben, Mittelwerte über alle Schläge eines Befragungsjahres)

Wie entwickelt sich der Pflanzenschutz in Zuckerrüben?



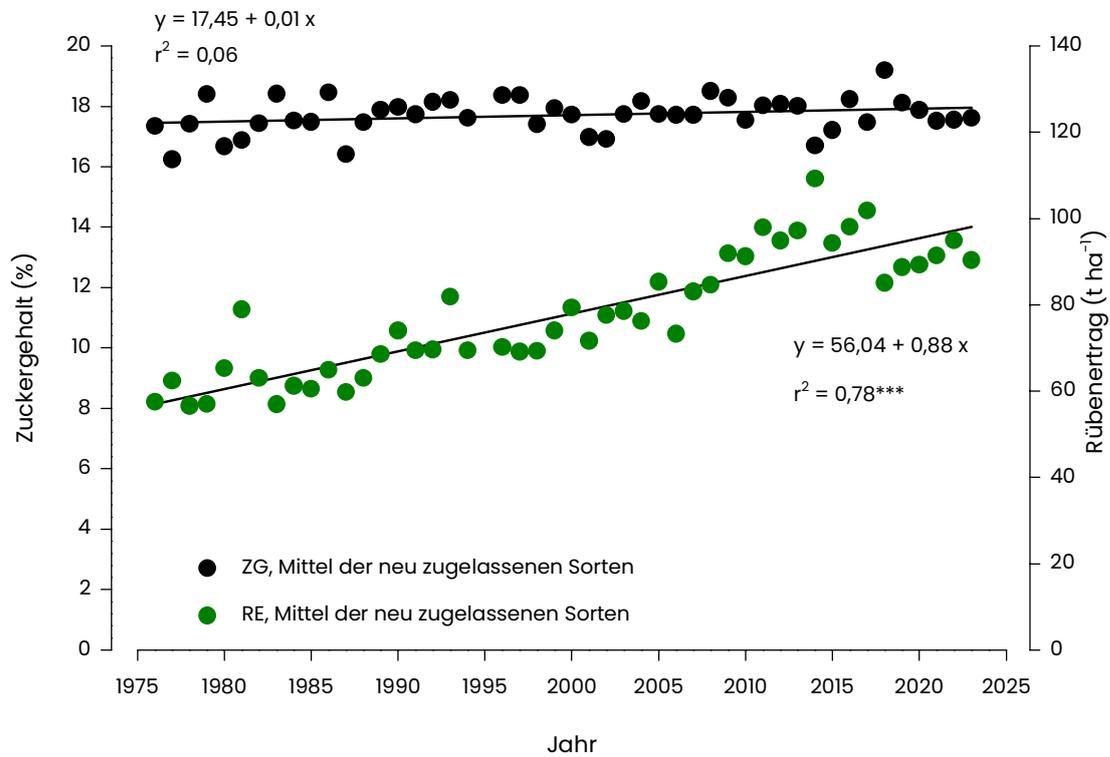
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2013- 2022
 (Daten sind Teil der PAPA-Erhebung (<https://papa.julius-kuehn.de>), Angaben für den größten Zuckerrübensschlag in jährlich über 300 Betrieben, Mittelwerte über alle Schläge eines Befragungsjahres)

Welche digitalen Techniken werden für den Zuckerrübenanbau genutzt?

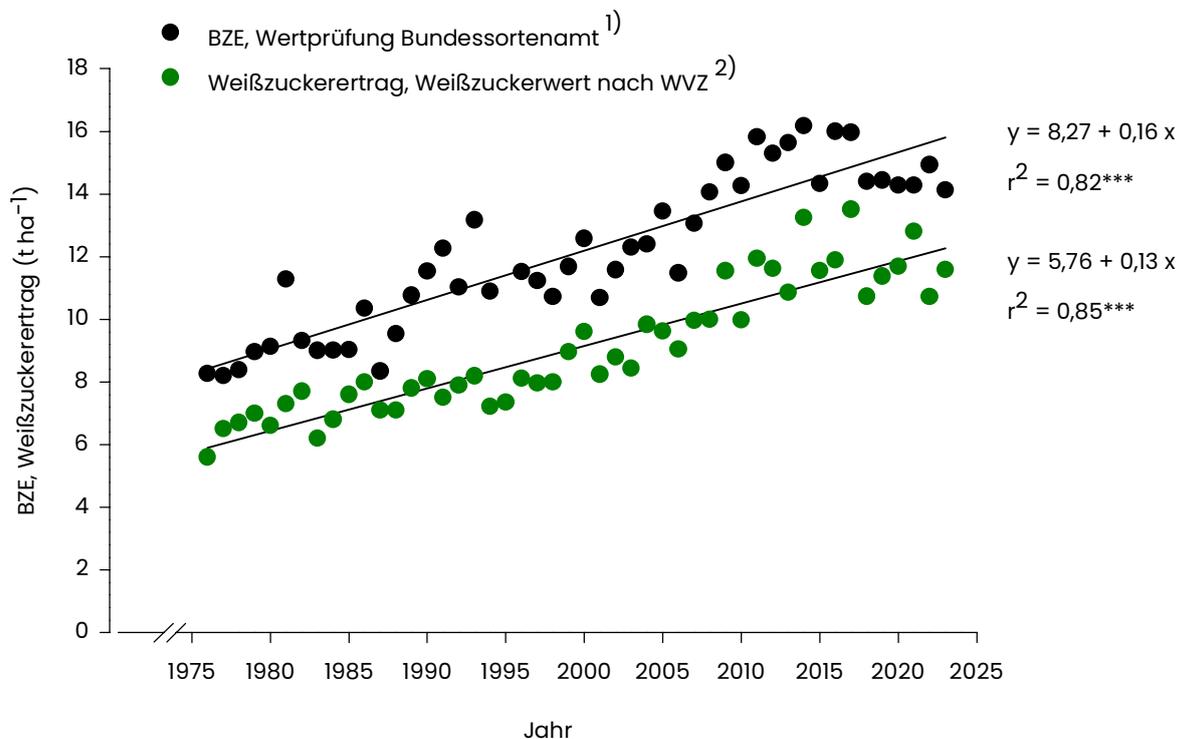


Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2020 - 2022
 (Angaben aus jährlich über 300 Betrieben)

Zuckergehalt (ZG) und Rübenenertrag (RE) im Mittel der neu zugelassenen Sorten Wertprüfungen des Bundessortenamtes 1976-2023

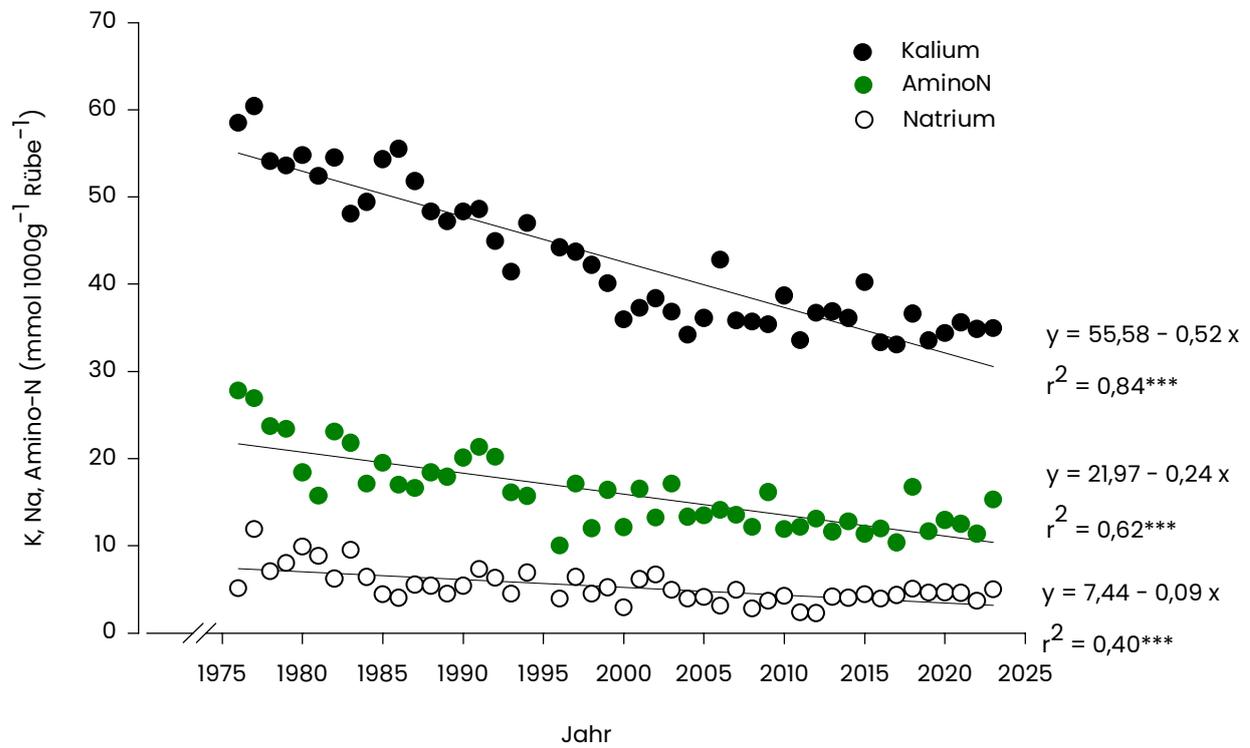


Bereinigter Zuckerertrag (BZE) der vom Bundessortenamt neu zugelassenen Sorten im Vergleich zum Weißzuckerertrag (WVZ) von 1976-2023



¹⁾ Zulassungsjahre 2004-2008 ohne Sorten mit Nematoden- oder Rhizoctoniatoleranz; Ab dem Zulassungsjahr 2009 mit Nematodentoleranz / -resistenz, ab 2022 gesamtes Sortiment;
²⁾ Weißzuckerertrag = tatsächlich erzeugter Zucker, zur Vergleichbarkeit; bis 1992 nur Daten alte Bundesländer, ab 1993 gesamtes Bundesgebiet

**Entwicklung des Kalium-, Natrium- und Amino-N-Gehaltes
(Mittel der zugelassenen Sorten) von Zuckerrüben;
Wertprüfung des Bundessortenamtes 1976–2023**



ANHANG

Gremien

Stand: März 2024

Mitglieder des Institutsausschusses

Dr. Lars Gorissen	Nordzucker AG, Braunschweig
Björn Kiepe	Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. Dierk Martin	Südzucker AG/ZAFES, Obrigheim Pfalz
Matthias Sauer	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Dr. Hermann Schmitz	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Dr. Alexander Ungru	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Dr. Georg Vierling	Südzucker AG, Mannheim
Dr. Andreas Windt	Nordzucker AG, Braunschweig
ständige Gäste:	Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen Dr. Maria Niemann, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen Dr. Nicol Stockfisch, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen
Vorsitzender:	Dr. Rainer Schechter, Südzucker AG, Mannheim

Mitglieder des Koordinierungsausschusses

Stephen Baumgarten	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland, Braunschweig
Michael Engel	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Dr. Peter Kasten	Rheinischer Rübenbauerverband e.V., Bonn
Dr. Larissa Klein	Verband baden-württembergischer Zuckerrübenanbauer e.V., Heilbronn
Andre Laue	Zuckerrübenanbauerverband Könnern, Könnern
Dr. Johann Maier	Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenbau, Mannheim
Markus Reiners	Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. Alexander Ungru	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Dirk Wollenweber	Zuckerrübenanbauerverband Südniedersachsen e.V., Hildesheim
Dr. Klaus Ziegler	Verband Fränkischer Zuckerrübenanbauer e.V., Eibelstadt
ständiger Gast:	Dr. Astrid Rewerts, Wirtschaftliche Vereinigung Zucker, Berlin
Sprecherin:	Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Mitglieder der Arbeitskreise des Koordinierungsausschusses

Arbeitskreis Sorten

Stephen Baumgarten	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland, Braunschweig
Michael Engel	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Dr. Peter Kasten	Rheinischer Rübenbauer-Verband Bonn e.V., Bonn
Heinz Leipertz	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Jülich
Dr. Johann Maier	Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenbau, Mannheim
Stephan Randel	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Könnern
Dr. Julia Wießner	Verband Fränkischer Zuckerrübenanbauer e.V., Eibelstadt
Dr. Andreas Windt	Nordzucker AG, Braunschweig
Dirk Wollenweber	Zuckerrübenanbauerverband Südniedersachsen e.V., Hildesheim
ständiger Gast:	Dr. Richard Manthey, Bundessortenamt, Referat 214, Hannover
Sprecherin:	Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Pflanzenbau

Andreas Krumholz	Südzucker AG, Mannheim
Matheus Kuska	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Dr. Christian Lang	Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Worms
Heinz Leipertz	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Jülich
Christian Mielke	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Frithjof Pape	Nordzucker AG, Schladen
Dr. Helmut Ring	Verband Bayerischer Zuckerrübenanbauer e.V., Barbing
Juliane Stappenbacher	Rübenanbauer- und Aktionärsverband Nord e.V., Uelzen
Harm-Henning Wolters	Nordzucker AG, Klein Wanzleben
Sprecher:	Dr. Heinz-Josef Koch, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Pflanzenschutz

Clemens Eßer	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, LIZ Koordinationsstelle, Köln
Andre Laue	Zuckerrübenanbauerverband Könnern, Könnern
Alfons Lingnau	Arbeitsgemeinschaft Zuckerrübenanbau, Bonn
Cord Linnes	Zuckerrübenanbauverbände Magdeburg e.V. und Niedersachsen Ost e.V., Klein Wanzleben
Dr. Johann Maier	Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenbau, Mannheim
Dr. Maria-Elisabeth Meer-Rohbeck	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Christoph Ott	ARGE für das Versuchswesen in Franken, Eibelstadt
Frithjof Pape	Nordzucker AG, Schladen
Georg Sander	Nordzucker AG, Uelzen
Axel Schulze	Anklamer Anbauerverband für Zuckerrüben e.V., Nordwestuckermark
Sprecher:	Dr. Sebastian Liebe, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen Prof. Dr. Mark Varrelmann, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Feldversuche

Sebastian Adam	ARGE Zuckerrübe Südwest, Worms
Stephen Baumgarten	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland, Braunschweig
Udo Beiersdorff	Agrartest GmbH, Rosenow
Christian Beyer	ARGE Versuchswesen im Zuckerrübenanbau Zeitz, Grana
Philipp Engert	Arbeitsgemeinschaft für das Versuchswesen in Franken, Eibelstadt
Clemens Eßer	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, LIZ Koordinationsstelle, Köln
Maximilian Groß	ARGE für Versuchswesen und Beratung im ZR-Anbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz, Heilbronn
Jürgen Helms	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland e.V., Uelzen
Hermann-Josef Keutmann	Landwirtschaftlicher Informationsdienst Zuckerrübe (LIZ), Könnern
Andreas Krumholz	Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenbau, Mannheim
Alfons Lingnau	ARGE Zuckerrübenanbau, Bonn
Robert Mews	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaues Anklam
Christoph Ott	ARGE für das Versuchswesen in Franken, Eibelstadt
Gerald Wagner	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaues Regensburg, Barbing
ständiger Gast:	Dr. Richard Manthey, Bundessortenamt, Referat 214, Hannover
Sprecher:	Dr. Sebastian Liebe, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Digitalisierung

Stephen Baumgarten	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland, Braunschweig
Dr. Clemens Becker	Zuckerrübenanbauerverband Niedersachsen-Mitte e.V., Hildesheim
Volker Deckers	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Michael Engel	Cosun Beet Company GmbH & Co.KG, Anklam
Markus Kohl	Rheinischer Rübenbauer-Verband e.V., Bonn
Dr. Matheus Kuska	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
André Laue	Zuckerrübenanbauerverband Könnern, Könnern
Nico Loewel	Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. Paul-Martin Pfeuffer	Verband Süddeutscher Zuckerrübenanbauer e.V. Ochsenfurt
Dr. Christian Willersinn	Südzucker AG, Mannheim
Sprecher:	Dr. Sebastian Liebe, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen Dr. Stefan Paulus, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Koordinierte Versuchsvorhaben

Koordinierte Versuchsvorhaben 2022

Arbeitskreis	Versuch	Varianten	Anzahl		Anz. Parz. bei ARGE
			Orte	Parzellen	
Sorten	Leistungsvergleich neuer Sorten (LNS)	10	18	720	280
	Sortenleistungsvergleich (SV)	37	17	2.516	2.220
	Spezieller Sortenleistungsvergleich als Anhang zum Sortenleistungsvergleich (SSV)	10	10	400	400
	Sortenleistungsvergleich mit Nematodenbefall (SV-N)	12/20	18/11	1.744	1.120
	Sortenleistungsvergleich mit Rhizoctoniabefall (SV-Rh)	6	8	192	72
	Sortenleistungsvergleich SBR (SV-SBR) (Syndrome Basses Richesses)	9	12	432	180
	Methodische Untersuchung Aphanomyces	25	2	200	200
	Pflanzenschutz	Ringversuch Herbizide	15	11	660
Ringversuch Fungizide-Mittelprüfung		12	7	336	288
Ringversuch Fungizide am Saatgut		9	5	180	144
Ringversuch Insektizide-Mittelprüfung		9	4	108	81
Summe				7.488	5.585

Stand: 01.05.2022

Koordinierte Versuchsvorhaben 2023

Sortenversuche	Versuch	Varianten	Anzahl		Anz. Parz. bei ARGE
			Orte	Parzellen	
Sorten	Leistungsvergleich Neuer Sorten (LNS)	8	19	608	224
	Sortenleistungsvergleich (SV)	38	17	2.584	2.432
	Spezieller Sortenleistungsvergleich als Anhang zum Sortenleistungsvergleich (SSV)	11	9	396	440
	Sortenleistungsvergleich mit Nematodenbefall (SV-N)	22	29	2.552	1.408
	Sortenleistungsvergleich mit Rhizoctoniabefall (SV-Rh)	9	8	288	108
	Methodische Untersuchung – Aphanomyces	20	2	160	160
	Methodische Untersuchung – Conviso-Smart-Anbausystem	11	11	968	528
	Pflanzenschutz	Ringversuch Herbizide	14	12	672
Ringversuch Fungizide-Mittelprüfung		14	7	392	336
Ringversuch Fungizide am Saatgut		7	5	140	112
Ringversuch Insektizide-Mittelprüfung		8	4	96	72
Summe				8.464	6.436

Stand: 23.02.2023

Arbeitsgebiete des IfZ

Direktorin
Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein

Administration & Forschungsk Kooperationen
Dr. Maria Niemann

Zentrale Dienste & Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Nicol Stockfisch

Anbausysteme & Ertragsbildung
PD Dr. Anna Jacobs

- Effekte abiotischer Faktoren auf Entwicklungsstadien und Ertragslimitierung
- Datenbasis für Modellierungen
- Zukünftige Anbausysteme und regionale Anwendung
- Ganzheitliche Bewertung von Anbausystemen
- Ressourcenschutz

Koordination
Dr. Sebastian Liebe

- Koordination technischer Forschung mit nationalen und internationalen Feldversuchen, ± 20.000 Parzellen/Jahr:
 - Sortenversuche (nur national)
 - Pflanzenschutzversuche
- Methodik der Versuchsdurchführung
- Integrierter Pflanzenschutz
- Internationaler Laborvergleich Saatgutbehandlung
- Koordination COBRI

Pflanzenbau
Dr. Heinz-Josef Koch

- Zuckerrüben und Winterweizen in Fruchtfolgen
- Zwischenfrüchte/N-Effizienz/N₂O-Emission
- Bodenstruktur und Bodenbearbeitung
- Schädlingskontrolle durch Blühstreifen
- Koordinierung Pflanzenbauversuche

Phytomedizin
Prof. Dr. Mark Varrelmann

- Entwicklung von Diagnoseverfahren, Resistenztests und Pflanzenschutzstrategien
- Viröse Vergilbung
- Syndrome des Basses Richesses
- Rizomania
- Blattkrankheiten
- Entwicklung von Genomeditierungsverfahren Zuckerrübe
- Nachweis von PSM-Resistenzen

Sensorik & Datenanalyse
Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein

- Precision Agriculture und digitales Phenotyping
- nicht-invasive Erfassung von Pflanzeigenschaften mit optischen Sensoren:
 - biotischer und abiotischer Stress
 - Pflanzen- und Bestandesarchitektur
 - Leistungsparameter
- Datenanalyse und -auswertung, künstliche Intelligenz
- Technikevaluation

Systemanalyse
Dr. Nicol Stockfisch

- Betriebsbefragung zum Zuckerrübenanbau in Kooperation mit Anbauverbänden und Zuckerindustrie
- Analyse von Zuckerrübenanbauverfahren in der Praxis
- PAPA Pflanzenschutzmittel-Anwendung
- Biodiversität im Anbausystem
- Blühstreifen, Nützlingsförderung, Blattlauskontrolle

Wir danken den nachfolgend aufgeführten Institutionen und Firmen für die Förderung einzelner Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

I. im IfZ:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin
Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums - ELER (EIP Agri)
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow-Prüzen
Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V., Bonn
Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt
Landwirtschaftliche Rentenbank, Frankfurt/M
Nordzucker AG, Braunschweig
Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
SESVANDERHAVE N.V., Tienen, B
Südzucker AG, Mannheim

II. in Zusammenarbeit mit den regionalen Arbeitsgemeinschaften:

ADAMA Deutschland GmbH, Köln
BASF SE, Limburgerhof
Bayer CropScience Deutschland GmbH, Langenfeld
Betaseed GmbH, Frankfurt/Main
CERTIS BELCHIM B.V. Niederlassung Deutschland, Hamburg
Cheminova Deutschland GmbH & Co. KG (FMC Agricultural Solutions), Stade
Corteva Agriscience Germany GmbH (Dow AgroSciences GmbH), München
DLF Beet Seed GmbH, Hannover
K+S Minerals and Agriculture GmbH, Kassel
KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck
Mitsui Chemicals Agro Inc., Tokio, JP
Nufarm Deutschland GmbH, Köln
PLANTAN GmbH, Buchholz
Plant Power Products B.V., Bennekom, NL
SESVANDERHAVE Deutschland GmbH, Würzburg
Strube D&S GmbH, Söllingen
Syngenta Agro GmbH, Maintal
UPL Deutschland GmbH, Brühl

Gender-Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dem Jahresbericht bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat lediglich redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

Bildnachweis

Wenn nicht direkt in der Bildunterschrift vermerkt, sind alle Fotografien vom IfZ.

Herausgeber

Institut für Zuckerrübenforschung
Holtenser Landstraße 77
D-37079 Göttingen

Postfach 4051
D-Göttingen

E-Mail: mail@ifz-goettingen.de
Web: www.ifz-goettingen.de
Telefon: 0551-505620

Redaktion und Layout

Lina Francke-Weltmann, Maria Niemann, Benedict Wieters

Druck

Goltze Druck GmbH & Co. KG, Hans-Böckler-Str. 7, 37079 Göttingen

ISBN

987-3-88452-884-6

