



JAHRESBERICHT 2020 | 2021

Institut für Zuckerrübenforschung





JAHRESBERICHT 2020 | 2021

Institut für Zuckerrübenforschung

Vorwort	7
Berichte aus der Forschung	8
Diversität der Fruchtfolge – Auswirkungen verschiedener Fruchtfolgen auf den Herbizideinsatz	9
Zuckerrübenpflanzen in guter Gesellschaft: ein COBRI-Versuch mit Gerste als Begleitpflanzen	11
Bodenstruktur und Jugendwachstum von Zuckerrüben nach verschiedenen Zwischenfrüchten	12
Verminderte Stickstoffdüngung von Zuckerrüben durch Zwischenfrüchte?	14
Eng oder weit – wann wachsen Zuckerrüben am besten?	16
Herbizid oder Hacke: Was beeinträchtigt die Umwelt weniger?	18
Analyse der Unkrautflora im Zuckerrübenanbau in Deutschland 1995–2020	20
Genotypische Reaktion auf Trockenstress – Trockenstresstoleranz	23
Festigkeit von Zuckerrüben als Selektionsmerkmal	25
Verbesserung der Resistenzselektion gegenüber Rizomania an Zuckerrüben	27
Testverfahren zur Ermittlung von Ertragseffekten und Toleranz/ Resistenz in Zuckerrüben gegenüber Vergilbungsviren	30
Etablierung einer Laborzucht und Untersuchungen zu den Entwicklungsstadien der Schilf-Glasflügelzikade	33
Erster Nachweis für eine Target-Site-Resistenz von <i>Cercospora beticola</i> gegenüber Azolen – Mögliche Anwendung im Monitoring	36
Hackroboter – die digitale Alternative zur Handhacke	38
Einsatz von künstlicher Intelligenz und Drohnen zur Erkennung von Krankheiten in Zuckerrübenfeldern	40
Koordinierungsausschuss am IfZ und koordinierte Versuche	44
Der Koordinierungsausschuss und seine Arbeitskreise	45
Auf der Suche nach Alternativen zu Glyphosat – Gemeinschaftsversuch zur Restunkrautbekämpfung vor der Aussaat	48
Gemeinschaftsversuch Sorte x Fungizidstrategie 2020 – 2021	50
Ringversuch Insektizide Mittelprüfung 2020 – 2021	53
Bundesweite Umfrage: Blattlausauftreten und Viröse Vergilbung in 2021	56
Schlaglichter aus dem IfZ	58
RTK-gestützte Bonituren und Messungen halten Einzug in die Feldversuche am IfZ	59
Neue Klimakammer und Applikationskabine am IfZ	62
Öffentlichkeitsarbeit	63
Ausgezeichnet	64
Lehre am IfZ	65
Publikationen aus dem IfZ	66
Kennzahlen zum Zuckerrübenanbau in Deutschland	82
Anhang	88
Gremien	89
Koordinierte Versuchsvorhaben	92
Arbeitsgebiete des IfZ	93



Das Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) an der Universität Göttingen hat die Aufgabe, die Entwicklung von Verfahren nachhaltiger Zuckerrübenproduktion in Deutschland durch wissenschaftliche und technische Forschung zu fördern. Eine Aufgabe, die im Kontext anbautechnischer Herausforderungen, gesellschaftlicher Forderungen und politischer Rahmenbedingungen hoch aktuell ist und vom IfZ mit fachlicher Kompetenz, wissenschaftlichen Innovationen und Kreativität adressiert wird.

Neue Themen wurden aufgegriffen, wichtige Meilensteine erreicht und relevante Erkenntnisse erarbeitet. Kennzeichnend für alle Forschungsfragen ist die Integration fachlicher und wissenschaftlicher Grundlagen mit zukunftsweisenden und innovativen Methoden. In der fachlichen Breite werden konkrete Themen wissenschaftlich präzise erforscht, mit einem systemorientierten Ansatz tiefgehend untersucht, umfassend verstanden und für die Praxis nutzbar gemacht. Hierbei spielen die Fachkommunikation und der Austausch in einem interdisziplinären Netzwerk aus Forschung, Industrie, Praxis und öffentlichem Dienst eine entscheidende Rolle.

Im Fokus der Forschung stehen neben der zunehmenden Bedeutung von entomologischen Fragestellungen zu vektorübertragenen Krankheiten wie dem Syndrom Basse Richesses oder der Virösen Vergilbung Themen zu Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz im Anbau, zu Sortenleistung, Lagerfähigkeit und Trockenstresstoleranz, zu alternativen Pflanzenschutzverfahren wie RNA-Spray sowie zu Digitalisierung. Die Forschungsfragen werden unterstützt durch Erkenntnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau. Die vielfältigen Fragestellungen spiegeln sich auch in einer deutlichen Zunahme von Drittmittelprojekten wider. Hervorzuheben ist unter anderem die Beteiligung des IfZ an der Exzellenzinitiative PhenoRob – das einzige bundesweite Exzellenzcluster im Bereich Landwirtschaft, in dem über 40 Wissenschaftler und 70 Doktoranden Lösungen für die Landwirtschaft der Zukunft erarbeiten. Eine fruchtbare Kooperation, die auf unterschiedlichen Ebenen neue Impulse setzt.

Ein etabliertes und wichtiges Element des Wissenstransfers und der Fachkommunikation stellt die alle zwei Jahre stattfindende Göttinger Zuckerrübenagung dar. Diese wurde 2021 mit einem zweitägigen Programm digital durchgeführt. Das wissenschaftliche Programm war gewohnt vielfältig und ansprechend. Die intensive Diskussion der ca. 330 Teilnehmenden gemeinsam mit den Vortragenden verdeutlicht das Interesse und spiegelt den Erfolg der Veranstaltung wider.

Bei der Betrachtung der Jahre 2020 und 2021 bleibt es nicht aus, die besondere Situation unserer Gesellschaft in einer Pandemie zu erwähnen. Mithilfe durchdachter



Hygienekonzepte und einer unmittelbaren Einführung digitaler Kommunikationsmittel wurde nicht nur ein optimaler Infektionsschutz für unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erreicht, sondern auch die Leistungsfähigkeit unseres Forschungsinstitutes und somit die Erfüllung unserer Aufgaben und Durchführung von Forschungsprojekten gesichert. Durch großes Engagement wurde nicht nur der Wissensaustausch in unserem Netzwerk und in den Ausschüssen und Arbeitskreisen in digitalen Formaten sichergestellt, sondern auch die Lehre an der Fakultät für Agrarwissenschaften. Dies war und ist eine gemeinschaftliche Leistung aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am IfZ, denen großer Dank gebührt.

Im Rückblick auf die Jahre gilt der Dank allen Partnern, Unterstützern, Freunden und Förderern des IfZ, die gemeinsam zu fachlichen Themen und zur Weiterentwicklung der Forschungsinfrastruktur am IfZ beitragen. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess, der zur Kompetenz und zum Erfolg des IfZ beiträgt und somit für den Zuckerrübenanbau von entscheidender Bedeutung ist. Wir blicken zuversichtlich auf die zukünftigen Entwicklungen.

Dieser Jahresbericht vermittelt Ihnen einen Eindruck über die vielfältigen Themen, methodischen Ansätze und relevanten Erkenntnisse aus unserer Forschung. Ausgewählte Projekte und Themen werden vorgestellt, komplementiert durch aktuelle Kennzahlen aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau, Einblicke in die Arbeit des Koordinierungsausschusses am IfZ und eine aktuelle Publikationsliste aus unserem Haus.

Freuen Sie sich nun auf Einblicke in unsere Aktivitäten und vielfältigen Forschungsfragen des IfZ.

Ihre Anne-Katrin Mahlein

Göttingen, Juli 2022

BERICHTE AUS DER FORSCHUNG



Diversität der Fruchtfolge – Auswirkungen verschiedener Fruchtfolgen auf den Herbizideinsatz

Diverse Fruchtfolgen werden als vorbeugendes Mittel gegen Schaderreger im Integrierten Pflanzenschutz genannt und als Maßnahme im europäischen Green Deal und in der Ackerbaustrategie thematisiert. Ein vielfältiger Wechsel der Kulturen und der Anbau geeigneter Zwischenfrüchte sollen Populationen von Unkräutern und Schaderregern unterdrücken und so eine Einsparung von chemischem Pflanzenschutz ermöglichen. In zwei Masterarbeiten, angefertigt in der Arbeitsgruppe Systemanalyse, wurden Daten aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau analysiert. Unter anderem wurden die Auswirkungen diverser Fruchtfolgen für den Herbizideinsatz auf Zuckerrübenflächen untersucht.

Eine deutschlandweite, seit 2010 durchgeführte Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau bietet hervorragende Möglichkeiten, um die Entwicklung der Fruchtfolgegestaltung im Zuckerrübenanbau näher zu beleuchten. In dieser Befragung werden zahlreiche Anbaumaßnahmen im Zuckerrübenanbau erhoben, immer bezogen auf den größten Zuckerrübenschlag des Betriebs. Gefragt wird auch nach den Kulturen, die während der letzten fünf Jahre auf dem Schlag wuchsen sowie nach allen Pflanzenschutzmaßnahmen in Zuckerrüben ab Ernte der Vorfrucht im Herbst. Dadurch lässt sich der Behandlungsindex für einen Schlag ermitteln und mit der Fruchtfolge verknüpfen. Aus den Fruchtfolgegliedern der letzten fünf Jahre wurde die Diversität der Fruchtfolge (Shannon-Index) ermittelt.

In den vergangenen zehn Jahren haben sich die Fruchtfolgen mit Zuckerrüben verändert. Der Anteil der Betriebe, die Zuckerrüben mit zwei Jahren Pause anbauen, ist zu Gunsten längerer Anbaupausen gesunken. Außerdem hat der Anteil der Betriebe mit reinen Getreide-Zuckerrüben-Fruchtfolgen abgenommen (Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau). Zuckerrüben werden zunehmend mit Mais und/oder Raps in der Fruchtfolge angebaut. Gleichzeitig ist der Anbau von Zwischenfrüchten vor den Zuckerrüben in dieser Zeit angestiegen (s. Anhang: Kennzahlen zum Rübenanbau in Deutschland). Diese Entwicklungen der letzten zehn Jahre führten zu einem stetigen Anstieg der Diversität in der Fruchtfolge, wie der Shannon-Index deutlich macht (Abb. 1).

Neben anderen Anbaumaßnahmen ist die Fruchtfolgegestaltung ein Instrument des Integrierten Pflanzenschutzes. Die angepasste Anbaugestaltung soll helfen, den chemischen Pflanzenschutz auf das notwendige Maß zu limitieren. Wir haben uns die Frage gestellt, ob sich die Veränderungen in der Fruchtfolgegestaltung auf die Intensität des chemischen Pflanzenschutzes auswirken (Behandlungsindex, siehe <https://papa.julius-kuehn.de>). Dabei haben wir uns auf die Anwendung von Herbiziden fokussiert. Unsere Hypothese lautete: In Betrieben mit diverseren Fruchtfolgen kommt es zu einer Einsparung von Herbiziden, weil der vermehrte Anbau von Zwischenfrüchten und die weiteren Fruchtfolgen mit einem häufigeren Wechsel zwischen Halm- und Blattfrüchten sowie Sommer- und Winterungen zur Unkrautunterdrückung beitragen. Weiterhin wollten wir wissen, welche Fruchtfolgeglieder zu einer Veränderung des Herbizideinsatzes führten.

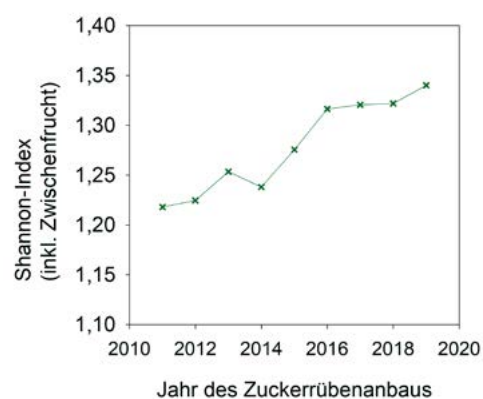


Abb. 1: Entwicklung des Shannon-Index als Maß für die Diversität der Fruchtfolge inklusive Zwischenfrucht. Daten aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 bis 2019.

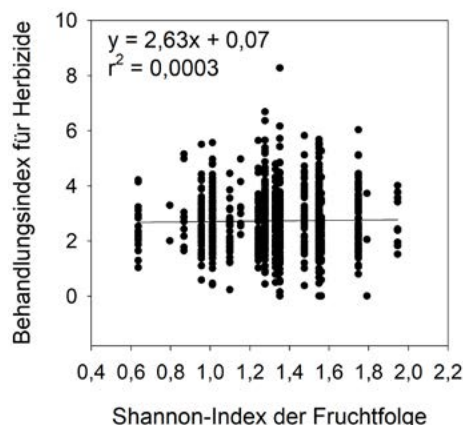


Abb. 2: Eine zunehmende Diversität in den Fruchtfolgen (steigender Shannon-Index) wirkte nicht gerichtet auf die Intensität des Herbizideinsatzes auf den Zuckerrübenflächen. Daten aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2017 bis 2019.

Eine lineare Regression von Fruchtfolgediversität und Behandlungsindex für Herbizide in Zuckerrüben ergab keinen generellen signifikanten Zusammenhang (Abb.2). Signifikante Unterschiede in der Intensität der Herbizidanwendungen zeigten sich jedoch beim Vergleich von reinen Getreide-Zuckerrüben-Fruchtfolgen mit Zuckerrüben-Fruchtfolgen, in denen Mais, Raps oder Kartoffeln vorkamen: Für die Zuckerrüben in Fruchtfolgen mit Kartoffeln zeigte sich ein signifikant höherer Behandlungsindex als für Zuckerrüben in reinen Getreide-Zuckerrüben-Fruchtfolgen. Der Herbizid-Behandlungsindex für Zuckerrüben in Fruchtfolgen mit Mais oder mit Raps zeigte keinen signifikanten Unterschied zum Behandlungsindex für Zuckerrüben in reinen Getreide-Zuckerrüben-Fruchtfolgen (Abb.3).

Fazit ist, dass die Diversifizierung der Fruchtfolge in der Praxis nicht automatisch zu einer geringeren Intensität des Herbizideinsatzes führt. In der Praxis beeinflussen viele weitere Faktoren den Einsatz von Herbiziden. Diese Faktoren können einen möglichen Zusammenhang zwischen Pflanzenschutzintensität und Fruchtfolge verschleiern oder ihm entgegenwirken. Da ist zum Beispiel der höhere Einsatz von Glyphosat auf Flächen mit Zwischenfruchtanbau zu nennen, oder das verstärkte Auftreten von Raps als Unkraut in Zuckerrüben, wenn diese in Fruchtfolgen mit Raps stehen. Diese Faktoren und die damit verbundenen Zielkonflikte müssen näher beleuchtet werden. Die übergeordnete Frage bleibt: Wie kann man die Anbaugestaltung, welche die Fruchtfolge beinhaltet, standortangepasst optimieren, um eine Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes möglich zu machen. Diese Optimierung sollte möglichst ohne Ertragsverluste realisiert werden und weitere Umweltschutzziele (Klimaschutz, Artenschutz) müssen dabei im Blick behalten werden.

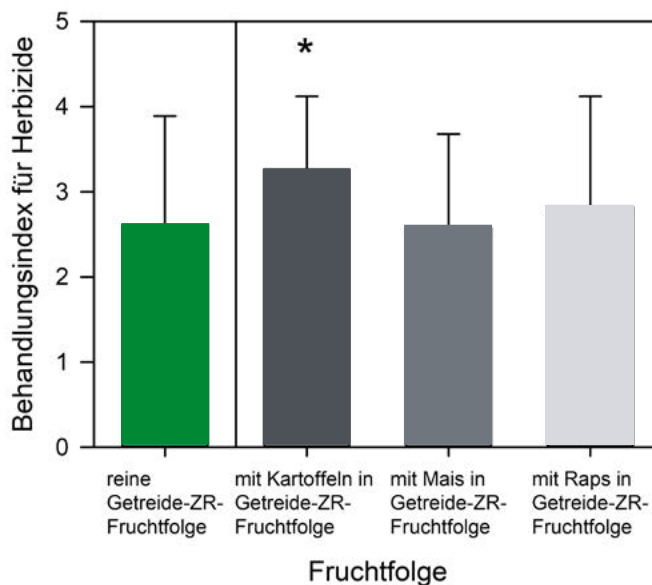


Abb. 3: Vergleich der Intensität des Pflanzenschutzes für Herbizide zwischen Fruchtfolgen. In Fruchtfolgen mit Kartoffeln war der Behandlungsindex Herbizide signifikant höher als in reinen Getreide-Zuckerrüben (ZR)-Fruchtfolgen. Mittelwert und Standardabweichung, *signifikant bei $p \leq 0,05$, Daten aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2016 bis 2018.

Projektbearbeitung: Christel Roß, Jonas Thies, Jan Burgdorff, Nicol Stockfisch

Zuckerrübenpflanzen in guter Gesellschaft: ein COBRI-Versuch mit Gerste als Begleitpflanzen

Durch den Wegfall der neonikotinoiden Saatgutbeize im Zuckerrübenanbau wird mit Nachdruck nach Lösungen gesucht, um den Läusebefall und damit verbunden die Übertragung von Vergilbungsviren einzudämmen. Eine Möglichkeit ist die Förderung von Nützlingen, welche die Läusepopulationen klein halten sollen. Zusammen mit Partnern aus Dänemark, Schweden, den Niederlanden und Belgien werden seit dem Anbaujahr 2021 dazu im Rahmen des Netzwerks Co-ordination Beet Research International (COBRI) Versuche mit Begleitpflanzen durchgeführt.

Die Funktion der Begleitpflanzen zwischen den Zuckerrüben ist es, durch die veränderte Vegetationsstruktur sowie die veränderten visuellen Kontraste auf der Fläche anfliegende Läuse zu verwirren und Nützlingen Lebensraum zu bieten (Abb. 1). Dafür wird Gerste kurz vor den Zuckerrüben ganzflächig ausgesät. Ab dem Feldaufgang der Zuckerrüben werden Schädlinge und Nützlinge auf den Zuckerrübenpflanzen bonitiert. Ende Mai/Anfang Juni wird die Gerste mit Herbizid behandelt, da sie danach zu viel Konkurrenz gegenüber der Zuckerrübe ausübt und die wichtigste Zeit für die Übertragung Viröser Vergilbung vorbei ist. 2021 wurden Versuche zu diesem Thema in vier europäischen Ländern durchgeführt. Trotz des sehr läusearmen Jahres traten Effekte auf, weswegen die Versuche im Jahr 2022 wiederholt werden.

Im Jahr 2021 entwickelte sich die Gerste auf der Fläche nahe Göttingen sehr gut und schien die Zuckerrübenpflanzen im Wachstum zu beeinträchtigen. Die Zuckerrüben zeigten jedoch auf den Flächen mit Gerste keinen signifikant geringeren Zuckerertrag. Offenbar haben die Rüben die Konkurrenzsituation bis zur Ernte ausgeglichen. Trotz der insgesamt geringen Anzahl von Schädlingen und Nützlingen gab es signifikante Unterschiede im Auftreten der Insekten zwischen den Varianten. Da es sich bisher um Ergebnisse aus lediglich einem Jahr handelt, lassen sich die Ergebnisse nicht verallgemeinern. Wir sind gespannt auf die Ergebnisse in weiteren Jahren des Begleitpflanzenversuchs.

Projektbearbeitung: Christel Roß, Heinz-Josef Koch, Nicol Stockfisch



Abb. 1-A: Kontrolle ohne Gerste.

Abb. 1-B: Gerste zwischen den Zuckerrüben.

Bodenstruktur und Jugendwachstum von Zuckerrüben nach verschiedenen Zwischenfrüchten

Zwischenfrüchte können über ihre Wurzelaktivität und den Eintrag organischer Substanz in den Boden die Bodenstruktur verbessern. Verschiedene Zwischenfrüchte weisen jedoch teils stark unterschiedliche Eigenschaften bezüglich ihrer ober- und unterirdischen Biomassebildung sowie ihrer Wurzelarchitektur auf, die das Ausmaß oder gar das Auftreten der möglichen Bodenstrukturverbesserungen beeinflussen können. Die Auswahl der Zwischenfrucht kann somit entscheidend für einen möglichen positiven Effekt auf die nachfolgende Kultur sein. Die Zuckerrübe als Folgefrucht könnte von Bodenstrukturverbesserungen vor allem in frühen Wachstumsphasen durch eine Erleichterung der Durchwurzelung des Bodens profitieren.

Im Rahmen des Projekts THG-ZwiFru wurden an zwei Standorten bei Göttingen (Abb. 1) vier verschiedene Zwischenfrüchte mit unterschiedlichen Eigenschaften (Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke, Winterroggen) und eine Brache hinsichtlich der resultierenden Bodenstruktur (erfasst durch die Parameter Porenvolumen, Eindringwiderstand und Aggregatstabilität) sowie der Gehalte an mineralischem Stickstoff (N_{\min}) und Wasser im Boden im darauffolgenden Frühling untersucht. Zuckerrübe als Folgekultur wurde entweder niedrig, optimal, hoch oder gar nicht mit Stickstoff gedüngt. Die genannten Untersuchungen wurden nur für die Varianten optimal und nicht mit Stickstoff gedüngt durchgeführt, in denen auch im Mai die Zuckerrübenbiomasse bestimmt wurde, um den Einfluss der Zwischenfrüchte und der genannten Bodeneigenschaften auf das Jugendwachstum zu erfassen.

Winterroggen und Ölrettich wiesen die größte ober- und unterirdische Biomasse der Zwischenfrüchte auf, während Sommerwicke die geringste Biomasse bildete (unterirdische Biomasse dargestellt in Tab. 1). Die Bodenwassergehalte im Frühling waren unbeeinflusst von den Zwischenfruchtvarianten, N_{\min} teils erhöht (Daten nicht gezeigt). Das Porenvolumen des Bodens war bei allen Varianten sehr ähnlich, wohingegen die Zwischenfrüchte den Eindringwiderstand verringerten sowie die Aggregatstabilität erhöhten (Tab. 1). Diese beiden Effekte waren unterschiedlich stark ausgeprägt für die verschiedenen Zwischenfrüchte, was vermutlich auf die unterschiedliche Wurzelbiomasse der Zwischenfrüchte zurückzuführen ist, wobei die größere Biomasse unter Ölrettich und Winterroggen einen stärkeren Effekt hatte.



Abb. 1: Die verschiedenen Zwischenfrüchte (Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke, Winterroggen) sowie Brache am Versuchstandort Niedermjesa.

Tab. 1: Zwischenfrucht wurzelbiomasse (Feinwurzeln) im November sowie Eindringwiderstand in der Pflugsohle und Aggregatstabilität in 0–10 cm Bodentiefe im Mai unter der darauffolgenden Zuckerrübe. Mittelwerte mit Standardabweichungen, unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zwischenfruchtvarianten bei $p < 0,05$.

Zwischenfrucht	Wurzelbiomasse (kg ha ⁻¹)	Eindringwiderstand (MPa)	Aggregatstabilität (%)
Brache	---	3,2 ± 0,5 ^B	59 ± 10 ^A
Ölrettich	210* ± 71 ^A	2,8 ± 0,4 ^A	68 ± 12 ^C
Rauhafer	392 ± 99 ^B	3,0 ± 0,4 ^{AB}	63 ± 10 ^{ABC}
Sommerwicke	196 ± 44 ^A	2,9 ± 0,4 ^{AB}	59 ± 10 ^{AB}
Winterroggen	722 ± 138 ^C	2,6 ± 0,4 ^A	64 ± 11 ^{BC}

* Zusätzlich zu den Feinwurzeln wies der Ölrettich eine Pfahlwurzelbiomasse von 595 (±243) kg ha⁻¹ auf.

Das Jugendwachstum der Zuckerrübe war unabhängig von der Stickstoffdüngung durch Zwischenfruchtanbau generell erhöht, äußerst deutlich nach Ölrettich (Abb. 2). Die wichtigsten Einflussgrößen auf das frühe Zuckerrübenwachstum waren dabei die Aggregatstabilität in 0–10 cm Bodentiefe sowie der Eindringwiderstand in der Pflugsohle (je nach Standort in 25–40 cm Bodentiefe), die von den Zwischenfrüchten günstig beeinflusst wurden. Die Ergebnisse der Versuche zeigen also, dass die Zuckerrübe bereits nach einem Jahr von Verbesserungen der Bodenstruktur infolge eines Zwischenfruchtanbaus profitieren kann. Dieser Effekt wird allerdings stark durch die Eigenschaften der Zwischenfrucht beeinflusst, wobei vor allem Zwischenfrüchte mit großer Wurzelbiomasse von Vorteil sind.

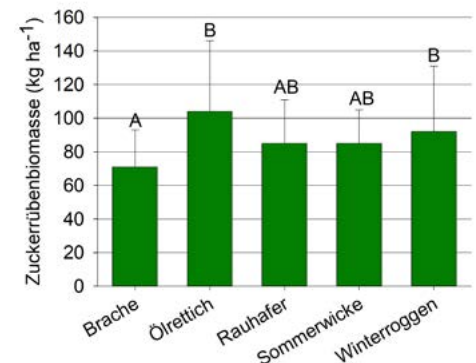


Abb. 2: Zuckerrübenbiomasse im Mai nach verschiedenen Zwischenfruchtvarianten. Gezeigt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zwischenfruchtvarianten bei $p < 0,05$.

Das Projekt wird Ende des Jahres 2022 abgeschlossen. Weitere Aspekte des Einflusses verschiedener Zwischenfrüchte auf die Folgekulturen, zu denen sich Publikationen unter Federführung oder Beteiligung des IfZ im Rahmen der im Projekt THG-ZwiFru erhobenen Daten in Vorbereitung befinden, sind u.a. die Wurzelentwicklung der Zuckerrübe infolge verschiedener Zwischenfrüchte, die optimale N-Düngung der Zuckerrübe in Abhängigkeit der Zwischenfrucht sowie die Wirkung der Zwischenfrüchte auf die zweite Folgefrucht Winterweizen, die in beiden Versuchen nach Zuckerrübe angebaut wurde. Projektpartner beschäftigen sich weiterhin mit der Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf die N₂O-Emissionen. In einem abschließenden Versuch 2021/2022 soll die Frage des Einflusses verschiedener Mulchtermine der Zwischenfrucht auf die Stickstoffdynamik untersucht werden.

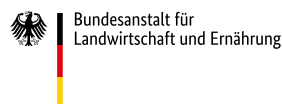
Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Projektbearbeitung: Dennis Grunwald, Alexander Stracke,
Heinz-Josef Koch

Verminderte Stickstoffdüngung von Zuckerrüben durch Zwischenfrüchte?

Zwischenfrüchte nehmen im Herbst Nitrat-Stickstoff aus dem Boden auf und bewahren ihn so vor Auswaschung. Dieser Stickstoff kann im darauffolgenden Vegetationsjahr zur Ernährung der Hauptfrucht beitragen. Jedoch ist auch nach vielfältigen Untersuchungen die Stickstoffnachlieferung von Zwischenfrüchten oft nur schwer einzuschätzen.



Impressionen von den untersuchten Zwischenfrüchten in Herbst und Winter und deren Nachwirkung auf Zuckerrüben.

Deshalb untersucht die Abteilung Pflanzenbau als Teil eines interdisziplinären Verbunds im Projekt THG-ZwiFru unter anderem die Wirkung verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffversorgung nachfolgender Zuckerrüben. Die Zwischenfruchtbestände unterscheiden sich in Menge und Zusammensetzung des Aufwuchses.

Gesamtziel des Projekts ist die Beurteilung der Treibhausgaswirkung des Zwischenfruchtanbaus einschließlich der Aspekte Lachgas, N-Auswaschung und Einsparung an Stickstoffdünger. Neben der Abteilung Pflanzenbau des IfZ wirken auch Arbeitsgruppen der Universitäten Göttingen, Kiel und Hohenheim sowie das Thünen-Institut (Klimaschutz), die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und das Saatzucht-Unternehmen PHP Petersen bei den von 2018 bis 2022 laufenden Feldversuchen mit.

Jährlich versetzte, zweijährige Feldversuche mit der Abfolge Zwischenfrucht-Zuckerrüben wurden an den typischen Löss-Standorten Göttingen und Hohenheim durchgeführt, während nahe Kiel und

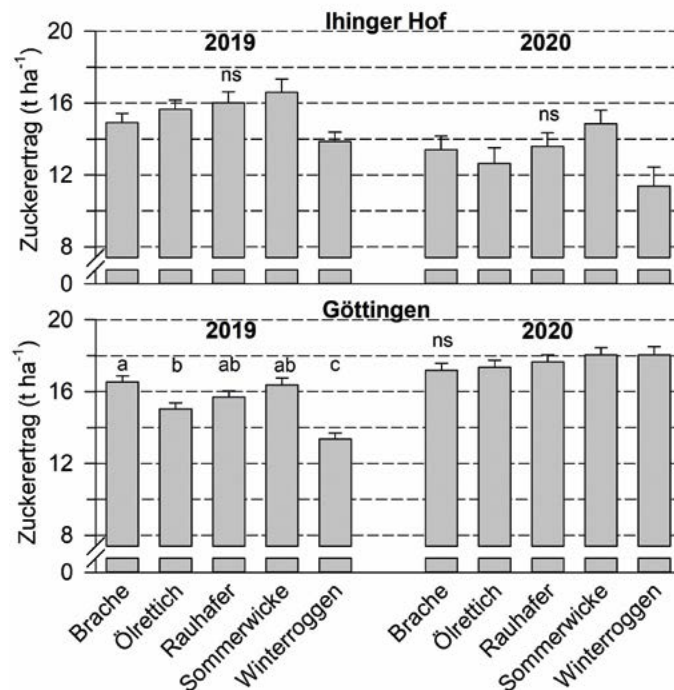


Abb. 1: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf den Zuckerertrag ungedüngter Zuckerrüben an den Standorten Ihinger Hof und Göttingen, jeweils 2018/19 und 2019/20. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Kombination von Ort und Jahr bei $p < 0,05$; ns = nicht signifikant.

Uelzen der Mais als Folgefrucht der in Reinkultur etablierten Zwischenfrüchte Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke und Winterroggen angebaut wurden. Die mineralische N-Düngung zu den Zuckerrüben variierte in vier Stufen: ungedüngt, niedrig, optimal, hoch. In diesem Beitrag werden nur Ergebnisse der ungedüngten Variante vorgestellt, da diese die Nachlieferung besonders klar zeigt.

Der Zuckerertrag war in allen Versuchen nach Sommerwicke hoch oder sehr hoch und nach Winterroggen am geringsten (Abb. 1). Einzig nach Roggen wurde im Frühjahr nach einer Glyphosat-Behandlung gepflügt, während die anderen Zwischenfrüchte über den Winter abgefroren oder zumindest stark zurückgefroren waren und deshalb eine Bearbeitung mit dem Grubber möglich war. Die Einarbeitung des weitgehend unzersetzten Aufwuchses des Roggens führte vermutlich zu einer gewissen Stickstoff-Sperre im Frühjahr und Fröhsommer. Dies bestätigt der niedrige Stickstoffeffekt bis zur Zwischenernte im Juli/August in drei der vier Versuche in Relation zu der über den Winter schwarz gehaltenen Brache als Referenz (Abb. 2). Nach Ölrettich waren Ertrag und Stickstoffeffekt in zwei der vier Versuche ebenfalls gering, während der Effekt des Rauhafers mittel und eher uneinheitlich war.

Bemerkenswert ist, dass die Daten des N-Effektes aus der zweiten Vegetationshälfte in den sichtbar meisten Fällen eine Stickstoff-Immobilisierung durch die Zwischenfrüchte gegenüber der Brache anzeigen. Insgesamt war der Zuckerertrag in jedem der Versuche in zumindest einer oder in mehreren Zwischenfruchtvarianten gleich hoch oder höher als nach der Brache. Inwieweit die mineralische N-Düngung diese Wirkungen verändert, ist Gegenstand noch laufender Auswertungen.

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

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger

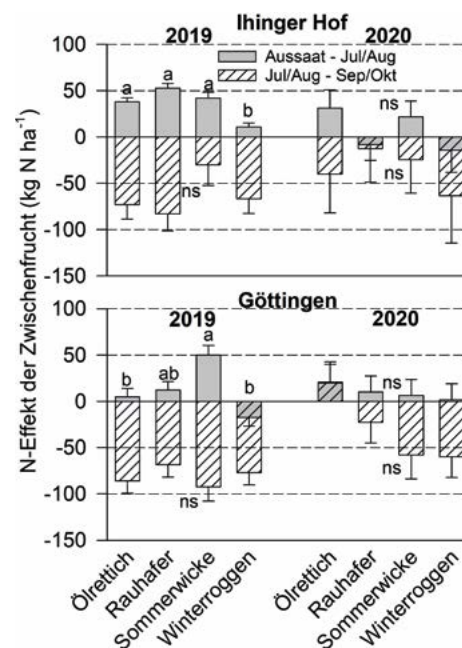
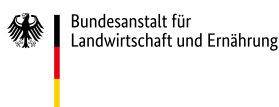


Abb. 2: N-Effekt von Zwischenfrüchten im Vergleich zu einer Schwarzbrache, gemessen während der Vegetationszeit ungedüngter Zuckerrüben, an den Standorten Ihinger Hof und Göttingen, jeweils 2018/19 und 2019/20. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Kombination von Ort und Jahr bei $p < 0,05$; ns = nicht signifikant.

Projektbearbeitung: Heinz-Josef Koch, Dennis Grunwald

Eng oder weit – wann wachsen Zuckerrüben am besten?

Vor etwa zehn Jahren wurde die Frage nach der optimalen Reihenweite von Zuckerrüben neu aufgeworfen, da die neueste Drilltechnik ermöglichte, die Pflanzen in und zwischen benachbarten Reihen in definierte Muster zu positionieren: im Dreiecks- oder Rechteckverband. So könnte die Konkurrenz von Nachbarpflanzen durch Beschattung vermindert und der Ertrag gesteigert werden.



Messvorrichtung für die Strahlungstransmission auf dem Feld: am Boden liegt ein Stabsensor, der die Transmission misst; über dem Bestand ist ein Punktsensor angebracht, der Strahlungsreflektion durch die Blätter erfasst. Die Kabel leiten die Messdaten zum Datenlogger.

Dieser Fragestellung wurde zunächst auf Initiative der ARGE Nord gemeinsam mit der Abteilung Physiologie des IfZ nachgegangen. Es wurde angenommen, dass der Ertrag bei einem verminderten Abstand zwischen und in den Reihen von nur 30 cm und gleichzeitig dreieckiger Anordnung besonders gesteigert wird, weil die Pflanzen vollkommen gleichmäßig über die Fläche verteilt sind. Bereits in den ersten Versuchen zeigte sich aber, dass dieser Effekt nicht eintrat und der Ertrag bei einer Reihenweite von 30 cm nicht höher war als bei 45 cm. Auch der Dreiecksverband zeigte gegenüber einer zufälligen Pflanzenanordnung zwischen den Nachbarreihen keinen Ertragszuwachs (die Bestandesdichte war stets gleich bei etwa 80.000 – 90.000 Pflanzen ha⁻¹). Ein überraschendes Ergebnis war darüber hinaus, dass auch in einer ebenfalls geprüften Variante mit 60 cm Reihenabstand kein oder nur ein minimaler Ertragsabfall auftrat. Diese Reihenweite erschien besonders interessant, da sie mit einer nur geringfügigen Anpassung der vorhandenen Technik von Aussaat und Ernte zu realisieren und bei der mechanischen Unkrautbekämpfung mit der Hacke vorteilhaft ist.

Diese unerwarteten Ergebnisse waren Anlass, in weiteren Versuchen der Abteilung Pflanzenbau gemeinsam mit der ARGE Nord und der ARGE Franken der Frage nachzugehen, ab welchem nochmals erweiterten Reihenabstand Mindererträge auftreten und wie hoch sie sind. Abbildung 1 zeigt eine Zusammenfassung der seit 2018 erzielten

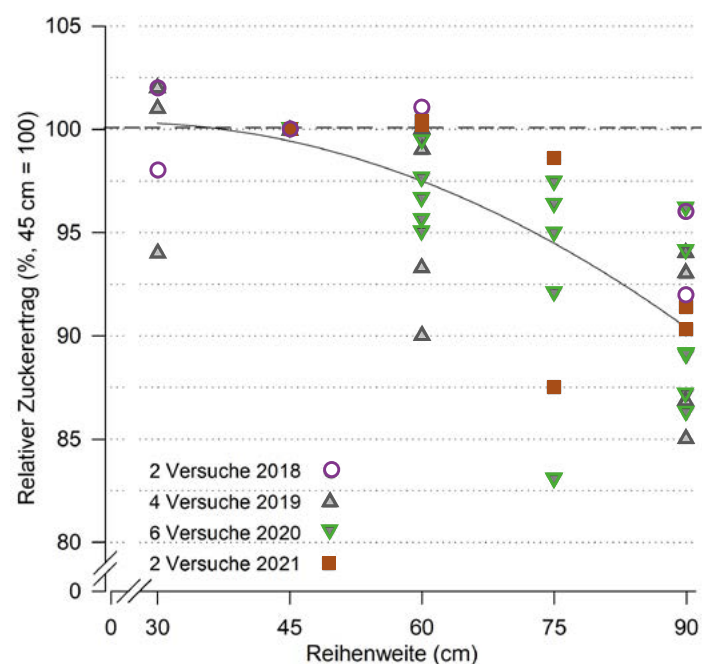


Abb. 1: Die Beziehung zwischen Reihenweite und Relativwert des Zuckerertrages in 14 Versuchen aus 4 Jahren.



Abb. 2: Bodenbedeckung durch den Blattapparat bei einem Reihenabstand von 30, 45, 60 und 90 cm (von links nach rechts). Neben der unterschiedlichen Bodenbedeckung ist die zunehmend dunkelgrünere Blattfarbe auffallend. Obermjesa, 08.06.2018.

Resultate. Die 45 cm-Reihenweite wurde bei jedem einzelnen Versuch relativ 100 gesetzt und die anderen Varianten darauf bezogen. Zunächst einmal bestätigten die Versuche, dass zwischen 30 und 45 cm Abstand kein Unterschied besteht und dass bei 60 cm Reihenweite der Ertragsverlust nur gering ist: Im Mittel betrug er 2,5 %. Mit um jeweils 15 cm zunehmende Reihenweite verdoppelte sich der Verlust: 5 % bei 75 cm und 10 % bei 90 cm Reihenweite. Damit lag der eingetretene Verlust deutlich niedriger als der anhand der Blattentwicklung im Vegetationsverlauf zu erwartende (Abb. 2). Mit zunehmender Reihenweite erreichte der Blattapparat eine vollständige Bodenbedeckung erst deutlich später oder gar nicht (75 und 90 cm).

Es liegt also nahe, die Ursache des Minderertrags in der geringeren Nutzung des eingestrahlt Sonnenlichts durch die Blätter zu suchen. Um dies zu quantifizieren, wurde in den Monaten Juli und August 2021 die Menge des ungenutzt auf die Bodenoberfläche treffenden Lichtes in den beiden Kontrastvarianten 45 cm und 90 cm Reihenweite am Standort Harste gemessen (Abb. 3). Im Mittel war der Anteil des ungenutzt auf die Bodenoberfläche treffenden Lichtes bei 90 cm gegenüber 45 cm Reihenweite um etwa 10 % niedriger. Damit hat der Wert dieselbe Größenordnung wie jener des Ertragsverlustes.

Ein Erklärungsansatz für die relativ hohe Lichtnutzung auch bei weitem Reihenabstand ist, dass die Seiten oder „Flanken“ des Blattapparates der einzelnen Reihen die dem Licht ausgesetzte Oberfläche erhöhen und einen erheblichen Beitrag zur Assimilationsleistung erbringen. Demgegenüber stellt das Blätterdach bei engem Reihenabstand nach Reihenschluss eine „geschlossene“ Fläche dar, die nur etwas größer ist als die Oberfläche bei weiter Reihe (Abb. 4). Dies soll durch ein digitales Modell des Pflanzenbestandes auf der Grundlage von drohnengestützten Bildaufnahmen errechnet werden.

Festzuhalten bleibt, dass ein Zuckerrübenanbau mit weiter Reihe lediglich vereinzelt unter den Bedingungen des ökologischen Anbaus praktiziert wird. Es besteht Potential für eine breitere Anwendung bei zunehmender mechanischer Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen. Dennoch bleiben weitere organisatorische und auch pflanzenbauliche Probleme eine Herausforderung bei der Anwendung dieses Systems (Spätverunkrautung, Köpfqualität), die den Vorteilen entgegenstehen (gesünderes Bestandesklima, weniger Erdanhang, geringere Erntekosten).

Projektbearbeitung: Heinz-Josef Koch, Jessica Arnhold

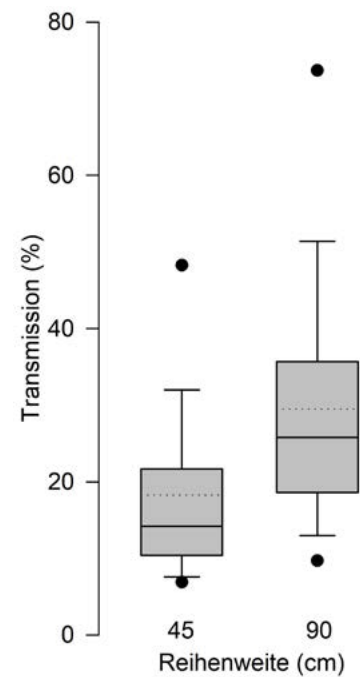


Abb. 3: Einfluss der Reihenweite auf den Anteil des ungenutzten, auf die Bodenoberfläche auftreffenden Lichtes (photosynthetisch aktive Strahlung) in den Monaten Juli und August (Harste 2021). Die Box zeigt an, in welchem Bereich die mittleren 50 % der Daten liegen, die Fähnchen markieren 80 % und die Punkte 90 % der Werte. Die durchgezogene Linie zeigt den Median, die gestrichelte den Mittelwert.



Abb. 4: 3D-Modell des Blattapparates bei 45 cm (links) und 90 cm Reihenweite (rechts), Sieboldshausen, 17.07.2020.

Herbizid oder Hacke: Was beeinträchtigt die Umwelt weniger?

Die mechanische Unkrautkontrolle spielt derzeit in der Praxis des Zuckerrübenanbaus noch eine untergeordnete Rolle. Mittlerweile sinkt aber die Zahl verfügbarer Herbizide und der politische Druck auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln steigt. Gleichzeitig werden neue Techniken für die Unkrautbekämpfung entwickelt wie z. B. Roboter, die in der Reihe und zwischen den Reihen hacken können. Aus diesen Gründen dürfte das Hacken zukünftig zunehmend Anwendung finden.



Maschinenhacke zwischen den Reihen.



Erosionsmessung.



Regenwurmfang.

Unklar ist, welche Umweltwirkungen von Verfahren mechanischer im Vergleich zu chemischer Unkrautbekämpfung ausgehen. Diese sind Gegenstand des Projektes EvaHerb, das vom Julius Kühn-Institut und IfZ durchgeführt wird. An fünf Standorten nahe Göttingen liefen von 2019 bis 2021 Feldversuche. Dabei wurden an jedem Standort drei Unkrautbekämpfungstechniken getestet: (1) Hacken zwischen den Reihen und in der Reihe, (2) Hacken zwischen den Reihen und Bandspritzung in der Reihe, und (3) Flächenspritzung.

Die Aussaat der Zuckerrüben erfolgte nach Zwischenfrucht (Senf) in Hangrichtung. Die Forschenden ermittelten Bodenerosion, Regenwurmabundanz, Rübenenertrag und -qualität. Außerdem berechneten sie verfahrensspezifisch Zeitaufwand, Kosten, Dieserverbrauch und CO₂-Emissionen für verschiedene Unkrautbekämpfungstechniken mit Hilfe von KTBL- und Biograce-Anwendungen.

Ein wesentliches Ergebnis ist, dass die Auswirkungen des Hackens auf Bodenerosion und Regenwürmer witterungsabhängig waren. Der kumulative Niederschlag von der Aussaat bis Fröhsommer bestimmte, ob sich eine Bodenverkrustung ausbildete. In einem regenreichen Frühjahr kommt es nach der Aussaat zu einer Krustenbildung; diese wird durch die Hacke aufgebrochen. So wird die Infiltrationskapazität des Bodens bei Starkregen gesteigert und damit das Erosionsrisiko verringert. Das Hacken hat wiederum in Abwesenheit einer Kruste keine Auswirkungen auf die Bodenerosion (Abb. 1).

Die Reaktion der Regenwürmer auf das Hacken schien durch einen anhaltenden Trockenstress im Sommer beeinflusst zu sein. Nur an einem Standort mit sehr ausgedehnter Trockenheit im Sommer war die Anzahl an jugendlichen Tieren des Großen Tauwurms (*Lumbricus terrestris*) im Herbst nach dem Hacken signifikant reduziert. In den anderen Fällen hatte die mechanische Unkrautkontrolle keine Auswirkungen auf Regenwürmer.

Der Rübenenertrag war nur an einem der fünf Standorte um 7 t ha⁻¹ signifikant durch das Hacken reduziert. Dieser Befund lässt sich allerdings schwer erklären, da die Restverunkrautung hier wie an den anderen Standorten nicht durch die Unkrautbekämpfungstechnik beeinflusst war. Insgesamt zeigte sich ein geringes Unkrautauftreten an allen Standorten.

Arbeitszeitbedarf, Verfahrenskosten und Dieserverbrauch blieben unabhängig von der Witterung deutlich höher für mechanische als für chemische Unkrautkontrolle (Abb. 1).

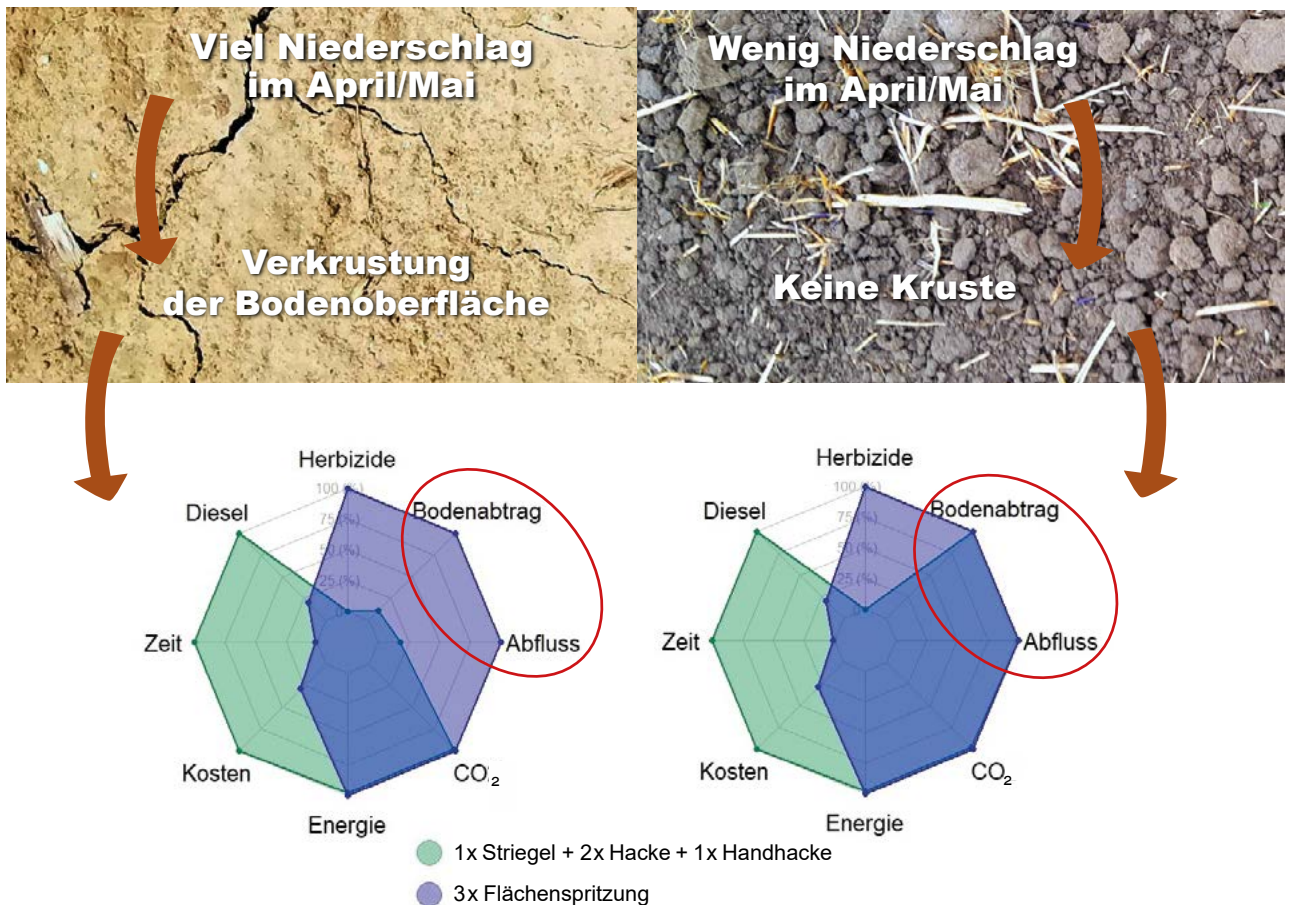


Abb. 1: Relativer Rohstoffverbrauch und witterungsabhängige Oberflächenabfluss und Bodenabtrag für mechanische vs. chemische Unkrautregulierung.

Für leicht verunkrautete Standorte waren der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen für die Verfahrenskombination 1x Striegel + 2x Hacke + 1x Handhacke ähnlich hoch wie bei einer 3-maligen Flächenspritzung. Allerdings führte die bei höherer Verunkrautung erforderliche Kombination aus 3x Maschinen + 2x Handhacke zu deutlich höheren CO₂-Emissionen als das Referenzverfahren, insbesondere aufgrund des sehr hohen Dieserverbrauchs.

Die Arbeiten der Projektpartner des Julius Kühn-Instituts befassen sich mit den Auswirkungen der Bekämpfungsverfahren auf ober- und unterirdisch lebende Insekten und das toxikologische Umweltrisiko; sie werden an anderen Stellen gezeigt.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt 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 Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektbearbeitung: Olga Fishkis, Heinz-Josef Koch

Analyse der Unkrautflora im Zuckerrübenanbau in Deutschland 1995–2020

Die Zusammensetzung und Entwicklung der Unkrautflora im Zuckerrübenanbau hat Auswirkungen auf deren Bekämpfungsmöglichkeiten. Um mögliche zeitliche Veränderungen sowie regionale Unterschiede zu analysieren, sind überregionale Daten über einen möglichst langen Zeitraum notwendig. Aus dem seit 1995 jährlich durchgeführten Ringversuch Herbizide liegt ein solcher Datensatz vor, der in einem Promotionsvorhabens zur Bewertung von Unkrautkontrollstrategien genutzt wird, um die Unkrautflora zu analysieren.



Starke Ausbreitung von Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*). Dieser zählt zur häufigsten Leitverunkrautung im Zuckerrübenanbau.

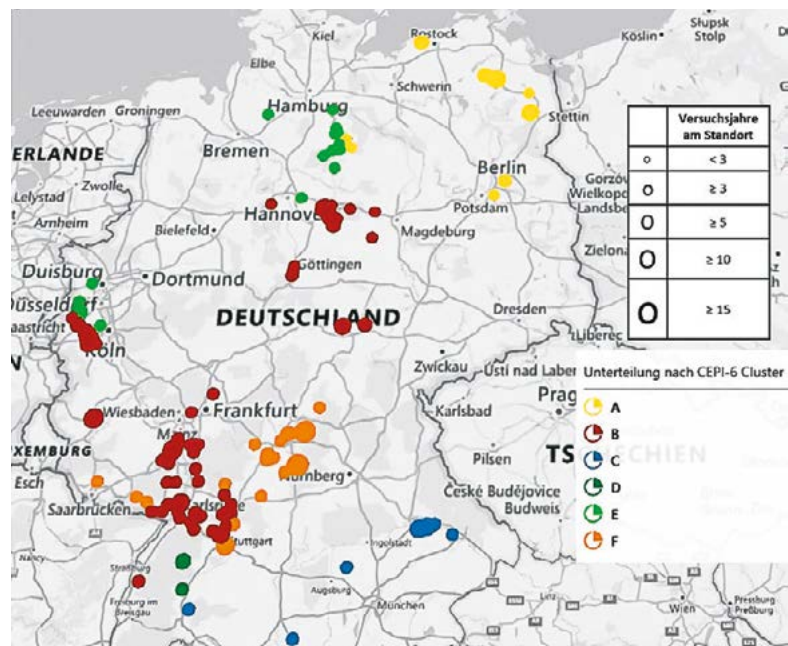
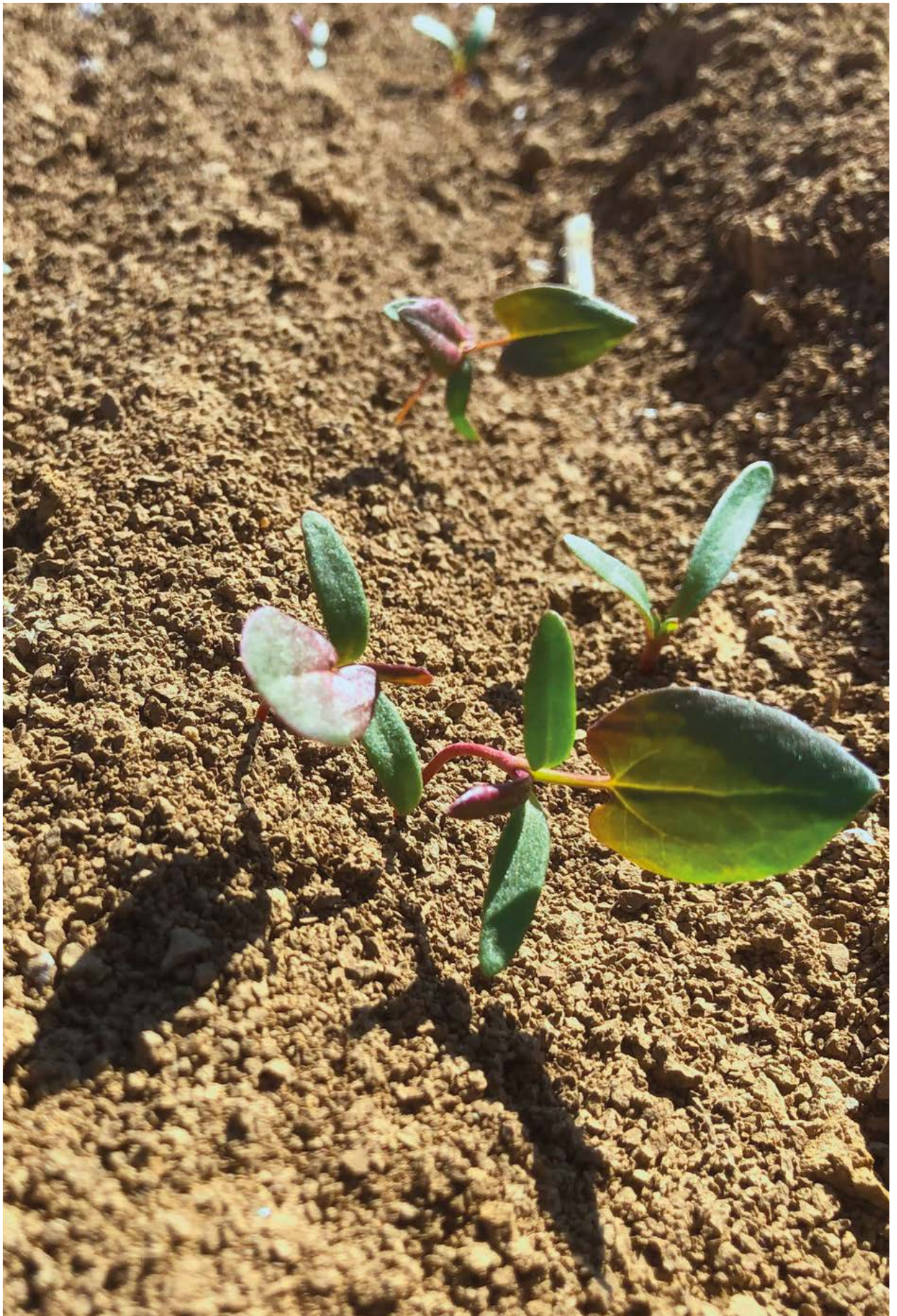


Abb. 1: Versuchsstandorte 1995–2020, Einteilung nach CEPI-6-Clustern zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität.

Die Art und der Grad der Verunkrautung am Standort bestimmen die geeigneten Herbizide sowie deren Aufwandmenge. Ziel des Ringversuchs Herbizide ist die Beurteilung der Wirkung unterschiedlicher Herbizidkombinationen im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle. Die regionalen Arbeitsgemeinschaften in allen Rübenanbauregionen in Deutschland führen die Feldversuche durch und erfassen die dominierenden Unkrautarten und deren prozentuale Anteile an der Gesamtverunkrautung in den unbehandelten Kontrollparzellen. Für den Zeitraum von 1995 bis 2020 liegen Daten aus insgesamt 426 randomisierten, vierfach wiederholten Versuchen vor. Die Daten der unbehandelten Parzellen zeigen das standort- und jahresspezifische Unkrautspektrum. Die Auswertung beläuft sich auf insgesamt 1690 Kontrollparzellen ohne Herbizidbehandlung.

Die einzelnen Versuchsstandorte unterscheiden sich nicht nur in ihrer geografischen Lage (Abb. 1), sondern auch in den Parametern Boden, Temperatur und Niederschlag. Da eine Clusteranalyse keine klare Gruppierung der Standorte ergab, wurden sie nach Clustern zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) im Ackerbau gruppiert (Tab. 1), die auf geoklimatischen Faktoren beruhen. 57% der Versuche konnten Cluster B zugeordnet werden, der die für den Zuckerrübenanbau typischen tiefgründigen



Windenknöterich (Fallopia convolvulus) zählte in über 50 % der Standorte zum Unkrautspektrum.



Unbehandelte Kontrollparzelle in einem Herbizidversuch. Am Standort dominierte der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*).

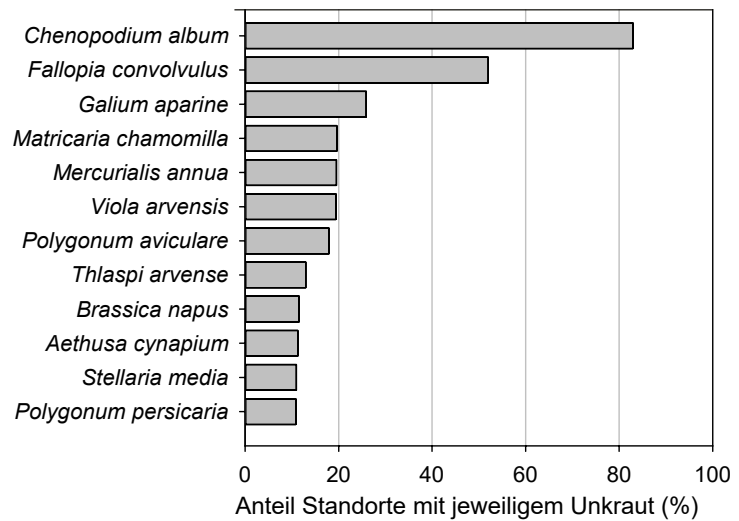


Abb. 2: Häufigste Unkrautarten im Ringversuch Herbizide 1995–2020. Arten, die auf weniger als 10 % der Standorte auftraten, sind nicht dargestellt.

Lössböden umfasst und sich durch die größte mittlere Bodenwertzahl auszeichnet. Mit 1,1–17,6 % war der Anteil der Versuche in den weiteren Clustern deutlich geringer.

Anhand der Bonituren aller Versuche von 1995–2020 wurden 8 Leitunkräuter identifiziert, die alle auf mindestens 12 % der Standorte auftraten (Abb. 2). Die Unkrautflora wird durch Weißen Gänsefuß (*Chenopodium album*, 83 % der Versuche) und Windenknöterich (*Fallopia convolvulus*, 53 % der Versuche) dominiert. An dritter Stelle der Leitunkräuter steht Kletten-Labkraut (*Galium aparine*), dessen Anteil jedoch mit 25 % der Versuche deutlich geringer ist. Echte Kamille (*Matricaria chamomilla*), Bingelkraut (*Mercurialis annua*) sowie Acker-Stiefmütterchen (*Viola arvensis*) waren auf 19 %, Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*) auf 17 % und Acker-Hellerkraut (*Thlaspi arvense*) auf 12 % der Standorte vorzufinden.

Die vier häufigsten Unkrautarten kamen in allen 6 Clustern vor, während alle weiteren Unkräuter nur in bestimmten Clustern bonitiert wurden. Dabei deuteten sich auch Unterschiede in der Breite des Unkrautspektrums an. In der weiteren Auswertung des Datensatzes soll nun untersucht werden, wie sich die Unkrautflora in den jeweiligen Clustern unterscheidet und ob sich das Auftreten einzelner Unkrautarten im Untersuchungszeitraum verändert hat. Regionale bzw. standortspezifische Veränderungen der Unkrautflora im Zeitverlauf erfordern eine Anpassung der Kontrollstrategien, die auch die Verfügbarkeit von herbiziden Wirkstoffen einbeziehen muss.

Tab. 1: Verteilung der 426 Versuchsstandorte auf CEPI-6-Cluster.

Cluster	Anzahl Standorte	Rangierung nach Bodenwertzahl*	Niederschlags-summe	Temperatur-summe
A	55	5	gering	hoch
B	244	1	gering	hoch
C	18	2	hoch	gering
D	5	3	hoch	gering
E	29	6	hoch	gering
F	75	4	hoch	gering
Gesamt	426			

*höchste = 1

Projektbearbeitung: Christoph Ott, Christine Kenter

Genotypische Reaktion auf Trockenstress – Trockenstresstoleranz

Phasen von Trockenstress während des Wachstums können die Ertragsbildung bei Zuckerrüben erheblich beeinträchtigen. Angesichts der Prognose klimatischer Veränderungen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von längeren Trockenperioden wird darüber diskutiert, ob es notwendig ist, Zuckerrübensorten mit einer höheren Trockenstresstoleranz zu entwickeln.

Diese Sorten würden bei Trockenstress eine geringere Ertragsminderung zeigen als andere Sorten. Eine spezielle Toleranz gegenüber Trockenheit setzt daher eine Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt voraus. Ziel dieser Studie war es daher, genotypische Unterschiede in der Reaktion auf verschiedene Umwelteinflüsse, insbesondere Trockenstress, zu untersuchen.

In den Jahren 2018 und 2019 wurden dazu Feldversuche mit sechs Genotypen an drei Standorten mit Trockenstress in Italien, Frankreich und Deutschland durchgeführt. Eine bewässerte Variante ermöglichte den Vergleich mit optimalen Wachstumsbedingungen am gleichen Standort. Die Genotypen waren ausgesucht im Hinblick auf ihre Unterschiede in der Trockenstressreaktion.

Der Zuckerertrag erreichte mit Bewässerung ein Niveau von etwa 18 t Zucker ha⁻¹, bei Trockenstress wurde die Ertragsbildung beeinträchtigt und es wurden nur etwa 12 t ha⁻¹ im Mittel der Umwelten erzielt (Abb. 1). Die Ertragsminderung durch Trockenstress war bei allen Genotypen ähnlich, daher trat keine signifikante Genotyp x Bewässerung-Interaktion auf. Auch weitergehende Auswertungen zeigten, dass sich die Rangfolge der Genotypen für den Zuckerertrag in 17 sehr unterschiedlichen Umwelten nicht relevant geändert hat. Die unter optimalen Wachstumsbedingungen besten Genotypen bewahrten auch unter ungünstigen Bedingungen ihre relative Vorzüglichkeit.



Der Boden zeigt schon Trockenrisse, die Blätter der Zuckerrübe schlaffen aber noch nicht.

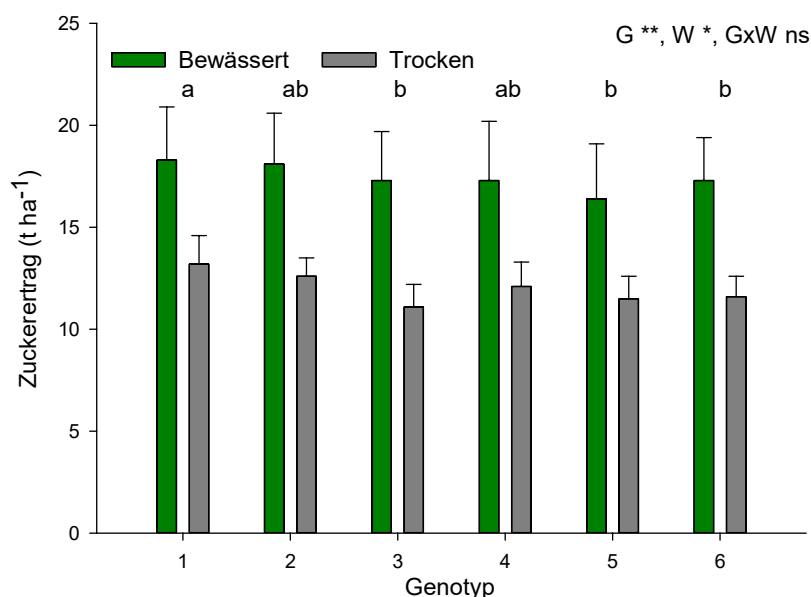


Abb. 1: Zuckerertrag von 6 Genotypen mit und ohne Bewässerung; 6 Standorte in Italien, Frankreich, Deutschland in 2018 und 2019.

Die Versuche lieferten somit keinen Hinweis auf Genotypen, die eine besondere Anpassung an Trockenstressbedingungen hatten. Es gab keinen Genotyp, der geringere Ertragseinbußen aufwies und damit besser geeignet wäre unter Trockenstress. Bei allen Genotypen zeigte sich zudem eine ähnliche Reaktion in der Zusammensetzung des Zuckerertrags: Bei Bewässerung nahm der Zuckergehalt mit zunehmendem Rübenenertrag ab, während der Anstieg des Zuckergehaltes bei Trockenstress immer begleitet war von einer deutlichen Reduktion des Rübenenertrags. Das bedeutet, dass nur eines dieser Merkmale allein nicht die Auswirkungen von Trockenstress ausreichend beschreiben kann.

Beim Zuckerertrag gab es Unterschiede zwischen den Genotypen in Bezug auf das Ertragspotenzial und die Ertragsstabilität (geringe Schwankungen/geringe Varianz) in unterschiedlichen Umwelten. Ein hohes Ertragspotenzial war nicht notwendigerweise mit einer hohen Ertragsstabilität verbunden. Da es wichtig ist, auch bei größerer Variabilität der klimatischen Bedingungen konstant hohe Erträge zu erzielen, wird die Ertragsstabilität für die zukünftige Züchtung an Bedeutung gewinnen.

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

Projektbearbeitung: Christa Hoffmann, Henning Ebmeyer

Festigkeit von Zuckerrüben als Selektionsmerkmal

Es gibt erhebliche genotypische Unterschiede in der Festigkeit der Rübe bei Zuckerrüben. Diese kann ein wichtiges Merkmal für Zuckerrübensorten sein. Für die Selektion in der Züchtung ist es von Vorteil, wenn ein Merkmal stabil in unterschiedlichen Umwelten ist und schon an jungen Pflanzen gemessen werden kann.

Die Festigkeit der Rübe wirkt sich auf ihre Funktion aus, da Zuckerrüben mit einer geringeren Festigkeit wesentlich empfindlicher gegenüber mechanischer Belastung sind und dadurch leichter beschädigt werden. Geringe Festigkeit vermindert in der Folge die Lagerfähigkeit, da tendenziell der Befall mit Pathogenen und die Lagerungsverluste ansteigen.

Es wurden zehn Genotypen, davon neun Zuckerrüben und eine Futterrübe, in einem Feldversuch in Obernjesa mit Ernte im August und November sowie im Gewächshaus bis zu einem Durchmesser der Rübe von 4 cm angebaut. Der Penetrationswiderstand wurde als Kraft gemessen, die notwendig ist, um das Periderm zu durchstoßen und wurde mit einem Texturanalyser bestimmt (Abb. 1).

Der Penetrationswiderstand war unterschiedlich in den Umwelten und reichte von 5,8 MPa bis zu 7,5 MPa (Abb. 2). Die Unterschiede zwischen den Genotypen erreichten eine ähnliche Größenordnung und waren sehr stabil, so dass sich die Rangfolge der Genotypen in den Umwelten kaum änderte. Die genotypischen Unterschiede im Penetrationswiderstand der Rübe konnten schon in sehr frühen Wachstumsstadien festgestellt werden, wenn die Rübe einen Durchmesser von 4 cm aufwies. Die geringe Interaktion zeigt, dass die genotypischen Unterschiede unabhängig vom Alter der Rübe (Erntetermin, Wachstumsstadium) und den Anbaubedingungen (Gewächshaus oder Feld, Standort) waren.



Anzucht der Genotypen im Gewächshaus für die Texturmessung.

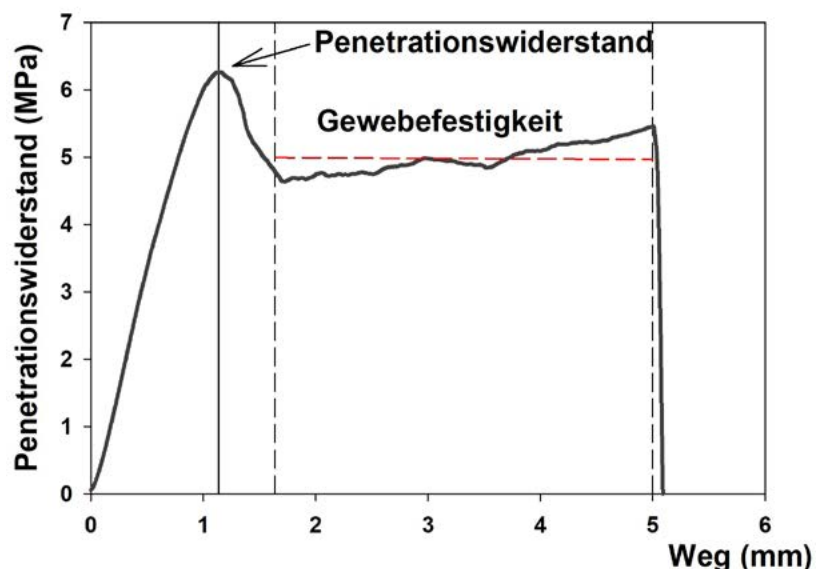
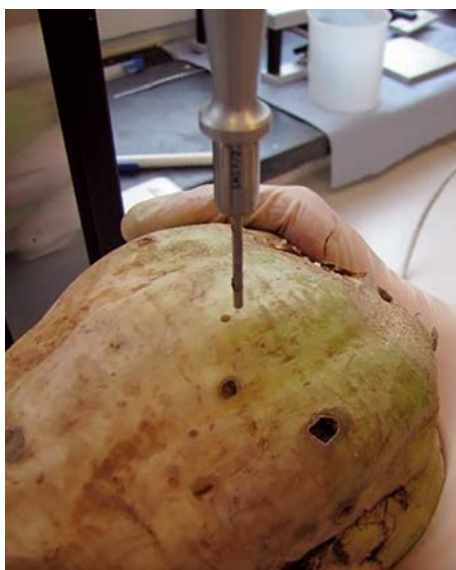


Abb.1: Messung des Penetrationswiderstands mit einem Texturanalyser (links), dabei aufgezeichnete Kraft-Deformationskurve (rechts).

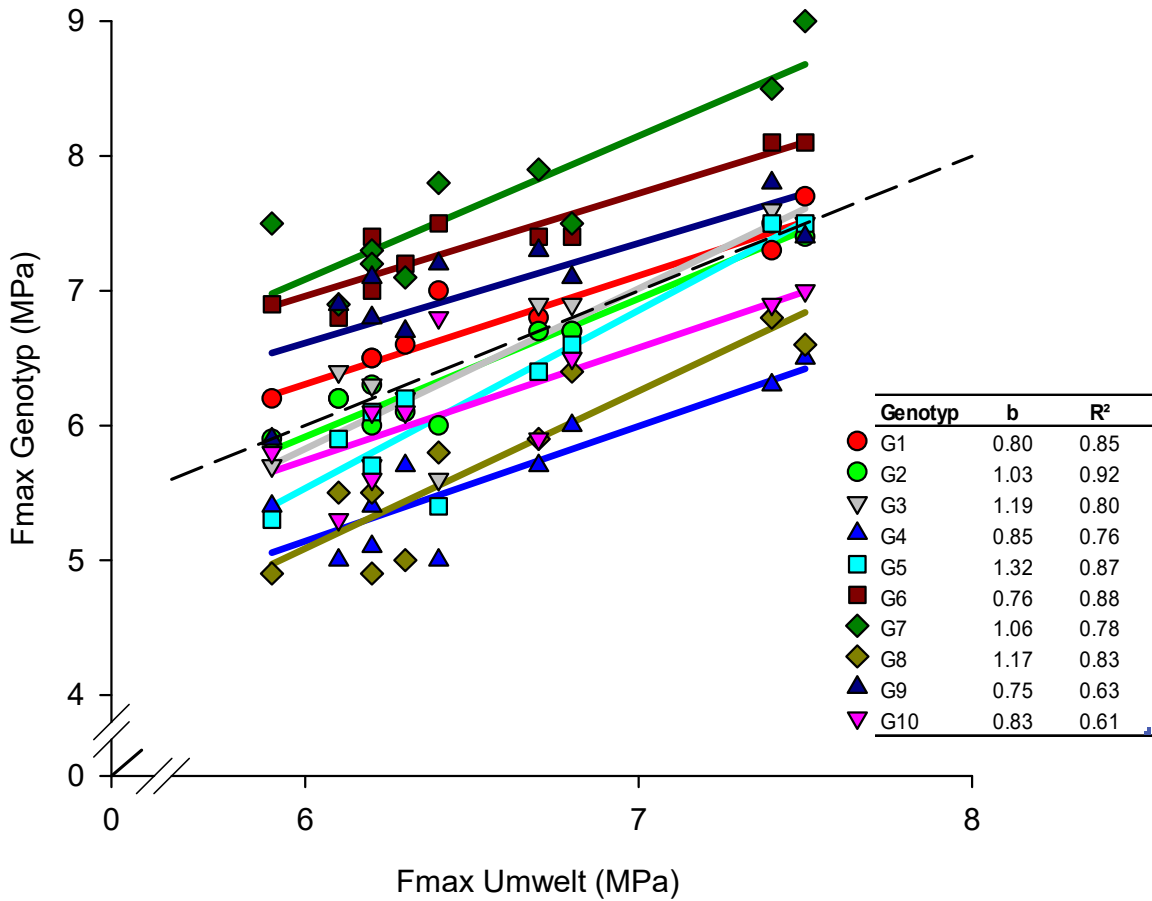


Abb. 2: Penetrationswiderstand der einzelnen Genotypen im Verhältnis zum mittleren Penetrationswiderstand der Umwelt. 10 Genotypen (9 Zuckerrüben, 1 Futterrübe), 6 Feldversuche (Standort, Jahr, Erntetermin), 2 Gewächshausversuche.

Der Penetrationswiderstand ist somit ein potenzielles Merkmal für die Selektion von Genotypen mit einer hohen Festigkeit. Dabei ist es nicht entscheidend, wann die Unterschiede in der Festigkeit der Rübe bestimmt werden bzw. unter welchen Wachstumsbedingungen.

Der Penetrationswiderstand der Genotypen war eng korreliert mit dem Trockensubstanzgehalt der Rübe. Als über NIRS einfach zu messender Parameter kann der Trockensubstanzgehalt daher zumindest eine gute Einschätzung der Festigkeit für die Vorauswahl von Genotypen bieten.

Die Untersuchungen wurden in Kooperation mit SESVANDERHAVE durchgeführt.

Projektbearbeitung: Christa Hoffmann, Nelia Nause

Verbesserung der Resistenzselektion gegenüber Rizomania an Zuckerrüben

Das *Beet necrotic yellow vein virus* (BNYVV) verursacht die Rizomania-Krankheit an der Zuckerrübe und damit wirtschaftliche Einbuße bei den Rübenanbauern, denn eine Infektion geht mit erheblichen Verlusten im Rüben- und Zuckerertrag einher. Infizierte Pflanzen weisen eine starke Seitenwurzelbildung, Nekrosen im Rübenkörper sowie Vergilbungen am Blatt auf. Übertragen wird das Virus durch einen auf Zuckerrüben spezialisierten Wurzelparasit: den bodenbürtigen Protisten *Polymyxa betae*.

Eine Bekämpfung der Krankheit ist ausschließlich durch die Kultivierung resistenter Sorten möglich. Das *Rz1* Resistenzgen, welches die Virusvermehrung und Ausbreitung in der Pflanze stark reduziert, ist bereits in allen kommerziell erhältlichen Sorten eingekreuzt vorhanden. Die langjährige Nutzung der *Rz1* Resistenz hat allerdings zum weltweiten Auftreten von resistenzbrechenden Viruspopulationen geführt. Diese neu auftretenden Populationen sind in der Lage, in den *Rz1* resistenten Pflanzen nun hohe Virusgehalte und Symptome zu erzeugen.

Eine genaue Kenntnis über die Ursachen der Resistenzüberwindung ist von großer Bedeutung, um solche Populationen im Feld schnell identifizieren zu können und die Züchtung gezielt zu leiten. Natürliche Populationen des BNYVV weisen eine hohe intraspezifische Diversität auf, sodass sowohl resistenzbrechende als auch nicht resistenzbrechende Virusvarianten in einer Population auftreten können. Zudem ist der Vektor im Boden heterogen verteilt und es sind stets weitere bodenbürtige Erreger vorhanden, wie pilzliche Auflaufkrankheiten oder andere bodenbürtige Pflanzenviren. Das erschwert nicht nur die Erforschung der Resistenzüberwindung, sondern auch die Selektion von resistenten Genotypen im Züchtungsprozess, denn dafür werden ebenso Feldböden mit natürlichen Viruspopulationen verwendet.

Im Rahmen eines Projektes, gefördert von der Industriellen Gemeinschaftsforschung, soll ein neues Testsystem für die Resistenzselektion entwickelt werden. Grundlage des neuen Testverfahrens ist die Verwendung eines reversen genetischen Systems für die Infektion von Zuckerrüben mit BNYVV.

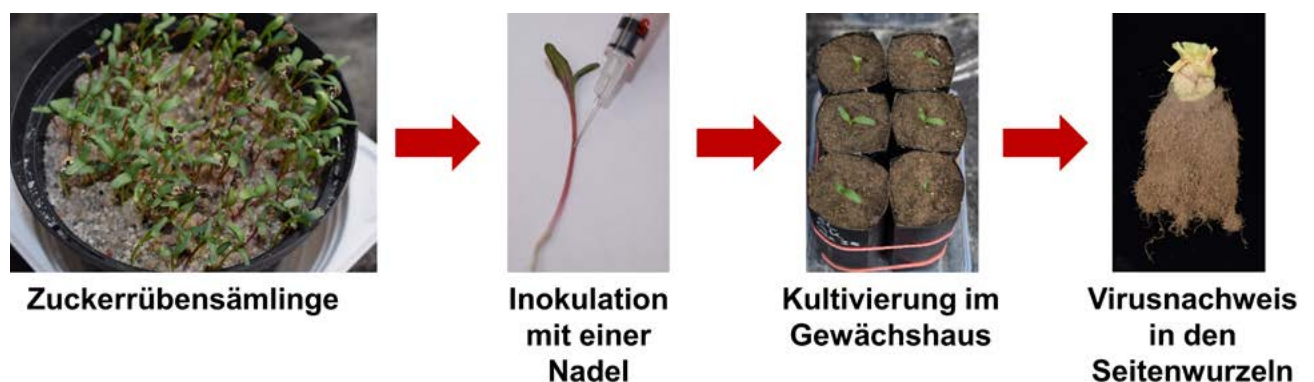


Abb. 1: Darstellung des Inokulationsverfahrens zur Infektion von Zuckerrüben mit dem Rizomaniavirus durch das Bakterium *Agrobacterium tumefaciens*. Bei der Inokulation wird die Bakterienkultur mit einer Nadel in das Hypokotyl injiziert. Der Virusnachweis erfolgt nach sechswöchiger Inkubationszeit im Gewächshaus.

Hierbei wird das Virus durch das Bakterium *Agrobacterium tumefaciens* übertragen, welches in der Lage ist, Zuckerrüben zu infizieren. Dabei wird das Bakterium über eine mechanische Inokulation in das Hypokotyl von jungen Sämlingen inokuliert (Abb. 1). Nach der Inokulation wird die virale RNA freigesetzt und kann sich in der ganzen Pflanze ausbreiten. Genauso wie beim Wildtypvirus führt die Infektion zur Ausbildung eines charakteristischen Wurzelbarts und Adernvergilbung am Blatt (Abb. 2).

Der große Vorteil dieses System ist, dass mit einem Klon des BNYVV gearbeitet wird, dessen Sequenz einheitlich ist und genetisch manipuliert werden kann. Hierdurch können Mutationen sehr schnell auf ihre resistenzbrechenden Eigenschaften untersucht werden.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit des neuen Testverfahrens ist dessen Fähigkeit, zwischen anfälligen und *Rz1* resistenten Genotypen zu unterscheiden. Der im Resistenztest verwendete BNYVV-Klon stammt aus einer nicht resistenzbrechenden Population. Infektionsversuche mit diesem Klon bestätigten, dass ausschließlich im anfälligen Genotyp Virusgehalte nachweisbar sind und nicht im *Rz1* resistenten Genotyp (Abb. 3). Dadurch ist eine klare Unterscheidung zwischen beiden Genotypen möglich.

Im nächsten Schritt wurde eine Mutation (AYPR) in den Pathogenitätsfaktor P25 des BNYVV eingefügt, die man häufig in natürlichen Populationen mit resistenzbrechenden Eigenschaften findet. Nach anschließender Infektion dieser Virusvariante zeigte sich, dass eine Virusvermehrung im *Rz1* resistenten Genotyp möglich ist (Abb. 3). Somit ist das neue Testsystem auch geeignet, Resistenzbruch nachzuweisen, wenn neue Mutationen im Feld beobachtet werden. Dadurch ist es uns möglich, in weiteren Arbeiten die Mechanismen der *Rz1* Resistenzüberwindung genauer zu untersuchen.

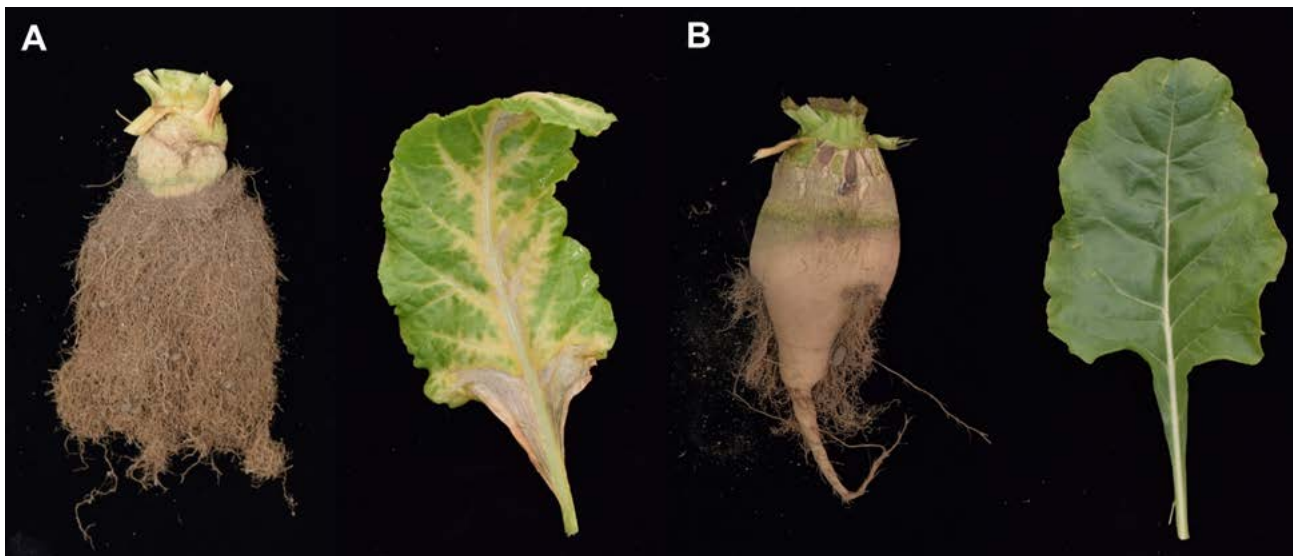


Abb. 2: BNYVV-Symptome an Zuckerrübe. Der Rübenkörper ist verkleinert mit einer starken Seitenwurzelbildung und die Blätter zeigen typische Adernvergilbungen (A). Im Vergleich dazu eine gesunde Pflanze (B).

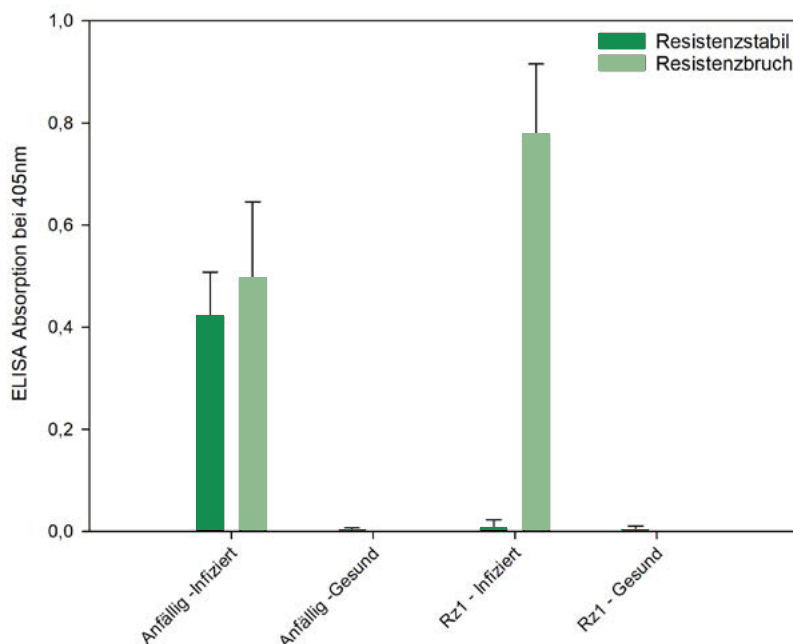


Abb. 3: Virusgehalte von BNYVV (ELISA Absorptionswerte) gemessen in Zuckerrübenwurzeln eines anfälligen und Rz1 resistenten Genotyps (n=12; 6 Wochen). Es wurde eine nicht-resistenzbrechende (Resistenzstabil) und eine resistenzbrechende (Resistenzbruch) Virusvariante inokuliert. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar.

Wir bedanken uns bei allen kooperierenden Zuckerrübenzüchtern der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPi), DLF Beet Seed GmbH, KWS SAAT SE & Co. KGaA, SESVANDERHAVE Deutschland GmbH und Strube Research GmbH & Co. KG. Das Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-Vorhaben: 20798 N/1) der GFPi wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimapolitik über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektbearbeitung: Sebastian Liebe

Testverfahren zur Ermittlung von Ertragseffekten und Toleranz/Resistenz in Zuckerrüben gegenüber Vergilbungsviren

Die IIRB Arbeitsgruppe „Virus Yellows/Neonics“ (BBRO, IfZ, IRBAB, IRS, ITB) initiierte im Jahr 2019 ein Kooperationsprojekt, um eine Methode zu entwickeln, mit der Ertragseffekte bei Zuckerrüben zuverlässig ermittelt werden können. Der Fokus der Methode: unter natürlichen Feldbedingungen nach Blattlaus-vermittelter Virusinfektion den Rüben- und den Bereinigten Zuckerertrag (BZE) zu untersuchen, um tolerantes bzw. resistentes Pflanzenmaterial zu finden und somit die Züchtungsarbeit zu unterstützen.



Abb. 1: Beginnende Vergilbung an der Blattspitze, die für eine Vergilbungsvirus-Infektion typisch ist.

Die Feldtestverfahren haben zum Ziel, geringe Inokulationsdichten zu testen, um den Arbeitsaufwand sowie die Produktion virusbeladener Blattläuse gering zu halten und dennoch eine möglichst vollständige Infektion in einer Versuchsparzelle zu gewährleisten, um eine praxisnahe Befallssituation abzubilden. Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus dem Versuchsjahr 2021 eines Feldversuchs am Standort Sieboldshausen.

Zuckerrüben genotypen mit unterschiedlicher Anfälligkeit bzw. Toleranz gegenüber den hauptsächlich vorkommenden Vergilbungsviren Beet yellows virus (BYV), Beet mild yellowing virus (BMYV) und Beet chlorosis virus (BChV) (Abb. 1) wurden mit unterschiedlichen Dichten mittels virusbeladener Blattläuse inokuliert. Hierbei wurden die Blattläuse in akkurater Handarbeit mit einem Pinsel auf die zu testenden Pflanzen übertragen (Abb. 2). Der Datensatz des Versuches umfasst die Dokumentation des Infektionsverlaufs bzw. die Symptomentwicklung über die Zeit, die Berechnung der Fläche unterhalb der Krankheitsverlaufskurve (AUDPC), zudem den Rüben-ertrag, den Bereinigten Zuckerertrag (BZE) sowie eine mögliche Korrelation zwischen AUDPC und dem relativen BZE.

Für die Viruspezies BMYV und BChV lagen vollständige Infektionsraten in einer Versuchsparzelle bereits bei Inokulationsdichten von 3% vor. Für beide Viren zeigte sich eine Diskriminierung der Genotypen nach Eigenschaften. Diese wurde besonders deutlich nach BMYV-Inokulation (Abb. 3).

In der Vorjahresstudie (2020) zeigte sich, dass für das BYV eine höhere Inokulationsdichte benötigt wird, da bei einer Inokulationsdichte von 3% keine vollständigen Infektionsraten in einer Parzelle erzielt werden konnten. Bei einer Inokulationsdichte von 10 und 20% breiteten sich die Symptome deutlich schneller aus. Bei einer Dichte von 20% verlief die Erkrankung so stark und schnell, dass eine Unterscheidung zwischen den Genotypen nur schwer möglich war. Eine 10%ige BYV-Inokulationsdichte hingegen zeigte gute Unterschiede zwischen den Genotypen und der anfälligen Kontrollsorte. Allerdings wurden noch keine Genotypen gefunden, bei denen Anfälligkeiten oder Toleranzen eindeutig voneinander abgegrenzt werden können.



Abb. 2A: Übertragung von virusbeladenen Blattläusen auf dem Feld.



Abb. 2B: Übertragung von virusbeladenen Blattläusen auf Testpflanzen.

Verluste im Rübenenertrag traten bei allen drei Viruspezies auf und betragen bis zu 27 % nach BMVY- und BChV-Infektion und bis zu 42 % nach BYV-Infektion, abhängig von der Inokulationsdichte. In Abbildung 4 sind die absoluten Rübenenerträge nach BMVY- und BChV-Infektion dargestellt.

Die Verluste im BZE korrelierten mit den Rübenenertragsverlusten und sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Der Versuch zeigt, dass eine schnelle Symptombreitung generell in Zusammenhang mit dem relativen BZE steht (Vergleich inokulierte Parzellen zu nicht-inokulierter Kontroll-Variante) steht, allerdings variiert dieser zwischen den

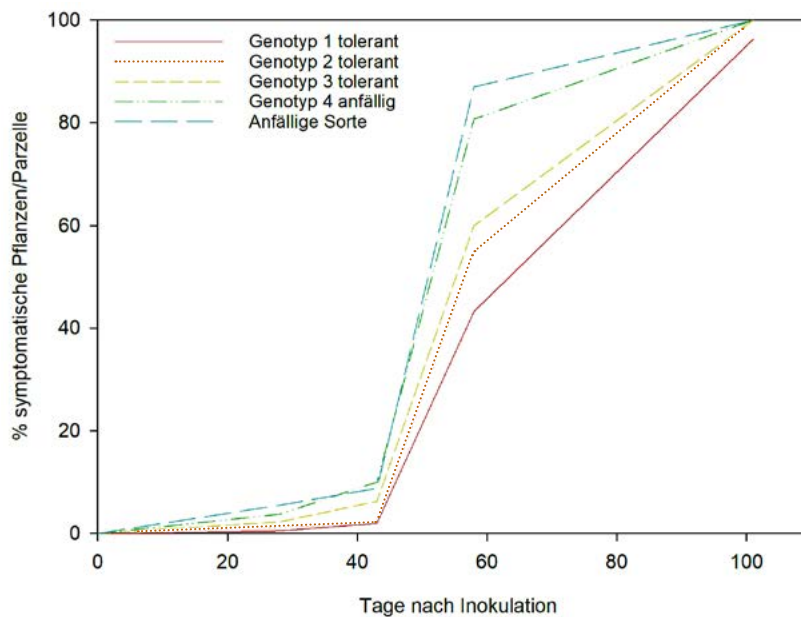


Abb. 3: Krankheitsverlaufskurven in 5 Testgenotypen nach BMVY Inokulation in einem Zeitraum von 0 – 101 Tagen.

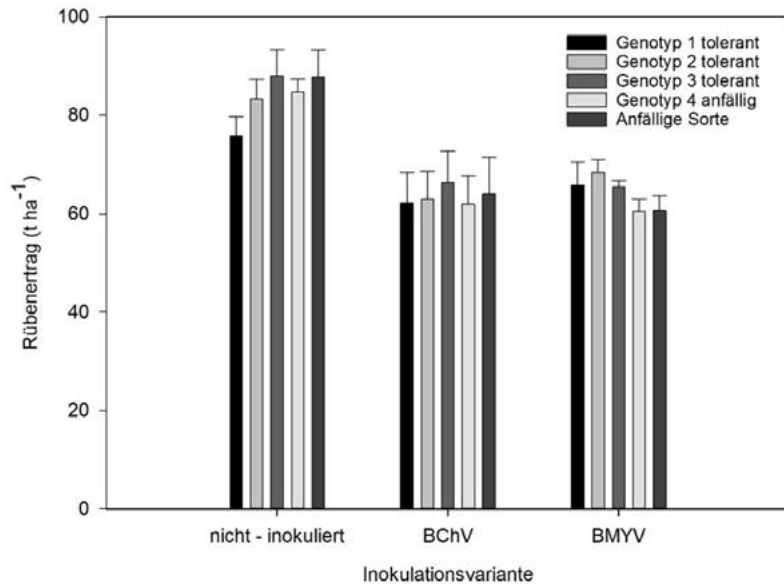


Abb. 4: Rübenerträge im Vergleich zur nicht-inokulierten Kontroll-Variante nach BChV und BMV Inokulation in fünf getesteten Genotypen.

Tab. 1: Verluste im Bereinigten Zuckerertrag (BZE) nach Inokulation mit BChV, BMV und BYV mit unterschiedlichen Inokulationsdichten.

Genotyp	BChV 3% (%)	BMV 3% (%)	Genotyp	BYV 10% (%)	BYV 20% (%)
1	27,8	19,7	6	27,9	37,8
2	34,4	27,5	7	26,4	45,7
3	33,3	32,7	8	20,6	35,3
4	38,5	38,2	9	20,4	49,3
5	35,8	38,5	10	25,9	42,2

unterschiedlichen Virusspezies enorm. Die beste Korrelation zwischen Symptomausprägung und relativem BZE zeigte sich nach einer BChV-Infektion.

Die vorgestellte Methode mit Nutzung von niedrigen Inokulationsdichten ermöglicht eine erhebliche Erhöhung des Durchsatzes von Genotypen und – sind die entsprechenden Eigenschaften vorhanden – die Identifikation von tolerantem/ resistentem Zuckerrübenmaterial sowie eine bessere Bewertung möglicher Ertragseffekte. Diese Testverfahren legen den Grundstein, um in Zukunft natürliche Ressourcen wie Wildformen und anderes Zuchtmaterial auf Virusresistenz durchmusterung zu können.

Wir bedanken uns bei unseren Kooperationspartnern KWS SAAT SE & Co. KGaA, SESVANDERHAVE N.V. und Strube Research GmbH & Co. KG für die Bereitstellung von Testmaterial und finanzielle Förderung des Projektes.

Projektbearbeitung: Mark Varrelmann, Roxana Hossain

Etablierung einer Laborzucht und Untersuchungen zu den Entwicklungsstadien der Schilf-Glasflügelzikade

Im April 2019 startete am IfZ ein Projekt zum Krankheitskomplex „Syndrome Basses Richesses“ (SBR). In diesem Projekt etablierten wir erstmals die Laborzucht der Schilf-Glasflügelzikade, dem Hauptvektor der Krankheit, und charakterisierten die Entwicklungsstadien hinsichtlich der Entwicklungsdauer. Zusätzlich wurde eine Methode etabliert, um die juvenilen Stadien voneinander unterscheiden zu können.

Das „Syndrome Basses Richesses“ (SBR) führt zur Reduktion des Zuckergehaltes um bis zu 5 % (abs.) sowie des Frischmasseertrages (um bis zu 25 %) und damit zu großen wirtschaftlichen Einbußen. Seit dem ersten Erregernachweis in Zuckerrüben in Deutschland in Baden-Württemberg (2009) hat sich die Krankheit erheblich ausgebreitet. Die Schilf-Glasflügelzikade (*Pentastiridius leporinus*) ist der bedeutendste Vektor. Diese überträgt zwei verschiedene bakterielle Erreger durch Saugen am Phloem der Zuckerrüben: Ein γ -3-Proteobakterium 'Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus' und ein Phytoplasma der Stolbur-Gruppe (16SrXII) 'Candidatus Phytoplasma solani'. Weibchen der Zikade legen ihre Eier in der Nähe von Zuckerrübenwurzeln in den Boden ab. Die Nymphen ernähren sich durch Saugen an den Wurzeln und schließen ihre Entwicklung zu Adulten im anschließend gesäten Getreide, hauptsächlich Winterweizen, ab.

Die dringend erforderliche Entwicklung von Kontrollmaßnahmen erfordert eine ganzjährige Verfügbarkeit von unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Vektors. Eine Kultur der Zikade unter kontrollierten Laborbedingungen galt bisher jedoch als schwierig und wurde noch nicht beschrieben. Gründe dafür sind der lange Zeitraum der unterirdischen Entwicklung und ihre schwierige und komplexe Simulation. Ebenso wenig existierten Daten über die Dauer und Bestimmung der verschiedenen Entwicklungsstadien.

Es wurde eine kontinuierliche Laborzucht der Schilf-Glasflügelzikade über bislang fünf Generationen (Stand: 25. März 2022) an Zuckerrübe etabliert, in der bislang mehr als 20.000 Zikaden nymphen produziert wurden. Zuckerrüben werden dabei mit Adulten aus Feldfängen für die Eiablage und die Infektion mit dem SBR-Erreger besetzt (Abb. 1A). Die Eigelege werden im Anschluss abgesammelt (Abb. 1B) und in Behälter mit Zuckerrübenwurzeln umgesetzt (Abb. 1C). An den Wurzelstücken entwickeln sich die juvenilen Zikaden (Abb. 1D), bevor die Nymphen im fünften Stadium entnommen (Abb. 1E) und für die finale Metamorphose wiederum an in Zelten aufgestellten Zuckerrübenpflanzen mit einer Blähtonschicht umgesetzt werden (Abb. 1F). Die schlüpfenden Adulten können schließlich mittels Exhaustor aus den Zelten entnommen und für die Produktion der nächsten Generation oder weitere Experimente eingesetzt werden. Im Allgemeinen prägen Zikaden fünf Nymphenstadien und ein adultes Stadium aus. Die verschiedenen Entwicklungsstadien der Schilf-Glasflügelzikade sind in Abbildung 2 abgebildet.

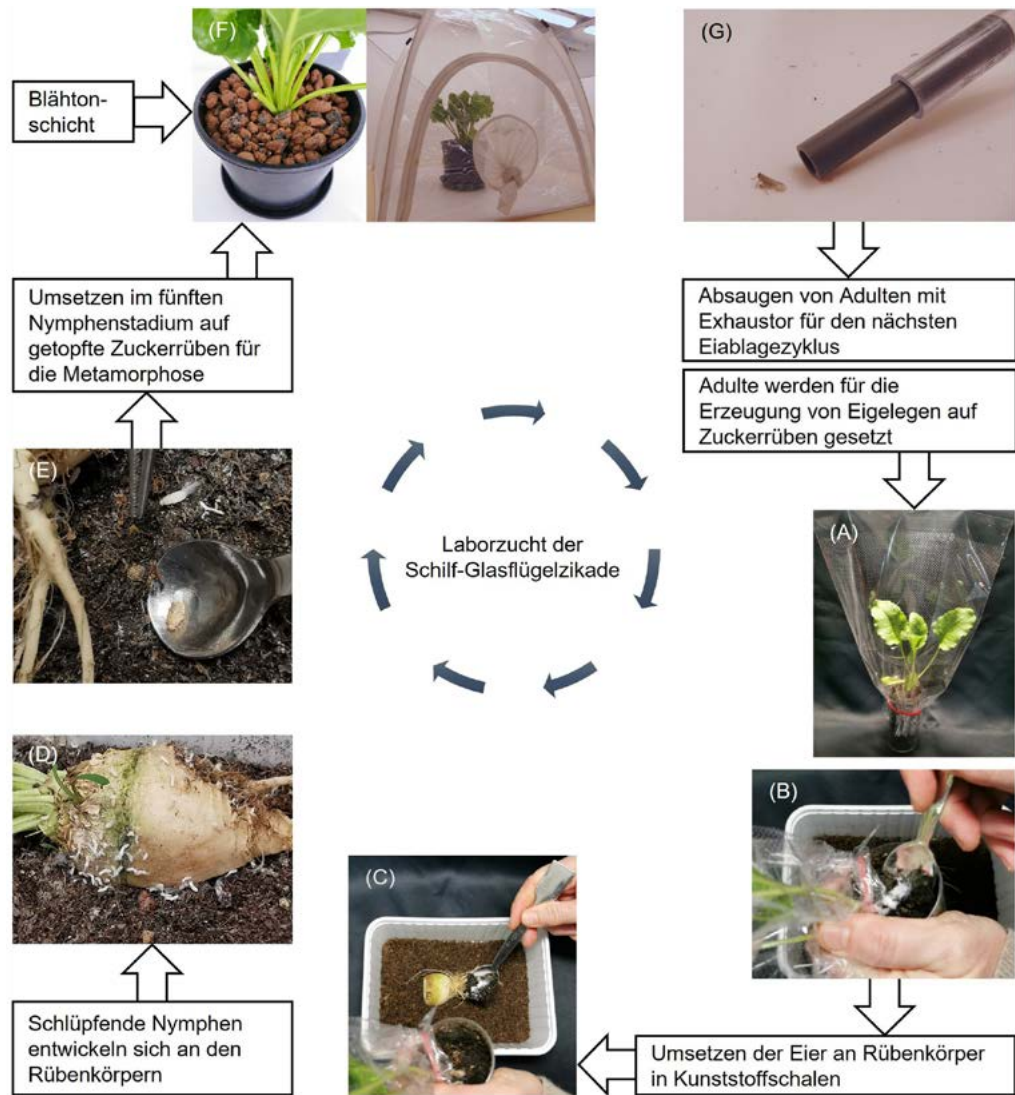


Abb. 1: Labormethode zur Zucht der Schilf-Glasflügelzikade.

Mit den in der Zucht erzeugten Tieren (juvenile Stadien und Adulte) können pflanzliche Resistenzen selektiert bzw. Insektizide zur Kontrolle geprüft werden und die Wirt-Pathogen-Interaktion detailliert charakterisiert werden. Darüber hinaus können z. B. Nichtwirtpflanzen identifiziert werden, um pflanzenbauliche Kontrollstrategien zu entwickeln.

Das Überleben und die Entwicklungsdauer der juvenilen Stadien der Schilf-Glasflügelzikade wurde unter kontrollierten Bedingungen (durchschnittlich 20,9 °C) an Weizenkeimlingen untersucht (Tab. 1). Die höchste Mortalität (25,7 %) zeigte sich dabei im ersten Nymphenstadium, im dritten und vierten Stadium war die Nymphen-Sterblichkeit deutlich geringer (3–3,1 %). Insgesamt schlossen 56,2 % der Nymphen den Lebenszyklus ab, wobei 104 bzw. 145 Tage nach dem Schlüpfen aus dem Ei die ersten Weibchen bzw. Männchen adult wurden. Allgemein nahmen Entwicklungsdauer und -spannbreite der Phasen mit den späteren Nymphenstadien zu.

Eier und die verschiedenen Nymphenstadien wurden ebenfalls hinsichtlich ihrer Körpergröße charakterisiert. Die Körperlänge wurde vom Kopf bis zum Abdomen bestimmt. Die Körperlänge und Kopfkapselbreite der Nymphen nahmen dabei mit den späteren Entwicklungsstadien zu. Bei der Kopfkapselbreite wurden im Gegensatz zur Körperlänge keine Überlappungen zwischen den Nymphenstadien festgestellt. Somit eignet sich die Kopfkapselbreite, um die Nymphenstadien der Schilf-Glasflügelzikade zweifelsfrei voneinander zu unterscheiden und zu bestimmen, um sie zielgerichtet in verschiedenen Experimenten einzusetzen.

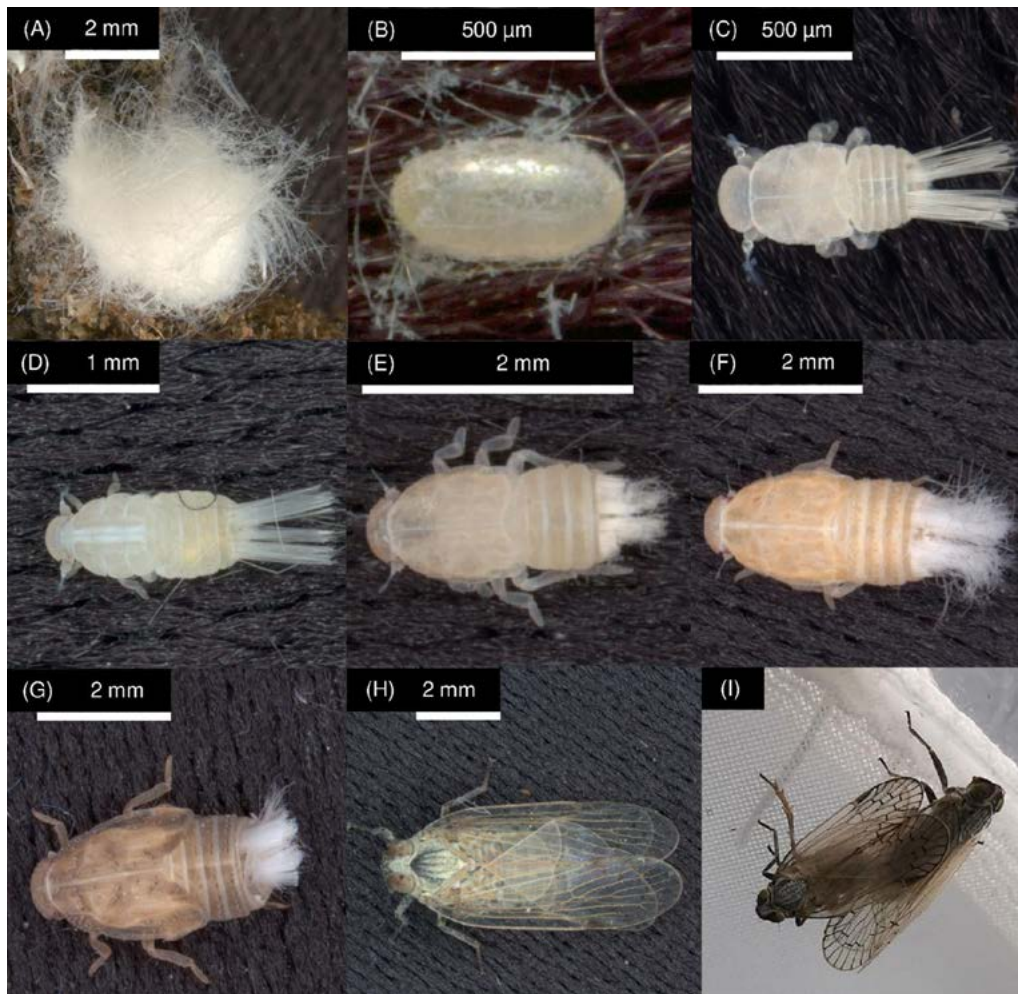


Abb. 2: Entwicklungsstadien der Schilf-Glasflügelzikade. (A) Mit Wachsfäden bedecktes Eigelege, (B) einzelnes Ei, (C) erstes, (D) zweites, (E) drittes, (F) viertes, (G) fünftes Nymphenstadium, (H) adultes Weibchen, (I) Kopulation (Pfitzer et al., 2022, im Druck).

Tab. 1: Entwicklungsdauer von Eiern und allen fünf Nymphenstadien der Schilf-Glasflügelzikade sowie gesamte Dauer vom ersten Nymphenstadium bis zum Erreichen des Adultenstadiums. Es wurden Individuen aus zwei verschiedenen Generationen der Laborzucht untersucht. Die Untersuchung erfolgte an Weizenkeimlingen. *n* = Anzahl der Individuen mit bekanntem Beginn und Ende eines Entwicklungsstadiums, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Entwicklungsstadium	Mortalität (%)	Entwicklungsdauer (Tage)*			n
		Min–Max	Median	MW±SD	
Eigelege	-	17–25	22	21.6±1.5	52
1. Nymphenstadium	25.7	13–21	16	16.9±2.1	39
2. Nymphenstadium	12.9	13–27	17	16.9±3.4	29
3. Nymphenstadium	3	14–59	20	22.9±8.6	55
4. Nymphenstadium	3.1	17–203	37	59±44.7	73
5. Nymphenstadium	13.4	17–211	90	103.6±49.4	66
1. Nymphenstadium bis adulte Männchen	-	145–264	185	193.6±35.8	31
1. Nymphenstadium bis adulte Weibchen	-	104–354	181	193.5±59.2	24

*Anzahl der Tage zwischen zwei Häutungen.

Beteiligt an dem Projekt ist neben dem IfZ die Abteilung Agrarentomologie der Universität Göttingen. Dem Kuratorium für Versuchswesen und der Beratung im Zuckerrübenanbau danken wir für die finanzielle Förderung.

Projektbearbeitung: René Pfitzer, Mark Varrelmann

Erster Nachweis für eine Target-Site-Resistenz von *Cercospora beticola* gegenüber Azolen – Mögliche Anwendung im Monitoring

Die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit wird durch den Pilz *Cercospora beticola* verursacht und ist die bedeutendste Blattkrankheit im Zuckerrübenanbau weltweit und führt zu einem Zuckerverlust von 17 – 28% aufgrund der Reduktion des photosynthetisch aktiven Materials. Die Krankheit wird durch tolerante Sorten, Befallsprognose und die zeitige Applikation von Fungiziden kontrolliert.

Durch Resistenzen gegen die meisten Fungizide wie Methyl-Benzimidazol-Carbamate (MBC)/Benzimidazol oder Chinon-Outside-Inhibitoren (QoI)/Strobilurine wird *C. beticola* zu einem zunehmenden Problem. Um den Erreger nachhaltig kontrollieren zu können, ist molekulares Monitoring dieser resistenten Populationen essenziell. Da die meisten Fungizide „single-site“ Fungizide sind, ist das Monitoring hier relativ einfach. Eine Mutation im Zielgen ist ausreichend, um einen vollständigen Wirkungsverlust des jeweiligen Fungizids zu vermitteln. In den letzten Jahren wurde darüber hinaus auch eine abnehmende Sensitivität von europäischen *C. beticola* Populationen gegenüber Demethylierungsinhibitoren (DMIs)/Azolen beobachtet. Normalerweise stören DMIs die Biosynthese von Ergosterol, einem essenziellen Bestandteil der pilzlichen Zellwand. An diesem Syntheseweg ist die Cytochrom P450-abhängige Sterol 14 α -Demethylase (CYP51) beteiligt, das Target von DMIs. Hier war es bislang nicht möglich, einzelne Mutationen in dem Gen von *cyp51* zu identifizieren, die mit reduzierter Sensitivität gegenüber DMIs korrelieren.

Ziel dieser Studie war es daher, eine Sequenzanalyse von *cyp51* verschiedener *C. beticola* Feldisolate (Abb. 1) mit reduzierter DMI-Empfindlichkeit durchzuführen, um eine mögliche Korrelation von



Abb. 1: Auswahl verschiedener *Cercospora beticola* Feldisolate, eingesetzt für eine Testung des Sensitivitätsstatus gegenüber Demethylierungsinhibitoren (DMI).

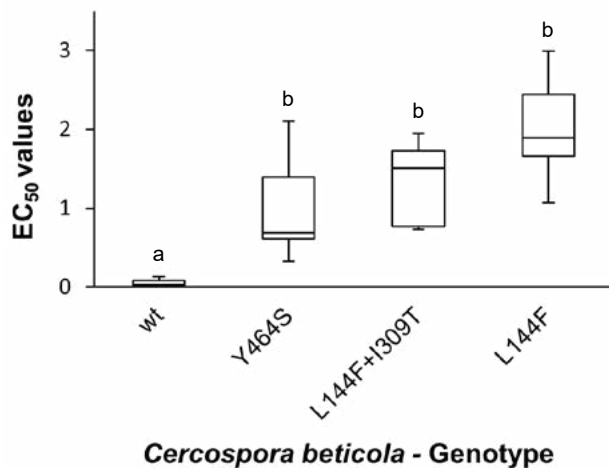


Abb. 2: Korrelation des Sensitivitätsstatus der *C. beticola* Isolate (EC_{50} -Werte) mit Aminosäureaustauschen im DMI-Zielprotein *cyp51*. Signifikanzniveau = $p \leq 0.05$; Wildtyp = wt.

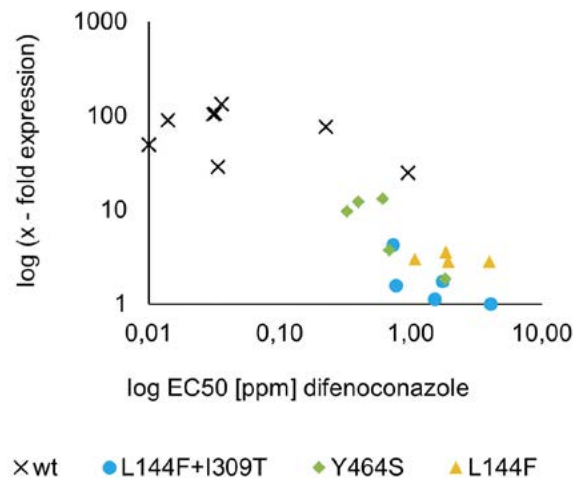


Abb. 3: Zuordnung der Isolate mit den verschiedenen Haplotypen zu der Fungizid-induzierten mRNA Expression von *cyp51* (1 ppm = parts per million).

Mutationen mit reduzierter Sensitivität (EC_{50} -Werte) zu identifizieren. Es wurde festgestellt, dass die Aminosäureaustausche Y464S, L144F und I309T in Kombination mit L144F mit einer reduzierten Empfindlichkeit assoziiert sind (Abb. 2). Des Weiteren wurde die mRNA Expression von *cyp51* mittels RT-qPCR untersucht, also wie stark das Gen exprimiert wird. Eine sehr starke Induktion der *cyp51* Expression in sensitiven Isolaten lässt vermuten, dass die Pilzzellen die Expression hochregulieren, um die Ergosterol-Biosynthese in DMI-Präsenz aufrechtzuerhalten. Isolate mit geringer Sensitivität hingegen zeigen eine deutlich schwächere bis keine Induktion der *cyp51* Expression nach Fungizidbehandlung (Abb. 3). Dies ist plausibel, da die Biosynthese nicht gehemmt ist.

Diese Studie beschreibt erstmalig Mutationen im DMI-Zielgen, die nach einer noch zu erfolgenden Korrelation von geringerer Sensitivität verschiedener Wirkstoffe im Feld und Studium der Verbreitung für das DMI Monitoring in Europa Anwendung finden könnten.

Diese Studie wurde in Kooperation mit Dr. Gerd Stammer (BASF – Limburgerhof) im Jahr 2019/ 2020 bearbeitet.

Projektbearbeitung: Maximilian Muellender, Anne-Katrin Mahlein, Mark Varrelmann

Hackroboter – die digitale Alternative zur Handhacke

Seit einiger Zeit sind auf deutschen Äckern vermehrt Roboter anzutreffen. Sie kombinieren das Wissen aus Elektrotechnik, Sensorfusion, Automatisierung und autonomer Steuerung mit der Möglichkeit einer gelernten Intelligenz zur Erkennung und Differenzierung zwischen Nutzpflanze und Unkraut. Das Unkraut kann möglichst präzise mit Hacken, Fräsen, Spot/Band-Applikation oder auch neuen Ansätzen wie Laser oder elektronischen Impulsen beseitigt werden.



Abb. 1: Der Farmdroid FD 20 des dänischen Herstellers FarmDroid ApS.

Im Rahmen des vom BMEL geförderten Projekts „FarmerSpace“ werden unter anderem unterschiedliche autonome Hackroboter auf ihre Wirksamkeit bei der Unkrautregulierung hin untersucht. Die sogenannte „Weeding Challenge“ wird mittlerweile im dritten Jahr gemeinsam mit dem Pflanzenzüchtungs- und Biotechnologie-Unternehmen KWS SAAT SE & Co. KGaA durchgeführt. Dabei kommen unterschiedliche Typen von Robotern zum Einsatz, die grundsätzlich in zwei Arten unterschieden werden können: zum einen Roboter, die die RTK-GPS-Position der Rübe zum Hacken nutzen (Abb. 1), zum anderen solche, die auf Basis von Bilderkennung die Hackmaßnahmen durchführen (Abb. 2).

Systeme wie der FarmDroid drillen die Rübenpillen mithilfe von RTK-GPS selbst und berechnen die Position der Ablage hochgenau. Sie antizipieren die abgelegte Pille als auflaufende Zuckerrübenpflanze und sind dadurch in der Lage, später innerhalb der Reihen genau dort zu hacken, wo keine Rübe steht. Kamerabasierte Systeme hingegen nutzen RGB- oder multispektral-messende Kameras und interpretieren die aufgenommenen Bilder. Grundlage dafür ist ein trainiertes Modell basierend auf maschinellen Lernmethoden: Diese Modelle werden vorab mit sehr großen Beispieldatensätzen trainiert, mit denen sie die Unterscheidung zwischen Unkraut und Nutzpflanze ermöglichen.

Beide Systeme können zur Unkrautregulierung genutzt werden. Zu beachten sind dabei die jeweiligen Vor- und Nachteile: Während Systeme wie der FarmDroid nicht erkennen, ob eine Rübe



Abb. 2: Der Hackroboter Farming GT (Modellvariante 2022) der Firma Farming Revolution GmbH wird von Mitarbeitern vom IfZ und von KWS Betrieb genommen. Ein Kamerasystem – gekoppelt mit Algorithmen zur Bilderkennung – steuert die Hackwerkzeuge zwischen und in den Reihen (Quelle: KWS SAAT SE & Co. KGaA 2022).

tatsächlich aufgelaufen ist, ist ein Nachteil des kamerabasierten Ansatzes die Abhängigkeit vom Umfang des zugrunde liegenden Trainingsdatensatzes.

Neben der Möglichkeit, den Hackvorgang automatisiert durchführen zu lassen, ermöglichen autonome Hackroboter eine Reihe neuer Denk- und Arbeitsansätze. Gängige Methode ist derzeit, die Unkrautbehandlung an einzelnen Terminen mit hoher Flächenleistung durchzuführen. Automatisiert arbeitende Roboter haben durch die wiederholte Überfahrt des Feldes eine geringe Flächenleistung, die sie allerdings durch Nacharbeit ausgleichen können. Eine kontinuierliche Behandlung der Unkräuter ermöglicht – im Vergleich zur aktuellen Praxis – die Nutzung kleinerer Hackwerkzeuge, da die Zielpflanzen schon im recht jungen Stadium gehackt werden. Werden die Unkräuter im kamerabasierten Ansatz erkannt und in Arten unterschieden, können diese individuell behandelt werden. Dies ermöglicht neue Ansätze zur Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften sowie eine angepasste Behandlung von resistenten Unkräutern.

Die Entwicklung der Hackroboter befindet sich in einem dynamischen Prozess. Neue Entwicklungen werden in FarmerSpace fortlaufend recherchiert und diskutiert (Abb. 3). Roboter eignen sich nicht nur zur selbstständigen Durchführung von Arbeitsschritten auf dem Feld, sondern auch als Träger von Sensorik im Feld. Durch ihr hohes Ladevermögen kann eine Vielzahl von Sensoren inklusive der passenden Beleuchtung ins Feld gebracht werden. Einzelpflanzen können hochpräzise angesteuert werden und an diesen mit unterschiedlichen Sensoren Messungen erfolgen. Das IfZ nutzt einen Roboter als Versuchsplattform: Die Trägerplattform wird elektrisch betrieben und besitzt die Möglichkeit Mess-Setups über drei Reihen mittig mitzuführen. Aktuell erfolgt die Integration eines Multispektrallaserscanners zur automatisierten, zentimetergenauen Bonitur. Damit ist die Ableitung von unterschiedlichen Pflanzenmerkmalen zur geometrischen und spektralen Verfolgung der Pflanzenentwicklung über die Vegetationsperiode hinweg möglich.

Roboter werden die Zukunft der Landwirtschaft entscheidend verändern. Wie und in welchem Maße ist noch offen. Sicher jedoch ist, dass viele Arbeitsschritte in Zukunft automatisiert durchgeführt werden: Landwirte planen und bereiten Arbeitsabläufe und -kombinationen vor, führen viele dieser Schritte allerdings nicht mehr selbst aus. Die eingeführten Systeme werden aktuell in der Arbeitsgruppe Sensorik & Datenanalyse im Projekt FarmerSpace evaluiert und für den Einsatz in Praxisbetrieben getestet.

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

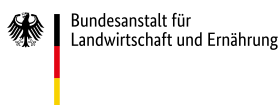


Abb. 3: Die Einsatzmöglichkeiten autonomer Hacktechnik werden auch im Feld mit verschiedenen Akteuren der Agrarbranche rege diskutiert.

Gefördert durch



Projektträger



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektbearbeitung: Sebastian Streit, Dirk Koops

Einsatz von künstlicher Intelligenz und Drohnen zur Erkennung von Krankheiten in Zuckerrübenfeldern

Im Zuckerrübenanbau können Krankheiten erhebliche Ertragsverluste verursachen. Eine schnelle und praktikable Befallserkennung wird für den praktischen Anbau und für das Feldversuchswesen immer wichtiger. Technologische und wissenschaftliche Weiterentwicklungen basierend auf Sensor- und Bilddaten ermöglichen inzwischen den Einsatz von maschinellem Lernen für die Erkennung von Krankheiten bei Kulturpflanzen.

Seit 2019 werden im Raum Göttingen zahlreiche Feldversuche zur Verbesserung der drohnengestützten Befallserkennung mit RGB- und Multispektralbildern durchgeführt. Diese Versuche sind Teil der Projekte COBRI, PhenoRob und FarmerSpace. Bei unterschiedlichen Projektschwerpunkten sorgt eine enge Kooperation für eine produktive Zusammenarbeit und generiert Synergieeffekte. Im Folgenden werden wichtige Parameter dargestellt, die mittels maschineller Lernverfahren von Sensordaten abgeleitet werden können. Für eine präzise Krankheitsbonitur und Quantifizierung von Befall ist es hilfreich, einzelne Pflanzen und deren Organe im Feld erkennen und über die Zeit zuordnen zu können.

Pflanzenkatalogisierung

Zur Katalogisierung von Einzelpflanzen wurde gemeinsam mit Partnern des Projekts PhenoRob ein Algorithmus entwickelt, der auf Computer Vision basiert. Der Algorithmus nutzt sowohl RGB- als

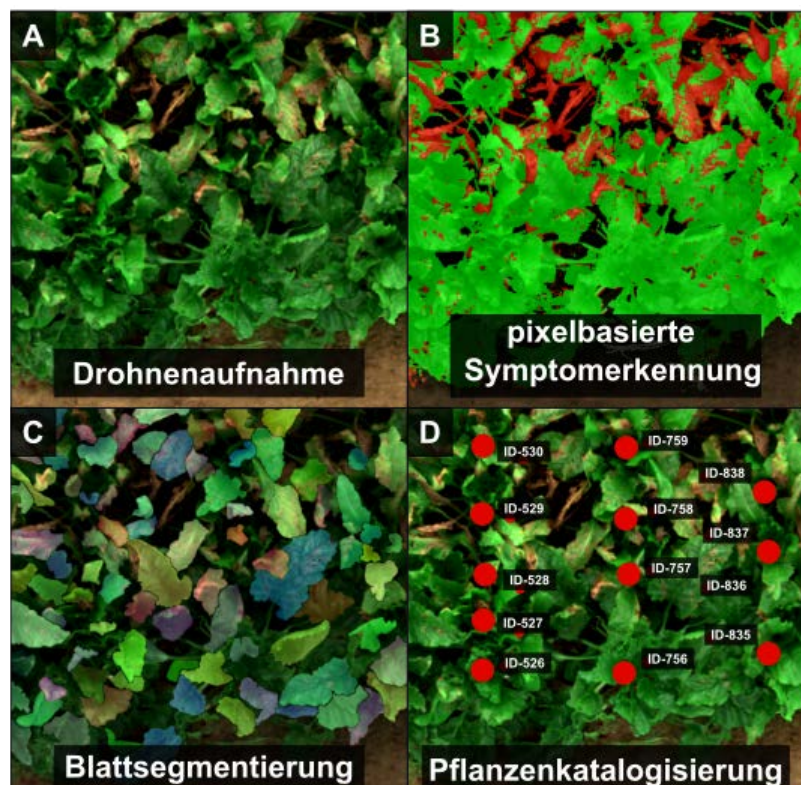


Abb. 1: A) RGB-Darstellung von multispektralen Drohnenaufnahmen von Zuckerrüben, befallen mit *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit, B) Pixelbasierte Maske zur Modellierung der Befallsstärke der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit, C) Maske zur Modellierung der Blattsegmentierung, D) Beispiel für kategorisierte Pflanzen mit ihrer Identifikationsnummer.

auch Multispektralbilder und erkennt jede Einzelpflanze auf dem Feld. Die Einzelpflanzen werden mit einer ID-Nummer versehen, um die kontinuierliche Erkennung der Pflanze während der gesamten Vegetationsperiode bis zur Ernte zu ermöglichen (Abb. 1-D). Auf diese Weise wird ein Katalog der Einzelpflanzen nach Ort und Zeit erstellt. Beispielsweise kann die Anzahl abgestorbener Pflanzen aufgrund eines frühen Rübenfäule-Befalls über den Verlauf der Vegetationsperiode dargestellt werden.

Blattsegmentierung

Für die Bestimmung der Befallsstärke (DS) und Befallshäufigkeit (DI) ist eine Zuordnung von Instanzen wie einzelnen Blättern wichtig. Die hohe morphologische Variabilität der Blätter kann bei Luftbildern zu einer verfälschten Blattsegmentierung und in Folge nicht-korrekten Blattflächenbestimmung führen. Gemeinsam mit dem CIDAS (Campus-Institut Data Science) der Universität Göttingen wird daher eine Blatterkennung und -selektion auf der Grundlage von Multispektralbildern, künstlich generierter Bilder und einer leistungsfähigen R-CNN-Maske entwickelt (Abb. 1-C).

Krankheitsbonituren

Ein wichtiger Schwerpunkt ist die sensorgestützte Charakterisierung der Cercospora-Blattfleckenkrankheit, verursacht durch *Cercospora beticola* Sacc., einer der wichtigsten Blattkrankheiten im Zuckerrübenanbau. Dabei wird unter anderem die Sortenresistenz gegenüber der Cercospora-Blattfleckenkrankheit analysiert, die Ausbreitung der Krankheit auf dem Feld erhoben und die Wechselwirkung zwischen Pflanze, Erreger und Umwelt untersucht. Zur Etablierung einer qualitativ hochwertigen Datengrundlage wurden Versuchsfelder wöchentlich sowohl mit Drohnen befliegen und als auch von Experten bonitiert.

In Zusammenarbeit mit weiteren Abteilungen im IfZ und Forschungspartnern werden Verfahren zur digitalen Bonitur der Rhizoctonia-Rübenfäule, Viruserkrankungen, *Stemphylium beticola*, Rost und Echten Mehltau entwickelt.

Bestimmung von Befallshäufigkeit und Befallsstärke

Die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke sind wichtige Parameter für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Auswahl resistenter Sorten in der Pflanzenzüchtung. Um diese Parameter durch den Einsatz von Drohnenbildern bestimmen zu können, müssen verschiedene Aspekte, wie beispielsweise die Auflösung der Kameras, die Flughöhe und die gewünschte Detailqualität, berücksichtigt werden.

Im Rahmen eines COBRI-Projektes wurden Pixel-basierte Modelle zur Bestimmung von DI und DS für hochauflösende Multispektralbilder entwickelt, die einen geringen Klassifizierungsfehler, d.h. eine hohe Güte bei der Bestimmung der oben genannten Parameter hatten. Diese Modelle sammeln auch Informationen über die Fläche des Bestandes, den Grad der Bodenbedeckung und die durchschnittliche Läsionsfläche. Zur weiteren Verbesserung wird aktuell das Blattsegmentierungsmodell durch die Konzentration auf jedes individuelle Blatt optimiert, was die Bestimmung weiterer Parameter, wie beispielsweise die Anzahl befallener Blätter zur Bewertung der quantitativen Resistenz, ermöglicht.

Begriffe der Sensorik

RGB – Farbbilddaten aus den Grundfarben Rot, Grün, Blau des Spektrums

Multispektralbilder – Bilddaten aus mehreren (bis zu zehn) Spektralkanälen im sichtbaren und Nahinfrarot-Bereich

Tiefenlernen – Deep Learning – Technik des maschinellen Lernens, mit der Computer trainiert werden können

Computer Vision – (computerbasiertes Sehen) – Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI), der es Computern ermöglicht, aus digitalen Bildern und anderen visuellen Eingaben aussagekräftige Informationen abzuleiten.

CNN – Convolutional Neural Network (faltendes neuronales Netz) – eingesetzt z. B. in der Bilderkennung

R-CNN-Maske – Recurrent Convolutional Neural Network – rückgekoppeltes neuronales Netz – Technik des Tiefenlernens zur Bilderkennung, Maschinen erhalten dadurch die „Fähigkeit zu sehen“

DI – disease incidence (Befallshäufigkeit)

DS – disease severity (Befallsstärke)

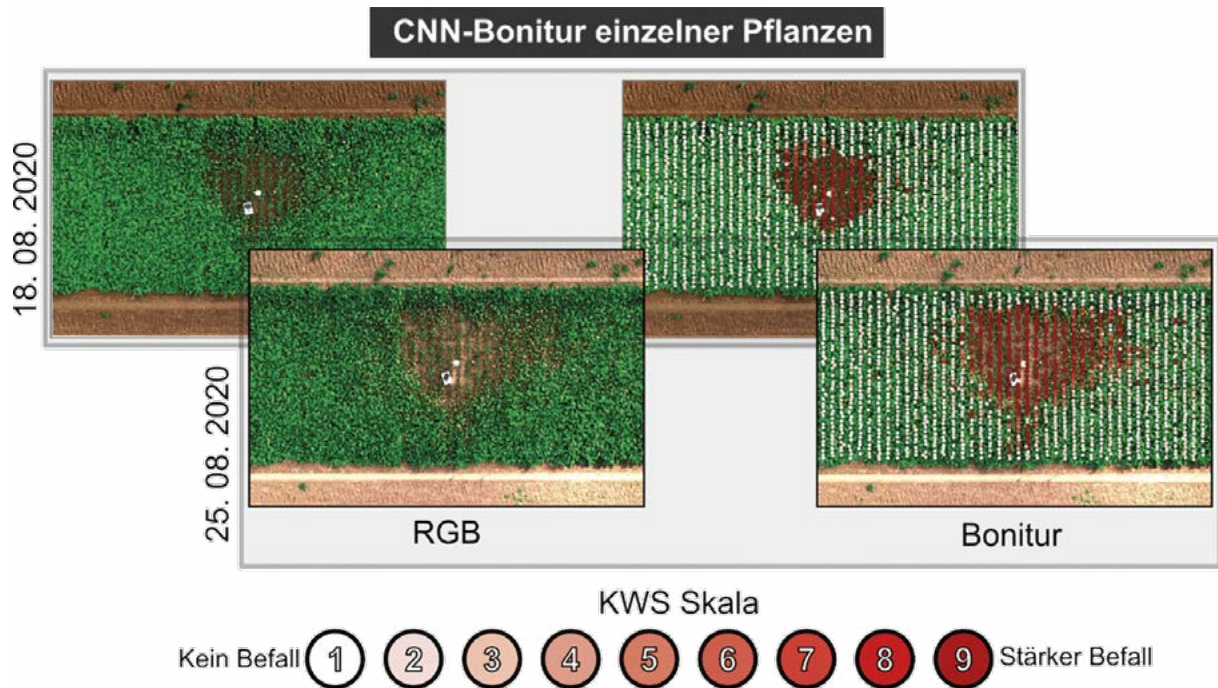


Abb. 2: CNN-Modellergebnisse für Bonitur der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit, links RGB-Drohnenbilder, rechts Anwendung der Katalogisierung einzelner Pflanzen und automatisierte Bonitur der Einzelpflanzen nach KWS-Skala.

Im Jahr 2021 wurde in Sortenversuchen die Leistung der unterschiedlichen Bonitur-Methoden bei der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit (Drohne und Experte) verglichen, wobei die akkumulierten Ergebnisse beider Bonituren über die Vegetationsperiode hinsichtlich der DS übereinstimmten (Abb. 1-B).

Als weiterer Ansatz zur Optimierung gilt das Trainieren von CNN-Modellen bei geringer Bildauflösung, dafür aber vergrößerter Messfläche. Für das CNN-Modell werden Einzelpflanzen, die mit der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit befallen sind, katalogisiert und nach der KWS-Skala kategorisiert. Mit diesem Modell lässt sich die Anzahl der befallenen Pflanzen und somit die DI der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit auf einem Feld schnell bestimmen (Abb. 2).

Die dargestellten Beispiele sind wichtige Elemente für die Entwicklung eines zuverlässigen digitalen Instruments zur Erkennung von Rübenkrankheiten. Diese Technologien werden zukünftig Forscher, Züchter und Landwirte unterstützen, um Krankheitssymptome zu erkennen.

Die erzielten Erkenntnisse sind das Ergebnis verschiedener Forschungsk Kooperationen mit interdisziplinären Partnern, denen wir an dieser Stelle ausdrücklich für die zielführende und spannende Zusammenarbeit danken. Die im Rahmen des COBRI-Projekts durchgeführte Forschung wurde finanziert durch die COBRI-Partner IRBAB, IRS, NBR und IfZ. Weitere Forschungsarbeiten wurden finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der deutschen Exzellenzinitiative, EXC-2070-390732343-PhenoRob.

Projektbearbeitung: Abel Barreto, Facundo Ispizua



KOORDINIERUNGS-AUSSCHUSS AM IFZ UND KOORDINIERTER VERSUCHE



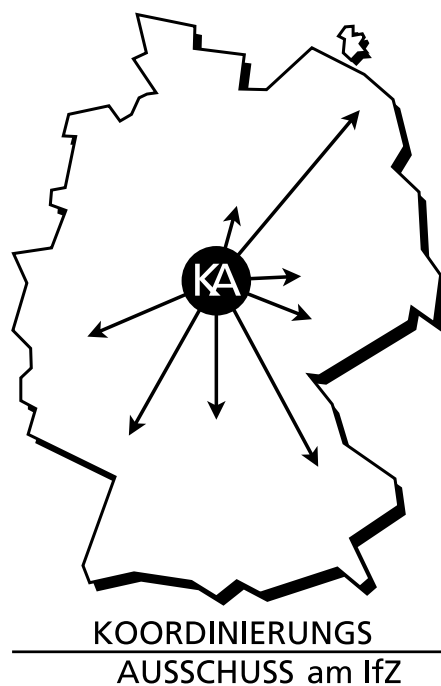
Der Koordinierungsausschuss und seine Arbeitskreise

Der Koordinierungsausschuss (KA) am Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) und seine Arbeitskreise (AK) 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 und Feldversuchswesen.

Zu den genannten Themenbereichen wird der KA durch spezialisierte Arbeitskreise in den oben genannten fachlichen Bereichen unterstützt. Ergänzend werden relevante Fragen, wie z. B. zum Auftreten von Blattläusen und Viren oder dem „Syndrome Basses Richesses“ in Fachgesprächen aufgegriffen. Über die Sprecher der AK aus dem IfZ wird das Fachwissen des Instituts eingebunden. Die internationale Kooperation erfolgt in der technischen Forschung mit dem Verbund Coordination Beet Research International (COBRI), bestehend aus den Rübenforschungsinstituten in Belgien, Deutschland, Dänemark/Schweden und den Niederlanden, wodurch die internationale Perspektive eingebracht wird. Die Organisation des KA und die Programmkoordination in COBRI erfolgen über die Abteilung Koordination des IfZ.

Für die Beratung der Rübenanbauer werden konkrete, verlässliche Informationen basierend auf validen Ergebnissen aus neutral durchgeführten Feldversuchen benötigt, um Entscheidungen für einen effizienten Zuckerrübenanbau zu ermöglichen. Diese werden zu allen relevanten Themen bereits seit mehreren Jahrzehnten im Koordinierungsausschuss und den Arbeitskreisen als gemeinsames Ergebnis aller Beteiligten weiterentwickelt, optimiert und kontinuierlich dem Bedarf angepasst. Um den vielfältigen Anforderungen der Gesellschaft (u. a. Reduktion der chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel, Förderung von Biodiversität) an den Ackerbau gerecht zu werden und eine valide Beratung zum Nutzen des Zuckerrübenanbaus zu erhalten, ist eine enge Zusammenarbeit von wissenschaftlicher und technischer Forschung notwendig, die auch die überregionale Leistungsfähigkeit des durch den KA-organisierten Versuchswesens effizient nutzt.

Das erhebliche Auftreten ökonomisch relevanter Krankheiten und Schädlinge, wie z. B. Cercospora-Blattfleckenkrankheit und Viröse Vergilbung, hat vor dem Hintergrund des Rückgangs verfügbarer Wirkstoffe und Pflanzenschutzmittel zu einer Zunahme an Notfallzulassungen nach Artikel 53 (EU VO 1107/2009) geführt (Tab. 1). Die Alternative der Notfallzulassung wird aber nur in überprüfaren Notfällen, zeitlich und mengenmäßig und oft auch räumlich begrenzt und nur bei Verfügbarkeit von wirksamen Wirkstoffen möglich sein. Daher werden zur Unterstützung von bestehenden und neuen Produkten im chemischen Pflanzenschutz zunehmend biologische Produkte (Biostimulanzien, biologische Pflanzenschutzmittel) in die Feldversuchsserien der Arbeitskreise des KA einbezogen. Die fachliche Herausforderung liegt in der realistischen Einschätzung der möglichen Wirksamkeit und Integration in bestehende Kontrollstrategien, basierend auf einer zuverlässigen Datengrundlage. Zudem werden alternative chemische, mechanische oder chemisch-mechanische Kontrollstrategien in Kombination mit sensorischen Verfahren bezüglich der Unkrautkontrolle untersucht und sind daher wichtige Arbeitsinhalte in den Arbeitskreisen.



Tab. 1: Übersicht erteilter Notfallzulassungen in Zuckerrüben nach Artikel 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009.

Wirkungs- bereich	Handels- bezeichnung	Wirkstoff	Schadorganismus	Erteilung				
				2017	2018	2019	2020	2021
Fungizid	Coprantol Duo	Kupferoxychlorid Kupferhydroxid	<i>Cercospora beticola</i>					X ¹
Fungizid	Funguran progress	Kupferhydroxid	<i>Cercospora beticola</i>	X ¹	X		X ¹	X ^{1,2}
Fungizid	Tridex DG	Mancozeb	<i>Cercospora beticola</i>			X	X	
Fungizid	Amistar Gold	Azoxystrobin Difenoconazol	<i>Rhizoctonia solani</i>		X	X	X	
Insektizid	Teppeki	Flonicamid	Blattläuse als Virusvektoren			X	X	
Insektizid	Mospilan	Acetamiprid	Blattläuse als Virusvektoren			X	X	
Insektizid	Carnadine	Acetamiprid	Blattläuse als Virusvektoren			X	X	
Insektizid	Danjiri	Acetamiprid	Blattläuse als Virusvektoren				X	
Insektizid	Cruiser 600 FS	Thiamethoxam	Blattläuse als Virusvektoren					X ³

¹⁾ Begrenzt auf Risikogebiete der Fungizid-Resistenz im Bundesland Bayern,

²⁾ Begrenzt auf Risikogebiete der Fungizid-Resistenz in den Bundesländern RP, HE und BW

³⁾ Beschränkung auf durch die Schaderreger besonders betroffene Regionen in den Bundesländern BW, BY, HE, NI, NRW, RP und SH

Neue Fragen werden adressiert und experimentelle Ansätze für die Erprobung z. B. bezüglich der Kontrollmöglichkeiten der Grünen Pflanzsichblattlaus als Vektor für Vergilbungsviren erfolgreich weiterentwickelt. In diesem Kontext startete 2021 das Projekt EntoProg, gefördert durch das BMEL, in dem ein Entscheidungshilfesystem zur Bekämpfung des Blattlausbefalls mit Bezug auf Viröse Vergilbung erarbeitet werden soll.

Die Sortenprüfung ist wichtig, um Sorten in Ertrag und Qualität vergleichend zu beschreiben. Ein wesentliches Element ist seit langer Zeit die Erfassung von Eigenschaften der Resistenz oder Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen und ganz aktuell auch die Interaktion zwischen Sorten und Pflanzenschutzmaßnahmen mit z. B. Fungiziden. Das Themenspektrum im Bereich Sorte ist umfassend, so wurden auch Untersuchungen zur Gewebefestigkeit von Sorten in Bezug auf Fäulen und Lagerung sowie Untersuchungen zur Toleranz gegenüber Trockenstress durchgeführt und dem AK Sorten vorgestellt. Im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes hat die Leistung von Sorten eine wichtige Rolle, um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren bzw. überhaupt erst einen wirtschaftlichen Anbau durch z. B. Toleranzen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wurde die Frage gestellt, ob die Leistung von Sorten mit Zulassung in anderen EU-Ländern einen Vorteil gegenüber den in Deutschland zugelassenen Sorten haben könnte. Im Ergebnis zeigte sich kein Ertragsvorteil solcher Sorten. Es kann aber z. B. in besonderen Krankheitssituationen eine Begründung für den Einsatz bestehen. Für solche besonderen Situationen ist vorgesehen, auch EU-Sorten im integrierten Sortenprüfsystem zu testen.

Auch im landwirtschaftlichen Versuchswesen und für die landwirtschaftliche Praxis erhält die Nutzung digitaler Technologien eine zunehmende Bedeutung. Daher wird dieses weite Themengebiet im gemeinsamen Diskurs im KA und seinen AKs reflektiert und Anwendungsgebiete werden gemeinsam identifiziert. Dies zeigt sich unter

anderem auch in einem seit 2020 gemeinsam durchgeführten Versuchsvorhaben zum Nutzen von drohnenbasierter Datenerfassung im koordinierten Versuchswesen.

Für den Zuckerrübenanbau ist die überregionale Zusammenarbeit von größter Bedeutung. Eine Aufgabe, die im Koordinierungsausschuss in den zurückliegenden Jahren gut gelöst wurde, der in der Zukunft aber eine noch größere Relevanz zukommt.

Auf den folgenden Seiten wird über koordinierte Versuche und Projekte aus den Arbeitskreisen berichtet.



Versuchsfeld Scharnhorst.

Auf der Suche nach Alternativen zu Glyphosat – Gemeinschaftsversuch zur Restunkrautbekämpfung vor der Aussaat

Bei bodenschonenden Anbauverfahren von Zuckerrüben wird zur Bekämpfung der Restverunkrautung in vielen Fällen ein glyphosathaltiges Herbizid vor der Aussaat eingesetzt. Der Wirkstoff Glyphosat wird seit mehreren Jahren in der Öffentlichkeit und in der Politik intensiv und kritisch diskutiert. Als Teil des Aktionsprogramms Insektenschutz beinhaltet die neue Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung von September 2021 eine Glyphosat-Minderungsstrategie, welche ab dem Jahr 2024 ein Anwendungsverbot des Wirkstoffs vorsieht. Über den Arbeitskreis Pflanzenschutz des Koordinierungsausschusses am IfZ werden in Feldversuchen mögliche Alternativen zu Glyphosat bei der Restunkrautbekämpfung vor der Aussaat von Zuckerrüben erprobt.



Abb. 1: Electroherb-Technologie im Einsatz: Der Strom wird über einen Generator am Heckanbau des Traktors erzeugt, die Applikationseinheit befindet sich im Frontanbau (Foto: S. Baumgarten/ARGE Nord).

Die Feldversuche zeigen den Vergleich von Glyphosat zu alternativen Spritzapplikationen von Pelargonsäure sowie dem elektrischen Unkrautbekämpfungsverfahren Electroherb des Kooperationspartners Zasso. Glyphosat wird über die grünen Pflanzenteile aufgenommen und über den Assimilationsstrom innerhalb der Pflanzen verteilt. Durch die systemische Wirkung gelangt es auch in die unterirdischen Pflanzenteile. Pelargonsäure hat eine Kontaktwirkung, dabei wird die Oberfläche benetzter, oberirdischer, Pflanzenteile so beeinflusst, dass sie nach kurzer Zeit eintrocknen. Die Electroherb-Technologie basiert auf einem nicht-selektiven, systemischen, elektrischen Fluss durch das Gefäßsystem der Pflanzen, der zu einer schweren Zellerstörung und schließlich zum Welken führt. Der Strom wird über einen Generator am Heckanbau des Traktors erzeugt, die Applikationseinheit befindet sich im Frontanbau (Abb. 1). Der Wirkungsgrad wird dabei von der Arbeitsgeschwindigkeit beeinflusst, deshalb wurden zwei Geschwindigkeiten geprüft: 1,5 km/h (elektrische Leistungsabgabe 135 – 153 kW/ha) und 4,5 km/h (elektrische Leistungsabgabe 46 – 51 kW/ha).

Die regionalen Arbeitsgemeinschaften Nord, Südwest und LIZ Jülich legten 2020 insgesamt vier Streifenversuche auf landwirtschaftlichen Praxisflächen an. Die Koordination und Auswertung erfolgte über das IfZ. Auf den Flächen wurde im Herbst 2019 ein Zwischenfruchtbestand etabliert, welcher über Winter nicht vollständig abgefroren war. Neben Ölrettich, Phacelia und Ackersenf bestand die Restverunkrautung auch aus Ausfallraps und Ausfallgetreide. Die Versuche wurden im Frühjahr bei beginnender Befahrbarkeit der Flächen angelegt. Die Erfassung des Wirkungsgrades erfolgte 4–5 Wochen nach der Unkrautbekämpfung und damit auch nach der Saatbettbereitung und der Aussaat der Zuckerrüben.

Die einjährigen Ergebnisse der Untersuchung zeigen deutliche Tendenzen. Die Spritzapplikation von Glyphosat hatte im Mittel der vier Feldversuche den höchsten Gesamtwirkungsgrad (Abb. 2). Bei der elektrischen Unkrautbekämpfung war der Gesamtwirkungsgrad bei der reduzierten Arbeitsgeschwindigkeit von 1,5 km/h höher als bei 4,5 km/h. Die Spritzapplikation von Pelargonsäure hatte den niedrigsten Gesamtwirkungsgrad. Minderwirkungen waren zumeist auf Ausfallgetreide zurückzuführen (Abb. 3).

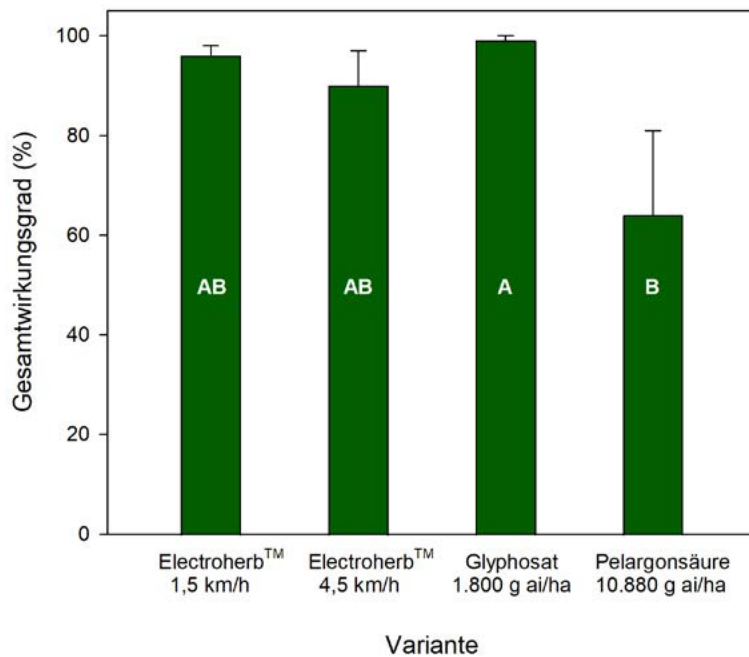


Abb. 2: Gesamtwirkungsgrad verschiedener Varianten der Bekämpfung von Restverunkrautung bestehend aus nicht abgefrorener Zwischenfrucht und Ausfallgetreide. Bonitur nach Saatbettbereitung und Aussaat der Zuckerrüben. Mittelwerte von vier Feldversuchen in Deutschland, 2020. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, Tukey-Test, $p \leq 0,05$.

In der Variante mit Pelargonsäure wurden auch Ölrettich, Ausfallraps und Phacelia unzureichend bekämpft. Einige Tage nach der Applikation hellten die Pflanzen zunächst teils auf, später jedoch trieben sie wieder aus. Nach diesen einjährigen Ergebnissen stellt Pelargonsäure keine wirkungsvolle Alternative zu Glyphosat dar. Die ElectroHerb-Technologie ist tendenziell wirkungssicherer, jedoch bestehen Herausforderungen und offene Fragen hinsichtlich der praktischen Anwendung (u. a. Kosten, Flächenleistung, Maschinenverfügbarkeit, Umweltverhalten).

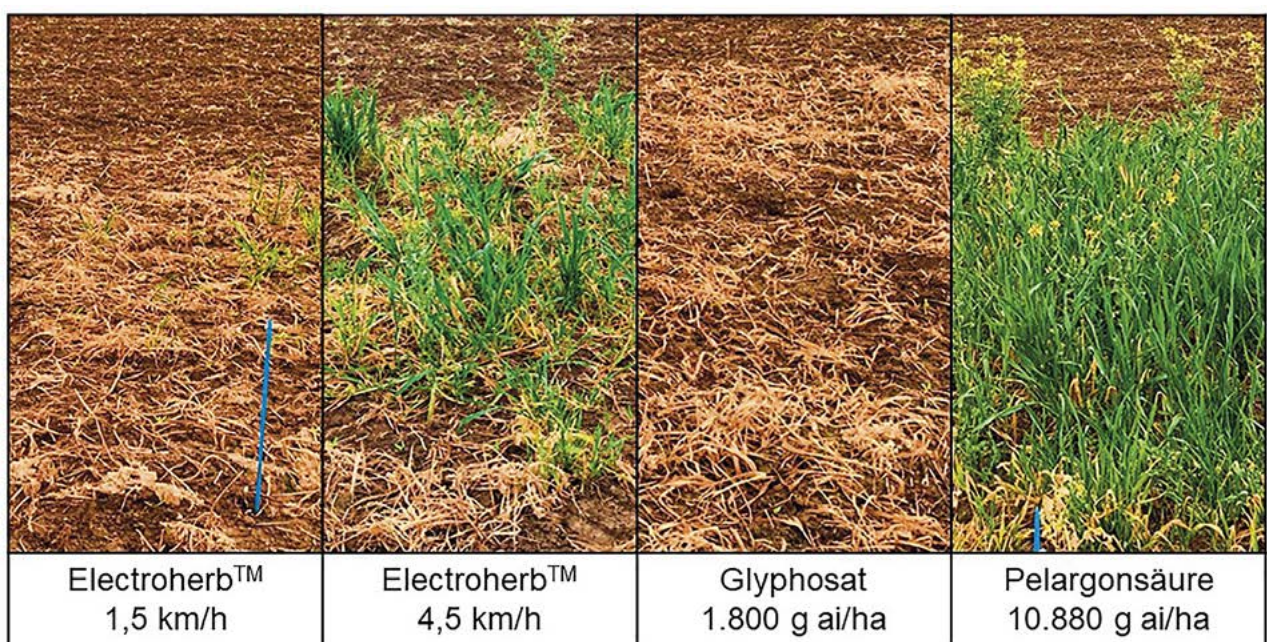


Abb. 3: Vergleich verschiedener Varianten der Bekämpfung von Restverunkrautung im Feldversuch der ARGE Nord (Fotos: S. Baumgarten).

Gemeinschaftsversuch Sorte x Fungizidstrategie 2020 – 2021

In Deutschland breitet sich die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit seit vielen Jahren immer weiter aus. Epidemien setzen tendenziell früher in der Vegetationsperiode ein und verlaufen häufig schwerer als in der Vergangenheit.



Cercospora-Blattflecken werden durch den Pilz *Cercospora beticola* verursacht. Sie führen zum Absterben des Blattgewebes und Verlust der Assimilationsfläche.

Gleichzeitig stehen aufgrund von Resistenzentwicklung und Restriktionen bei der Zulassung immer weniger fungizide Wirkstoffe für die Bekämpfung der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit zur Verfügung. Sorten mit verminderter Anfälligkeit für *Cercospora beticola* gewinnen daher zunehmend an Bedeutung.

Im Gemeinschaftsversuch Sorte x Fungizidstrategie 2020 – 2021 wurden in Zusammenarbeit mit KWS SAAT SE & Co. KGaA zwei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* geprüft. Mit den regionalen Arbeitsgemeinschaften Nord, Franken, Südwest und Regensburg, dem AGRANA Research & Innovation Center (ARIC) und der KWS wurden insgesamt 17 Feldversuche in Deutschland und Österreich durchgeführt (Tab. 1).

Bei den zwei Sorten handelte es sich um eine Standardsorte und um eine 2021 zugelassene Sorte, die sich durch sehr geringe Anfälligkeit gegenüber *C. beticola* auszeichnet. Beide Sorten wurden jeweils ohne Fungizid und mit Behandlung nach Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle (BKS) geprüft. Dabei wird mit der Fungizidapplikation begonnen, wenn 5% der Blätter Befall aufweisen. Dieser Schwellenwert gilt bis Ende Juli, vom 1. bis 15. August liegt er bei 15% befallenen Blättern, ab Mitte August liegt die BKS dann bei 45%. Für Folgeapplikationen gilt generell der Wert von 45% befallenen Blättern. In einer weiteren Variante wurde der neue Sortentyp zeitgleich mit der Standardsorte behandelt, wenn letztere die BKS erreicht hatte. In beiden Jahren wurden Fungizide mit den Wirkstoffen Epoxiconazol, Difenoconazol und Tetraconazol eingesetzt, 2020 jeweils kombiniert mit einem Kontaktfungizid mit dem Wirkstoff Mancozeb und 2021 nur in Österreich in Kombination mit einem Kontaktfungizid mit Kupferoxychlorid.



Sehr starker Befall mit *Cercospora*-Blattflecken kann einen vollständigen Blattverlust verursachen. Die Pflanze reagiert mit Neuaustrieb.

Tab. 1: Versuchsstandorte 2020 und 2021, Befallsstärke der Cercospora-Blattfleckenkrankheit zur Ernte und Anzahl Fungizidapplikationen bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit.

Versuchsansteller	Standort	Befallsstärke (%) Cercospora-Blattflecken		Fungizid- applikationen	
		Standard- sorte	Sorte mit gerin- ger Anfälligkeit	Standard- sorte	Sorte mit geringer Anfälligkeit
2020					
ARGE Nord	Hankensbüttel	90	7	3	2 ^a
ARGE Franken	Frankenwinheim	9	1	2	-
ARGE Südwest	Steinweiler ^b	44	2	2	-
ARGE Regensburg	Schambach	95	4	3	1
ARGE Regensburg	Makofen	90	2	3	1
KWS	Seligenstadt	11	0	2	-
KWS	Riedstadt-Leeheim ^b	7	0	1	-
ARIC	Trübensee (AT)	100	70	4	2
ARIC	Mailberg (AT)	95	48	3	2
2021					
ARGE Nord	Hankensbüttel	91	2	2	-
ARGE Franken	Frankenwinheim	32	1	2	-
ARGE Südwest	Steinweiler	91	10	2	-
ARGE Regensburg	Schambach	69	3	3	1
ARGE Regensburg	Makofen	100	2	3	1
KWS	Einbeck	95	6	4	2
ARIC	Zwingendorf (AT)	n. b.	n. b.	3	-
ARIC	Trübensee (AT)	n. b.	n. b.	3	1

^a Bekämpfungsschwelle durch Rübenrost ausgelöst

^b keine Ernte wegen Inhomogenität

n. b.: nicht bestimmt

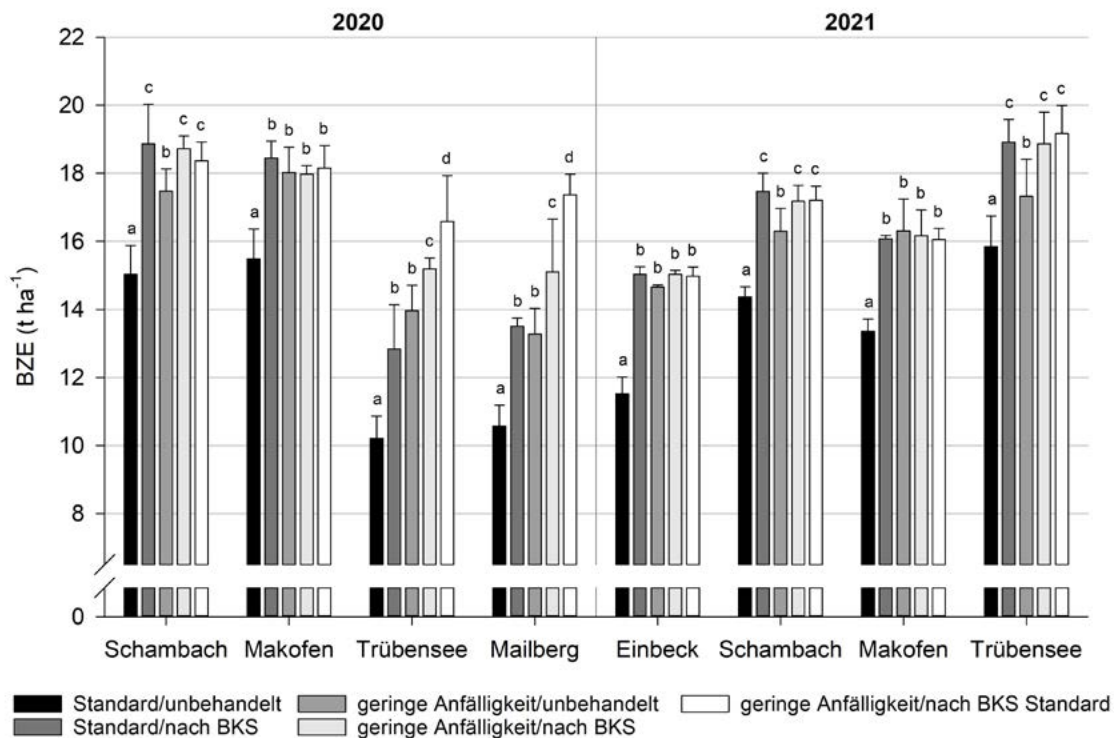


Abb. 1: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von zwei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für Cercospora beticola, jeweils ohne Fungizid, mit Fungizidapplikation bei Erreichen der Bekämpfungsschwelle (BKS) sowie bei der Sorte mit geringer Anfälligkeit zeitgleich mit der Standardsorte. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern innerhalb eines Standorts, t-Test, $p \leq 0,05$.

Die Cercospora-Blattfleckenkrankheit trat in beiden Jahren an allen Versuchsstandorten auf und die unterschiedliche Anfälligkeit der Sorten zeigte sich deutlich (Tab. 1). Die Standardsorte erreichte überall die BKS von *C. beticola* und es wurden eine bis vier Fungizidapplikationen durchgeführt. Zur Ernte lag die Befallsstärke bei bis zu 100%. Dagegen blieb der Befall bei der Sorte mit geringer Anfälligkeit in acht der 17 Versuche bis zur Ernte unterhalb der summarischen BKS. In den übrigen neun Versuchen war die Befallsentwicklung gegenüber der Standardsorte stark verzögert, so dass je nach Standort bei der resistenten Sorte eine bis drei Fungizidapplikationen weniger erforderlich war bzw. waren als bei der Standardsorte.

In den acht Versuchen, in denen der Befallsdruck der Cercospora-Blattfleckenkrankheit so stark war, dass auch die Sorte mit geringer Anfälligkeit die BKS erreichte, zeigte sich ein signifikanter Ertragseffekt der Fungizidapplikation (Abb. 1), der bei der Sorte mit geringer Anfälligkeit zwischen den Umwelten (Standort x Jahr) stärker variierte als bei der Standardsorte.

Diese Ergebnisse zeigen die Überlegenheit des neuen Sortentyps gegenüber der Standardsorte in Abhängigkeit vom Befallsdruck am Standort. Bei starkem Befallsdruck von *C. beticola* ist auch bei Sorten mit sehr geringer Anfälligkeit der Einsatz von Fungiziden sinnvoll, um den Ertrag zu sichern und die Selektion resistenzüberwindender Erreger zu vermeiden.

Ringversuch Insektizide Mittelprüfung 2020 – 2021

Die durch Blattläuse übertragenen Erreger der Virösen Vergilbung waren seit den 1990er Jahren dank neonicotinoider Saatgutbeizung bis zu ihrem Verbot 2019 weitgehend kontrolliert. Blattapplikationen von Insektiziden waren nur vereinzelt notwendig. Seit dem Wegfall der Neonicotinoide 2019 tritt die Viröse Vergilbung in Deutschland wieder verstärkt auf und die Bekämpfung von Blattläusen stellt aktuell eine große Herausforderung dar.

Entsprechend haben die Versuchsaktivitäten zu dieser Thematik in den letzten Jahren stark zugenommen. Der Arbeitskreis Pflanzenschutz des Koordinierungsausschusses hat in Zusammenarbeit mit Pflanzenschutzunternehmen einen Ringversuch zur Prüfung der Blattapplikation von Insektiziden zur Kontrolle der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) als Vektor von Vergilbungsviren konzipiert. Die ersten Versuche führten die regionalen Arbeitsgemeinschaften und das Institut für Zuckerrübenforschung bereits 2019 durch. Aufgrund der Unvorhersehbarkeit des natürlichen Blattlausauftretens und der Virusübertragung wurde das Versuchskonzept 2020 angepasst. Seitdem wird in den Versuchen mit dem in der Abteilung Phytomedizin entwickelten Verfahren der Inokulation virusbeladener Blattläuse gezielt Befall im Feld mit dem Beet Mild Yellowing Virus (BMV) ausgelöst.

Im Jahr 2020 führten die Arbeitsgemeinschaften Nord und Bonn sowie das IfZ jeweils einen Feldversuch durch. Dabei wurden im BBCH-Stadium 16 der Zuckerrübe (d. h. Mitte Mai bis Anfang Juni) auf zehn Pflanzen pro Parzelle jeweils zehn virustragende, ungeflügelte *Myzus persicae* ausgebracht, die das Virus in der gesamten Parzelle verbreiteten (Abb. 1). Diese Inokulationsdichte erwies sich jedoch als zu hoch, um zwischen den Varianten eindeutige Unterschiede in der Symptomausprägung und der Ertragsreaktion der Zuckerrübe nachzuweisen. Daher wurde die Inokulationsdichte 2021 auf drei



Abb. 1: Nach Inokulation virustragender Blattläuse auf zehn Zuckerrübenpflanzen (rot markiert) hat sich die Viröse Vergilbung in der Parzelle ausgebreitet (Sieboldshausen, September 2020).



Der Vektor der Virösen Vergilbung: Die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*).

Tab. 1: Versuchsglieder (VG) im Ringversuch Insektizide Mittelprüfung 2021.

VG	Inokulation	Insektizid	Wirkstoff	Unternehmen
1	ohne	unbehandelt		
2	BBCH 16	unbehandelt		
3	BBCH 16	Cruiser 600 FS* 45 g/U	Thiamethoxam	
4	BBCH 16	Cruiser 600 FS* 60 g/U	Thiamethoxam	
5	BBCH 16	Teppeki	Flonicamid	Belchim
6	BBCH 16	Carnadine*	Acetamiprid	Nufarm
7	BBCH 16	Mospilan SG*	Acetamiprid	FMC
8	BBCH 16	COR PM*	codiert	Corteva
9	BBCH 16	BAY PM*	codiert	Bayer
10	BBCH 16	SYD PM*	codiert	Syngenta
11	BBCH 16	Mospilan SG* nach 1 h	Acetamiprid	

*für Indikation im Versuchsjahr nicht zugelassen

Pflanzen mit je zehn virustragenden Blattläusen pro Parzelle reduziert. In diesem Jahr führten die regionalen Arbeitsgemeinschaften Nord, Bonn und Regensburg sowie das IfZ jeweils einen Feldversuch durch.

Sechs Produkte zur Sprühapplikation (Versuchsglieder 5–10), darunter drei nicht zugelassene Prüfmittel, wurden 24 Stunden nach der Blattlausinokulation eingesetzt (Tab. 1). Als Vergleich dienten zwei Varianten ohne Insektizid mit und ohne Blattlausinokulation (VG 1–2), zwei Varianten mit neonikotinoide Saatgutbeize in unterschiedlicher Konzentration (VG 3–4) und eine Variante mit Insektizidapplikation direkt nach der Blattlausinokulation (VG 11).

An allen Standorten traten drei bis vier Wochen nach der Inokulation erste Symptome Viröser Vergilbung auf, die sich bis zur Ernte in den Parzellen ausbreiteten. Den höchsten Bereinigten Zuckerertrag (BZE) erreichten im Mittel der vier Standorte die Versuchsglieder 1 ohne Inokulation (100 %) sowie 3 und 4 mit neonikotinoide Saatgutbeizung (Abb. 2). Ohne Insektizid (VG 2) lag der BZE bei 76 % der Kontrolle ohne Inokulation. Alle Varianten mit Blattapplikation von Insektiziden erreichten einen signifikant höheren BZE als die Variante mit Blattlausinokulation ohne Insektizide (VG 2), konnten den Ertragsverlust durch die Viröse Vergilbung aber nicht so wirksam verhindern wie die neonikotinoide Beizung.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit der angepassten Inokulationsdichte Unterschiede in der Wirksamkeit der Insektizide nachweisbar sind. Dabei zeigte sich eine eindeutige Befalls-Verlust-Relation, denn an allen Standorten nahm der BZE mit steigendem Anteil von Pflanzen mit Vergilbungssymptomen linear ab (Abb. 3). Die Versuchsserie wird aktuell fortgeführt.

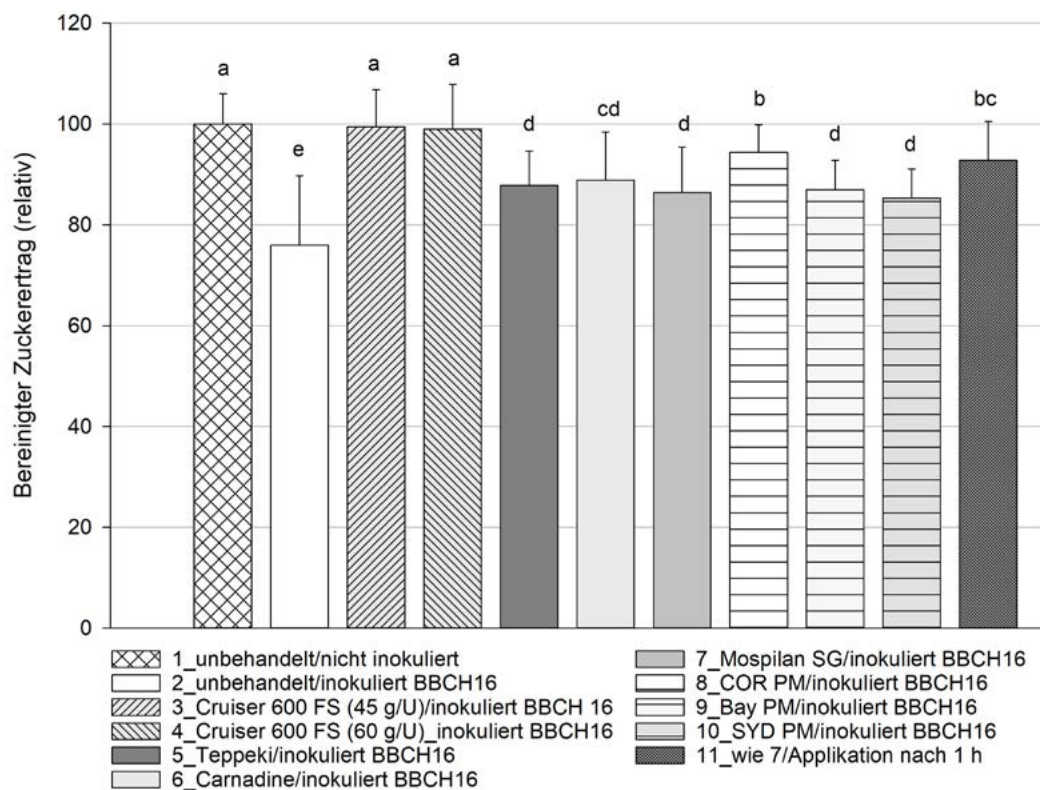


Abb. 2: Einfluss von Insektizid und Applikationszeitpunkt auf den relativen Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben nach Inokulation virusbeladener (BMV) *Myzus persicae*, vier Standorte, Deutschland 2021; 100 % = unbehandelt/ nicht inokuliert. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Versuchsgliedern, t-Test, $p \leq 0,05$.

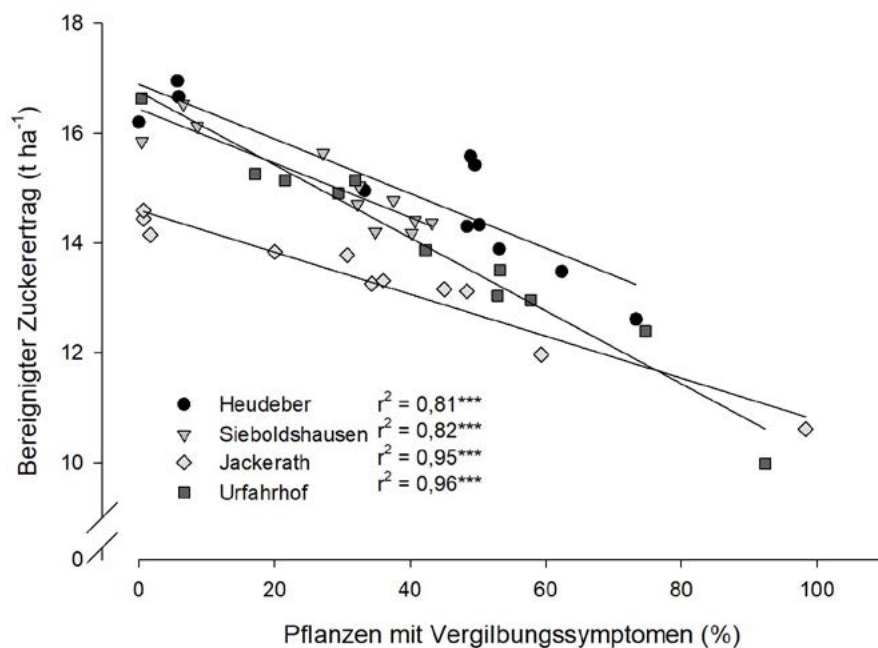


Abb. 3: Bereinigter Zuckerertrag von Zuckerrüben und Anteil von Pflanzen mit Vergilbungssymptomen im September/ Oktober nach Inokulation virusbeladener (BMV) *Myzus persicae* im BBCH-Stadium 16 der Zuckerrübe bei variiertem Insektizideinsatz, vier Standorte 2021; ***: signifikant bei $p \leq 0,001$.

Bundesweite Umfrage: Blattlausauftreten und Viröse Vergilbung in 2021

Nach dem Auslauf der Zulassung neonikotinoider Wirkstoffe am Saatgut von Zuckerrüben treten in deutschen Anbaugebieten wieder Symptome der Virösen Vergilbung auf. Die durch Blattläuse übertragbaren Viren können in sogenannten Blattlausjahren mit epidemieartigem Auftreten Ertragsverluste von über 40 % verursachen.



Abb. 1: Zuckerrübenanbauregionen der Umfrage Produktionstechnik in Deutschland.

Mithilfe umfangreicher Monitoringaktivitäten lassen sich sowohl das Blattlausauftreten erfassen als auch die Verbreitung der Virösen Vergilbung in den Rübenanbauregionen Deutschlands. Am Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen werden die bundesweit erhobenen Daten zusammengeführt.

Die Daten zum Auftreten von Blattläusen und der Virösen Vergilbung im Jahr 2021 wurden auf Basis des Einzugsgebietes der jeweiligen Zuckerfabriken abgefragt. Die gewählte Bezugsbasis erfolgte entsprechend der Notfallzulassung des Insektizids Cruiser 600 FS zur Saatgutbehandlung in Risikogebieten. Die Zusammenfassung erfolgte nach Zuckerrübenanbauregionen, wie diese bereits für andere bundesweite Darstellungen der Umfrage Produktionstechnik genutzt werden (Abb. 1). Das Monitoring von Blattläusen startete in Abhängigkeit vom Aussaatzeitpunkt und der klimatischen Entwicklung meist zwischen der 16. und der 20. Kalenderwoche. Teilweise wies das Monitoring schon direkt nach Beginn der Datenerfassung erste Blattläuse in den Gelbschalen nach. In allen Zuckerrübenanbauregionen war 2021 der Befall durch die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*) stärker ausgeprägt als durch die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) (Abb. 2).

Das Auftreten der Virösen Vergilbung wurde zu zwei Zeitpunkten (Juli und Oktober) als Expertenschätzung der Regionen in Abstimmung mit Pflanzenschutzdiensten erhoben. Bereits im Beobachtungszeitraum Juli 2021 waren in einzelnen Einzugsgebieten der Anbauregionen Nord-West, Nord-Ost und Süd Flächen mit Vergilbungsnestern zu finden. Die Symptome zeigten sich zwischen der 27. und 31. Kalenderwoche und traten ausschließlich auf Flächen ohne Saatgutbehandlung mit Cruiser 600 FS auf. Die Viröse Vergilbung nahm zwischen Juli und Oktober 2021 in den meisten Regionen deutlich zu.



Nesterweises Auftreten der Virösen Vergilbung in Zuckerrüben.

Die Auswertung der Daten der Flächen ohne Behandlung mit Cruiser 600 FS ergab, dass in der Region West ca. 50 % der Flächen einzelne Vergilbungsnester hatten, bei stärkerem Auftreten lag die Vergilbung zwischen 1 und 5 % (Abb. 3). In der Region Nord-West hatten ca. 30 % der Flächen einzelne Vergilbungsnester, auch hier zeigten teilweise bis zu 5 % der Rüben oder in wenigen Einzelfällen bis zu 15 % Symptome. In der Region Nord-Ost hatten deutlich weniger Flächen einzelne Vergilbungsnester (8 %). Die Zuckerrübenanbauregion Süd kann nicht dargestellt werden, da durch das Auftreten von Vergilbungssymptomen des Syndroms Basses Richesses (SBR) in mehreren Einzugsgebieten eine Abgrenzung zur Virösen Vergilbung nicht möglich ist. Die Viröse Vergilbung auf Flächen mit Cruiser 600 FS war im Vergleich zu Flächen ohne diese Saatbehandlung deutlich reduziert (nicht dargestellt).

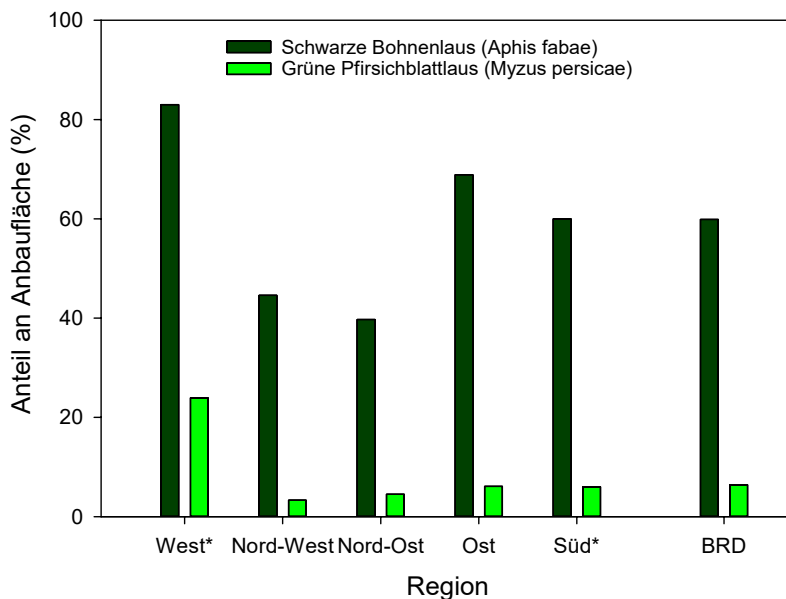


Abb. 2: Auftreten von Blattläusen in den Zuckerrübenanbauregionen Deutschlands im Jahr 2021. *Angaben beziehen sich vorrangig auf Standorte ohne Cruiser 600 FS.

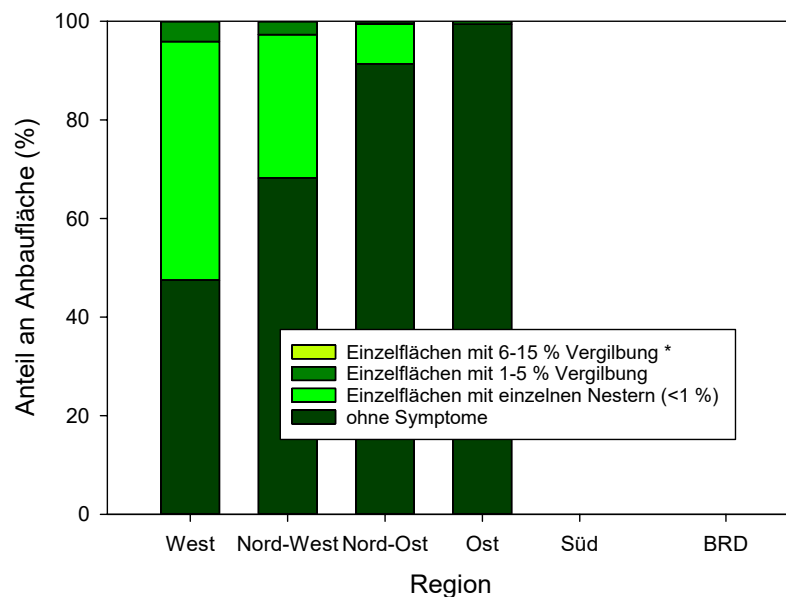
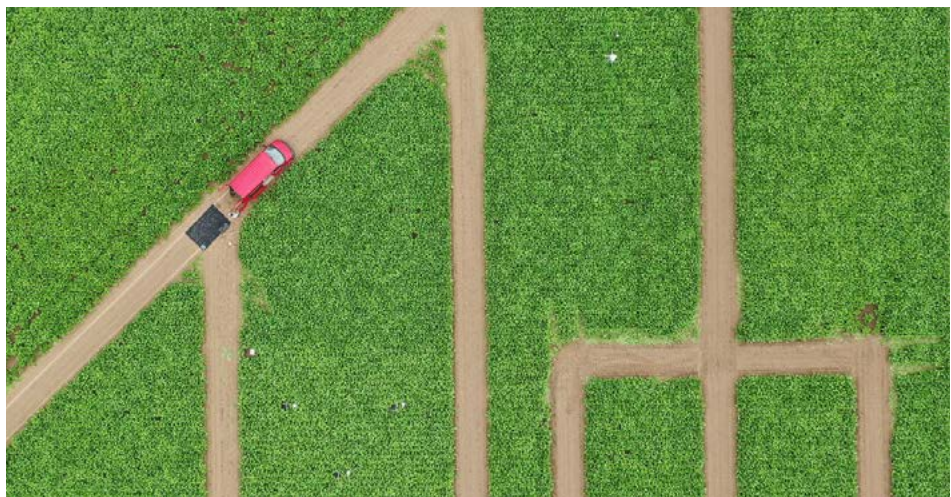


Abb. 3: Auftreten von Viröser Vergilbung in den Zuckerrübenanbauregion Deutschlands im Oktober 2021 auf Anbauflächen ohne Cruiser 600 FS. Region Süd nicht dargestellt, da durch das Auftreten von Vergilbungssymptomen des Syndroms Basses Richesses (SBR) eine Abgrenzung zur Virösen Vergilbung nicht möglich. Gesamtergebnis für BRD deswegen nicht darstellbar. *In einem Einzugsgebiet der Region Nord-West aufgetreten.

SCHLAGLICHTER AUS DEM IFZ



RTK-gestützte Bonituren und Messungen halten Einzug in die Feldversuche am IfZ

Neben der Bearbeitung von wissenschaftlichen Fragestellungen in den einzelnen Forschungsprojekten besteht in der Arbeitsgruppe Sensorik & Datenanalyse ein großes Interesse daran, Messungen und Bonituren im Feld zu optimieren und zu präzisieren.

Insbesondere beim Erheben von Werten auf Einzelpflanzenebene im Bestand ist eine genaue Lokalisierung der ermittelten Parameter erforderlich, damit z. B. eine räumliche Zuordnung zu zeitgleich durchgeführten Drohnenüberflügen möglich ist. Zu diesem Zweck wurde das „RTK1 Calibrated Surveyor Kit“ der Firma ArduSimple® angeschafft, welches im Vergleich zu anderen im Markt vertretenen Systemen als low-cost Lösung bezeichnet werden kann. Dieses Kit besteht aus einer Multiband-GNSS2-Antenne, einem Karbonstab zur Befestigung der Antenne sowie einem RTK- Modul, welches die GNSS-Positionsdaten aus der Antenne und eingehende Korrektursignale verrechnet (Abb. 1).

Erweitert wird dieses System durch ein internetfähiges Endgerät des Anwenders: Hier geht über den Mobilfunk das Korrektursignal vom Satellitenpositionierungsdienst SAPOS³ der Landesvermessungsämter ein. SAPOS-HEPS⁴ ist dafür ausgelegt, eine Genauigkeit von 1–2 cm in der Lage und 2 – 3 cm in der Höhe zu erzielen und kann, nach Anmeldung beim jeweiligen Landesvermessungsamt, in vielen Bundesländern kostenfrei bezogen werden.

Für die Weiterverarbeitung der Daten werden verschiedene kostenfreie Apps zum Download angeboten. Wichtig ist, dass diese Apps dem Mobiltelefon ermöglichen, das Korrektursignal über mobile Daten im RTCM⁵ Format durch einen sogenannten Ntrip⁶-Client zu empfangen und umzusetzen.



Abb. 1: Mitarbeiter des IfZ mit RTK-Messstabsystem (links), Mobiltelefon mit App zur Verarbeitung der Positionsdaten (rechts).

Glossar

¹**GNSS** – Global Navigation Satellite System, z. B. GPS und Galileo. System zur Positionsbestimmung und Navigation

²**RTK** – Bilddaten aus mehreren (bis zu zehn) Spektralkanälen im sichtbaren und Nahinfrarot-Bereich

³**SAPOS** – Satellitenpositionierungsdienst der dt. Landesvermessung, stellt Referenzstationen und Korrekturdaten

⁴**HEPS** – Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service, SAPOS-Dienst für Positionsgenauigkeiten von 1 bis 2 cm

⁵**RTCM** – Radio Technical Commission for Maritime Services, Datenformat zur Übertragung von Korrekturdaten

⁶**Ntrip** – Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, Protokoll bzw. Klient für den Empfang von RTCM-Daten über das Internet

⁷**GIS-Software** – Geoinformationssystem, z.B. QGIS und ArcGIS, Systeme zur Erfassung und Bearbeitung räumlicher Daten

⁸**SW Maps & QField** – kostenfreie Android-GIS-Apps zur Verarbeitung ortsbezogener Daten

Nach Einarbeitung in die Funktionalität des RTK-Messstabs wurden mit dem Amt für regionale Landesentwicklung Braunschweig, Geschäftsstelle Göttingen, Vergleichsmessungen zur Evaluierung der Güte der erhobenen Messwerte durchgeführt.

Um die Leistungsfähigkeit des ArduSimple® RTK-Systems zu ermitteln, wurde dieses mit dem – für den professionellen Einsatz entwickelten – Gerät R10 von Trimble® des Amts für regionale Landesentwicklung verglichen. Zu diesem Zweck wurde ein vorher definierter Punkt mit beiden Systemen eingemessen. Dabei wurden für das ArduSimple® zwei Messvarianten geprüft: Die einfache Messung des Punkts aus einem eingehenden Signal sowie die Messung als Mittelwert aus jeweils zehn eingehenden Signalen. Die ermittelten Lagekoordinaten wurden anschließend in einer GIS⁷-Software ausgewertet (Abb. 2). Die Messwerte des Trimble R10 wurden dabei als Referenz definiert. Beide Geräte verwendeten dabei das SAPOS-Korrektursignal, so dass mögliche Unterschiede in den Messungen nur durch die jeweilige Hard- und Software erklärbar sind.

Die ermittelten Abstände zwischen den Messpunkten der beiden Geräte zeigten, dass das ArduSimple®-System eine hohe Güte bei der Messung von Positionsdaten aufweist. Insbesondere durch die Mittelwertbildung kann die Qualität der erhobenen geographischen Daten weiter gesteigert und die Abweichung gegenüber der Referenz auf ca. 1,4 mm – 3,6 mm reduziert werden. Auch bei Einzelmessungen lagen die Abweichungen jeweils unter 1 cm, was grundsätzlich als sehr gering einzustufen ist.

Mit dem ArduSimple®-System können in Verbindung mit kostenfreien Apps wie bspw. SW Maps⁸ oder QField⁸ georeferenzierte Daten mit RTK-Genauigkeit, d.h. mit einer maximalen Abweichung von 1 – 2 cm zur tatsächlichen Position, in Form von Punkten, Linien, Polygonen oder Fotos erstellt werden. Während der Datenaufnahme im Feld werden den geographischen Positionen unmittelbar Bonitur- oder Messwerte zugeordnet und diese anschließend zur Weiterverarbeitung in eine GIS-Software exportiert. Bereits vorhandene Flächen oder Punkte können in die App geladen werden und so gezielt im Feld für wiederholte Messungen aufgesucht werden.

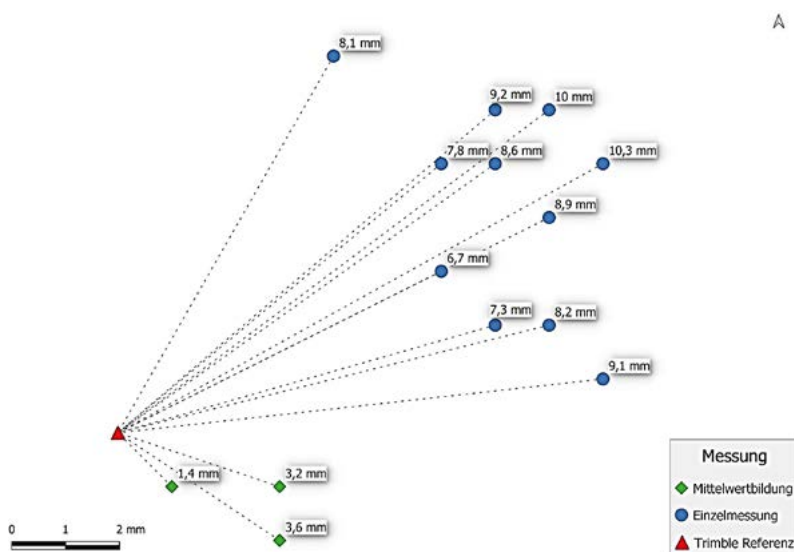


Abb. 2: Referenzwert des Trimble® Systems (rotes Dreieck), Messpunkte der ArduSimple®-Einzelmessungen (blauer Kreis) und gemittelten Messungen (grüne Raute). Werte zeigen Abstände der Messpunkte zum Referenzwert an.

Ein wichtiger Einsatzbereich des ArduSimple®-Systems am IfZ ist die Durchführung von Einzelpflanzenbonituren im Bestand mit RTK-Genauigkeit. Der RTK-Messtab wurde für diesen Zweck so modifiziert, dass die GNSS-Antenne sich auf einem Dreibeinstativ befindet und mithilfe eines Senkbleis lotrecht über der zu bonitierenden Pflanze aufgestellt werden kann. Während eine Person bonitiert, werden die erhobenen Werte und die geographische Position mit einem Android Tablet aufgenommen (Abb. 3).

Interessant ist diese Form der digitalen Bonitur zudem für den Abgleich von Daten aus Drohnenüberflügen. Die daraus erstellten Orthomosaikbilder werden über Bodenkontrollpunkte mit bekannten Koordinaten georeferenziert und somit können den Luftbildern die Bonituren aus dem Feld räumlich exakt zugeordnet werden (Abb. 4).



Abb. 3: IfZ-Mitarbeiter bonitieren Blattkrankheiten auf einem Zuckerrübenfeld. Die Daten werden direkt georeferenziert auf einem Tablet gespeichert.

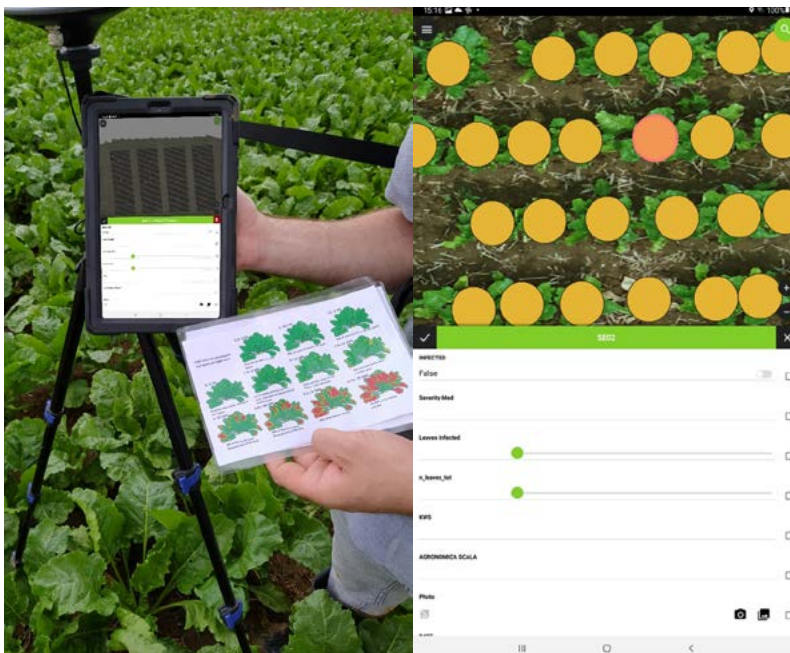


Abb. 4: links: Bonitur Cercospora-Blattfleckenkrankheit-Befall im Feld mit der App QField. rechts: Im Orthomosaik markierte Einzelpflanzen dargestellt in der App QField. Bonituren erfolgen so für jede Einzelpflanze des Bestands.

Neue Klimakammer und Applikationskabine am IfZ

Mit der Erweiterung der Infrastruktur am IfZ wurde im Jahr 2020 den veränderten Rahmenbedingungen der Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln und insbesondere Insektiziden für den Zuckerrübenanbau in Deutschland Rechnung getragen.

Die Abteilung Phytomedizin verfügt über ein umfangreiches Methodenspektrum und eine Vielzahl von Biotests mit Inokulation von Schaderregern wie Vergilbungsviren, Blattkrankheitserreger, Umfallkrankheiten und Wurzelfäulen.

Diese Verfahren stellen die Grundvoraussetzung für die Prüfung der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln dar. Dafür werden neben Klimakammern mit kontrollierten Umweltbedingungen insbesondere Applikationskabinen benötigt, die definierte Wirkstoffmengen mit uniformer Verteilung unter Einhaltung von Regeln des Anwender- und Umweltschutzes ausbringen können. Aufwandmengen und Applikationstechniken unter Feldbedingungen können so simuliert werden. Das IfZ hat nun erfolgreich ein derartiges System in Betrieb genommen (Abb. 1).

Zudem ermöglicht eine weitere Klimakammer der Vielzahl an Versuchen unter kontrollierten Umweltbedingungen gerecht zu werden (Abb. 2). Hier werden nun beispielsweise Insektizidversuche zur Kontrolle des Vektors von Vergilbungsviren, der Grünen Pfirsichblattlaus, oder des Zikadenvektors des Syndrome Basses Richesses, der Schilf-Grasflügelzikade, durchgeführt.



Abb. 1: Kabine zur Applikation von Pflanzenschutzmitteln.



Abb. 2: Die Klimakammer stellt kontrollierte Umweltbedingungen für Pflanzenschutzmittelversuche sicher.

Öffentlichkeitsarbeit

Zu den wesentlichen Aufgaben des IfZ gehört der Transfer der am Institut erarbeiteten Ergebnisse für unterschiedliche Adressaten. Über vielfältige Formate werden Forschungsthemen, Projektergebnisse und Aktivitäten zielgruppenspezifisch kommuniziert.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler publizieren die Ergebnisse aus Forschungsprojekten in wissenschaftlichen Zeitschriften und stellen sie auf Fachtagungen und Kongressen vor. Für die landwirtschaftliche Praxis und die Beratung werden zusätzlich Artikel in Praxiszeitschriften verfasst, in verschiedenen Arbeitskreisen wird zu relevanten Ergebnissen zeitnah berichtet und das IfZ beteiligt sich themenbezogen oder projektspezifisch an Feldtagen. Darüber hinaus informieren wir die breite Öffentlichkeit über Entwicklungen im Zuckerrübenanbau, über Forschungsinhalte und die Arbeit des IfZ.

Die genutzten Formate wurden im Berichtszeitraum vielseitiger und umfassten Videodrehs für Internet-Plattformen (www.farmerspace.uni-goettingen.de), kurze Filmbeiträge im Regionalfernsehen (NDR Hallo Niedersachsen, Abb. 1), Audio-Formate (Podcast Krautnah, Radio Bayern 2, NDR Info), Pressemitteilungen sowie Beiträge für verschiedene Printformate, welche über die Fachjournale und beratungsbezogenen Zeitschriften hinausgehen. Zudem stellen wir Informationen über www.ifz-goettingen.de und den Jahresbericht bereit. Berichtet wurde über die Ausgestaltung von Anbaumaßnahmen, über digitale Techniken zur Erfassung von Krankheiten im Feld, über Bodenuntersuchungen im Zusammenhang mit Wurzelwachstum und der Freisetzung klimarelevanter Gase, über neue Möglichkeiten zur Kontrolle von Krankheiten wie der Virösen Vergilbung und Schädlingen, aber auch über historische Aspekte von Rübenanbau und -verarbeitung.

Das IfZ beteiligte sich bei der Fotoportrait-Serie #MeetTheBeet der WVZ. Unter www.zuckerverbaende.de/wir-sind-zucker und auf Facebook, Instagram und Twitter werden Personen „hinter der Zuckerrübe“ portraitiert und die Vielfalt der Beteiligten in der Zuckerwirtschaft dargestellt. Dr. Roxana Hossain (Abb. 2) forscht seit 4 Jahren am IfZ zu Vergilbungsviren: „Vergilbungsviren schaden der Zuckerrübe. Deshalb arbeiten wir an Ansätzen zur Entwicklung resistenter Sorten.“



Abb. 1: Dreharbeiten mit dem NDR.



Abb. 2: Dr. Roxana Hossain (Quelle: WVZ).



Die Regie am IfZ während der Zuckerrüben Tagung...



und Frau Prof. Mahlein bei der Moderation.

Erstmals fand die zweijährliche Göttinger Zuckerrüben Tagung 2021 mit Themen rund um die Zuckerrübenforschung in digitaler Form am 1. und 2. September statt. Insgesamt 19 Referentinnen und Referenten präsentierten während der Tagung in 18 Vorträgen Schlaglichter aus mehrjährigen Forschungsprojekten in den Themenbereichen Anbaugestaltung, Krankheiten, Schädlinge und Pflanzenschutz, Sorte sowie Unkrautkontrolle. Über 300 Personen aus Wissenschaft und Entwicklung, von Rübenanbauverbänden und Zuckerunternehmen, aus der Politik, von Unternehmen der vorgelagerten Branchen und aus dem öffentlichen Dienst nahmen teil und trotz des digitalen Formats entwickelten sich lebhaftere Diskussionen.

Ausgezeichnet

Das Projekt „Festigkeit von Zuckerrüben“, das sich mit einer höheren Effizienz bei Lagerung und Verarbeitung von Zuckerrüben beschäftigt, ist zum FEI-Projekt (Forschungskreis der Ernährungsindustrie) des Monats September 2020 gewählt worden. Unser Doktorand Gunnar Kleuker hat sich zum Ziel gesetzt, einen Parameter zu identifizieren, mit dem die Festigkeit des Rübenkörpers abgeschätzt werden kann.

Im Januar 2020 erhielt René Pfitzer den Förderpreis der süddeutschen Zuckerwirtschaft für seine Masterarbeit mit dem Titel „Untersuchung zur Verbreitung und Kontrolle von SBR in Zuckerrüben“. Die Masterarbeit an der Universität Hohenheim wurde von Prof. Mark Varrelmann, IfZ, als Zweitgutachter mitbetreut. Seit April 2019 ist René Pfitzer als Doktorand am IfZ tätig und forscht hier weiter zu SBR an Zuckerrüben.

Der Ausschuss für Forschung und Prüfung von Preisarbeiten des Vereins Deutscher Zuckertechniker (VDZ) hat 2020 und 2021 wieder mehrere Autorinnen und Autoren aus dem IfZ für ihre Publikationen in der Zeitschrift SugarIndustry ausgezeichnet. Preisträgerinnen und Preisträger sind: Gunnar Kleuker, Stefan Paulus, Henning Ebmeyer, Nelia Nause, Daniel Laufer, Christine Kenter sowie René Pfitzer.

Abel Barreto erhielt im März 2021 den Förderpreis Agrarinformatik für seine Masterarbeit „Detection and quantification of *Rhizoctonia solani* in sugar beet from leaves and roots hyperspectral images on single plant scale“. Ziel der Arbeit war es, mit hyperspektralen Methoden die Rübenfäule *Rhizoctonia solani* an Zuckerrübenpflanzen nachzuweisen, bevor die Krankheit mit geschultem Auge erkennbar ist. Abel Barreto beschäftigt sich als Doktorand auch während seines aktuellen Projekts im IfZ mit der Erkennung von Krankheiten an Zuckerrüben. Der Förderpreis Agrarinformatik wird von der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V. (GIL) verliehen. Die GIL zeichnet Arbeiten aus, die darlegen, wie Innovationen aus den Bereichen Informatik, Simulation oder Modellierung in der Landwirtschaft richtungsweisend mit praktischem Nutzen eingesetzt werden können.



Abel Barreto bei der Übergabe des GIL-Förderpreises Agrarinformatik 2021.

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. In der Pandemiesituation setzten die Dozierenden schnell und erfolgreich digitale Formate ein, so dass die Lehre auf gewohnt hohem Niveau gewährleistet blieb. Neben digitalen Vorlesungen nutzen die Dozierenden Tutorials, YouTube-Videos und E-Klausuren. Praktische Übungen und Exkursionen mit den Studierenden waren in den vergangenen zwei Jahren jedoch nicht möglich.

Angepasste Konzepte für Bachelor- und Masterarbeiten ermöglichten es vielen Studierenden, trotz temporärer Lockdowns, Kontakteinschränkungen etc. ihre Qualifizierung am IfZ zu erreichen: Im Berichtsraum erlangten sieben Bachelor- und neun Masterstudierende sowie zwei Promovierende erfolgreich ihren Abschluss.

Das Modul „Agribusiness Sugar Beet“ fand 2021 erstmals als Kompromiss in digitaler Form statt und stieß auf große Resonanz – auch wenn das persönliche Zusammenkommen am Standort Göttingen, die Fachexkursionen und der direkte Austausch der Dozentinnen und Dozenten mit den Teilnehmenden nicht durch ein Lehrangebot via Videokonferenz ersetzt werden kann.

Das Modul „Digitale Technologien in der Pflanzenproduktion“ bietet das IfZ seit 2018 gemeinsam mit der Abteilung Agrartechnik der Universität Göttingen für Studierende im Masterstudium an. Inhaltsschwerpunkte sind digitale Technologien, wie die Nutzung optischer Sensoren zur Beobachtung der Bestandesentwicklung und die Nutzung von maschinellen Lernmethoden zur automatisierten Detektion von Pflanzenstress. Diese interdisziplinäre Vorlesung vermittelt ein breites Wissen zur Kombination aktueller Methoden aus der Fernerkundung und digitaler Technik für die Belange der praktischen Landwirtschaft. Aktuelle Ergebnisse aus dem BMEL-geförderten Projekt FarmerSpace – dem landwirtschaftlichen Experimentierfeld für den digitalen Pflanzenschutz – fließen in das Modul ein.

Veröffentlichungen

Wissenschaftliche Publikationen (mit Peer-Review-Verfahren)

2020

- Barreto, A., Paulus, S., Varrelmann, M., and Mahlein, A.-K. 2020. Hyperspectral imaging of symptoms induced by *Rhizoctonia solani* in sugar beet: comparison of input data and different machine learning algorithms. *J. Plant Dis. Protect.* 127:441-451. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00344-8>.
- Bock, C. H., Barbedo, J. G. A., Del Ponte, E. M., Bohnenkamp, D., and Mahlein, A.-K. 2020. From visual estimates to fully automated sensor-based measurements of plant disease severity: status and challenges for improving accuracy. *Phytopathol. Res.* 2(9):1-36. <https://doi.org/10.1186/s42483-020-00049-8>.
- Gil, J. F., Wibberg, D., Eini, O., Savenkov, E. I., Varrelmann, M., and Liebe, S. 2020. Comparative Transcriptome Analysis Provides Molecular Insights into the Interaction of Beet necrotic yellow vein virus and Beet soil-borne mosaic virus with Their Host Sugar Beet. *Viruses* 12(1):76, 1-21. <https://doi.org/10.3390/v12010076>.
- Heeren, B., Paulus, S., Goldbach, H. E., Kuhlmann, H., Mahlein, A.-K., Rumpf, M., and Wirth, B. 2020. Statistical shape analysis of tap roots: a methodological case study on laser scanned sugar beets. *BMC Bioinformatics* 21(335):1-11. <https://doi.org/10.1186/s12859-020-03654-8>.
- Hossain, R., Menzel, W., Lachmann, C., and Varrelmann, M. 2020. New insights into virus yellows distribution in Europe and effects of beet yellows virus, beet mild yellowing virus, and beet chlorosis virus on sugar beet yield following field inoculation. *Plant Pathol.* 70(3):584-593. <https://doi.org/10.1111/ppa.13306>.
- Liebe, S., Wibberg, D., Maiss, E., and Varrelmann, M. 2020. Application of a reverse genetic system for Beet necrotic yellow vein virus to study Rz1 resistance response in sugar beet. *Front. Plant Sci.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01703>.
- Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2020. Technical workflows for hyperspectral plant image assessment and processing on the greenhouse and laboratory scale. *GigaScience* 9(8). <https://doi.org/10.1093/gigascience/giaa090>.
- Savian, F., Martini, M., Ermacora, P., Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2020. Prediction of the Kiwifruit Decline Syndrome in Diseased Orchards by Remote Sensing. *Remote Sens.* 12(14):2194. <https://doi.org/10.3390/rs12142194>.
- Schäfer, J., Hale, J., Hoffmann, C. M., and Bunzel, M. 2020. Mechanical properties and compositional characteristics of beet (*Beta vulgaris* L.) varieties and their response to nitrogen application. *Eur. Food Res. Technol.* 19. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03562-4>.
- Schramowski, P., Stammer, W., Teso, S., Brugger, A., Herbert, F., Shao, X., Luigs, H.-G., Mahlein, A.-K., and Kersting, K. 2020. Making deep neural networks right for the right scientific reasons by interacting with their explanations. *Nat. Mach. Intell.* 2:476-486. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0212-3>.
- Schramowski, P., Stammer, W., Teso, S., Brugger, A., Luigs, H.-G., Mahlein, A.-K., and Kersting, K. 2020. Right for the Wrong Scientific Reasons: Revising Deep Networks by Interacting with their Explanations. *Computer Science > Machine Learning* arxiv:2001.05371v1:1-22.

2021

- Alisaac, E., Rathgeb, A., Karlovsky, P., and Mahlein, A.-K. 2021. Fusarium Head Blight: Effect of Infection Timing on Spread of *Fusarium graminearum* and Spatial Distribution of Deoxynivalenol within Wheat Spikes. *Microorganisms* 9(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010079>.
- Barreto, A., Lottes, P., Ispizua Yamati, F. R., Baumgarten, S., Wolf, N. A., Stachniss, C., Mahlein, A.-K., and Paulus, S. 2021. Automatic UAV-based counting of seedlings in sugar-beet field and extension to maize and strawberry. *Comp. Electron. Agr.* 191:106493. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106493>.
- Bock, C. H., Pethybridge, S. J., Barbedo, J. G. A., Esker, P. D., Mahlein, A.-K., and Del Ponte, E. M. 2021. A phytopathometry glossary for the twenty-first century: towards consistency and precision in intra- and interdisciplinary dialogues. *Trop. Plant Pathol.* <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00454-0>.
- Bohnenkamp, D., Behmann, J., Paulus, S., Steiner, U., and Mahlein, A.-K. 2021. A hyperspectral library of foliar diseases of wheat. *Phytopathology* 111(9):1583-1593. <https://doi.org/10.1094/PHTO-09-19-0335-R>.
- Brugger, A., Schramowski, P., Paulus, S., Steiner, U., Kersting, K., and Mahlein, A.-K. 2021. Spectral signatures in the UV-range can be combined with secondary plant metabolites by deep learning to characterise barley – powdery mildew interaction. *Plant Pathol.* 70:1572-1582. <https://doi.org/10.1111/ppa.13411>.
- Ebmeyer, H., Fiedler-Wiechers, K., and Hoffmann, C. M. 2021. Drought tolerance of sugar beet – Evaluation of genotypic differences in yield potential and yield stability under varying environmental conditions. *Eur. J. Agron.* 125. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126262>.
- Ebmeyer, H., and Hoffmann, C. M. 2021. Efficiency of nitrogen uptake and utilization in sugar beet genotypes. *Field Crop. Res.* 274(1):108334. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108334>.

- Görlich, F., Marks, E., Mahlein, A.-K., König, K., Lottes, P., and Stachniss, C. 2021. UAV-based classification of *Cercospora* leaf spot using RGB images. *Drones* 5(2):34. <https://doi.org/10.3390/drones5020034>.
- Grunwald, D., Götze, P., and Koch, H.-J. 2021. Soil organic carbon stocks in sugar beet rotations differing in residue management and associated rotational crop species. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 184(5):556-561. <https://doi.org/10.1002/jpln.202100122>.
- Hamer, U., Meyer, M. U. T., Meyer, U.-N., Radermacher, A., Götze, P., Koch, H.-J., Scherber, C. 2021. Soil microbial biomass and enzyme kinetics for the assessment of temporal diversification in agroecosystems. *Basic Appl. Ecol.* 53, 143-153. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.03.014>
- Imbusch, F., Liebe, S., Erven, T., and Varrelmann, M. 2021. Dynamics of *Cercospora* leaf spot disease determined by aerial spore dispersal in artificially inoculated sugar beet fields. *Plant Pathol.* 70:853-861. <https://doi.org/10.1111/ppa.13337>.
- Kleuker, G., and Hoffmann, C. M. 2021. Tissue strength of sugar beet root genotypic variation and environmental impact. *Crop Sci.* 61(4):2478-2488. <https://doi.org/10.1002/csc2.20523>.
- Müllender, M.M., Mahlein, A.-K., Stammler, G., and Varrelmann, M. 2021. Evidence for the association of target-site resistance in *cyp51* with reduced DMI sensitivity in European *Cercospora beticola* field isolates. *Pest Manag. Sci.* 77(4):1765-1774. <https://doi.org/10.1002/ps.6197>.
- Müllender, M.M., Varrelmann, M., Savenkov, E. I., and Liebe, S. 2021. Manipulation of auxin signalling by plant viruses. *Mol. Plant Pathol.* 22(11):1449-1458. <https://doi.org/10.1111/mpp.13122>.
- Nause, N., Strassemeyer, J., Mahlein, A.-K., and Stockfisch, N. 2021. Pesticide use in sugar beet cultivation in Germany and assessment of the associated environmental risks using the risk indicator SYNOPSIS-GIS. *Pest Manag. Sci.* 77(10):4614-4626. <https://doi.org/10.1002/ps.6501>.
- Schunck, D., Magistri, F., Rosu, R. A., Cornelißen, A., Chebrolu, N., Paulus, S., Léon, J., Behnke, S., Stachniss, C., Kuhlmann, H., and Klingbeil, L. 2021. Pheno4D: A spatio-temporal dataset of maize and tomato plant point clouds for phenotyping and advanced plant analysis. *PLOS ONE* 16(8):e0256340. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256340>.
- Storelli, A., Keiser, A., Kiewnick, S., Daub, M., Mahlein, A.-K., Beyer, W., and Schumann, M. 2021. Development of a new in vivo protocol through soil inoculation to investigate sugar beet resistance towards *Ditylenchus dipsaci* penetration. *Nematol.* 23(6): 685-694. <https://doi.org/10.1163/15685411-bja10069>.
- Storelli, A., Kiewnick, S., Daub, M., Mahlein, A.-K., Schumann, M., Beyer, W., and Keiser, A. 2021. Virulence and pathogenicity of four *Ditylenchus dipsaci* populations on sugar beet. *Eur. J. Plant Pathol.* 53(2):254. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02304-w>.
- Storelli, A., Minder, A., Keiser, A., Kiewnick, S., Daub, M., Mahlein, A.-K., Schumann, M., and Beyer, W. 2021. Screening of sugar beet pre-breeding populations and breeding lines for resistance to *Ditylenchus dipsaci* penetration and reproduction. *J. Plant Dis. Protect.* 128:1303-1311. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00483-6>.
- Thompson, H., Vaughan, S., Mahlein, A.-K., Ladewig, E., and Kenter, C. 2021. Is there a risk to honeybees from use of thiamethoxam as a sugar beet seed treatment? *Integr. Environ. Assess. Manag.* <https://doi.org/10.1002/ieam.4498>.
- Wetzel, V., Willems, G., Darracq, A., Galein, Y., Liebe, S., and Varrelmann, M. 2021. The *Beta vulgaris*-derived resistance gene *Rz2* confers broad-spectrum resistance against soilborne sugar beet-infecting viruses from different families by recognizing triple gene block protein 1. *Mol. Plant Pathol.* 22:829-842. <https://doi.org/10.1111/mpp.13066>.

Weitere Publikationen (wissenschaftliche Zeitschriften ohne Peer-Review-Verfahren, Tagungsbände)

2020

- Alisaac, E., Behmann, J., Dehne, H.-W., and Mahlein, A.-K. 2020. Identification and Discrimination of *Fusarium* Infection at Spikelets of Wheat: Suitability of Different Sensors. *Modern Fungicides and Antifungal Compounds, Proceedings of the 19th International Reinhardtsbrunn Symposium.* H. Deising, B. Fraaije, A. Mehl, E.-C. Oerke, H. Sierotzki, and G. Stammler, eds., Braunschweig, Friedrichroda, Germany, 07.-11.04.2019. *DPG Spectrum Phytomedizin IX*:211-213.
- Bohnenkamp, D., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2020. Geometrische und spektrale Erfassung von Bestandeseigenschaften zur Phänotypisierung von Zuckerrüben und Weizen. *Sugar Ind.* 145(1):53-58. <https://doi.org/10.36961/si23944>.
- Boyer, F., Antoons, K., Wauters, A., Stevens, M., Hansen, A. L., Raaijmakers, E., and Varrelmann, M. 2020. Overview of aphid and virus yellows monitoring on sugar beet in Western Europe. *International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers* 77:18.
- Ebmeyer, H., and Hoffmann, C. M. 2020. Early drought stress: Effects on yield formation and quality of sugar beet. *Sugar Ind.* 145(2):104-113.

- Hansen, A. L., Raaijmakers, E., Antoons, K., Wauters, A., Kempl, F., Stevens, M., Boyer, F., and Varrelmann, M. 2020. Effect of insecticides and strategies of insecticide applications on the control of *Atomaria linearis* and other soil borne pests. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:17.
- Heckmann, A. und Paulus, S. 2020. Fusion von Bilddaten und IoT-Funksensordaten im pflanzenbaulichen Feldversuchswesen. In: Gandorfer, M., Meyer-Aurich, A., Bernhardt, H., Maidl, F. X., Fröhlich, G. und Floto, H. (eds.) Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier, 40. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier, Freising, 17.-18.02.2020, Gesellschaft für Informatik, Bonn ISBN 978-3-88579-693-0, ISSN 1617-5468. Lecture Notes in Informatics (LNI) P-299:103-108.
- Imbusch, F., Erven, T., and Varrelmann, M. 2020. Relation between *Cercospora beticola* spore flight and leaf spot development after fungicide application according to disease thresholds and/or spore flight. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:26.
- Kenter, C. und Ladewig, E. 2020. Lagerfähigkeit als Sorteneigenschaft von Zuckerrüben? Ergebnisse 2016-2018. Sugar Ind. 145(8):495-501. <https://doi.org/10.36961/si24680>.
- Kenter, C., Götz, P., and Ladewig, E. 2020. Methodological studies on the precision of variety trials with sugar beet – effect of sample size and head rows. Sugar Ind. 145(9):554-561. <https://doi.org/10.36961/si24856>.
- Kleuker, G., and Hoffmann, C. M. 2020. Influence of tissue strength on root damage and storage losses of sugar beet. Sugar Ind. 145(7):435-443. <https://doi.org/10.36961/si24556>.
- Kleuker, G., Ekelöf, J., Leijdekkers, M., Vancutsem, F., and Varrelmann, M. 2020. Impact factors on the tissue strength, damage susceptibility and storability of sugar beets. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:29.
- Koch, H.-J. 2020. Sugar beet yield response to increasing row distance. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:15.
- Kuska, M. T., Tiedemann, S. von, and Mahlein, A.-K. 2020. How table sugar is produced from sugar beets. Front. Young Minds 8:108. <https://doi.org/10.3389/frym.2020.00108>.
- Laufer, D. und Ladewig, E. 2020. Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben ohne die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham: 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 03.-05.03.2020. Julius-Kühn-Archiv 464:142-148.
- Laufer, D., Kenter, C., and Ladewig, E. 2020. Effect of fungicide strategy and variety on *Cercospora* leaf spot epidemics in sugar beet. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:25.
- Laufer, D., Kenter, C. und Ladewig, E. 2020. Einfluss von Fungizidstrategie und Sorte auf die Entwicklung der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit in Zuckerrüben. Sugar Ind. 145(3):172-182. <https://doi.org/10.36961/si24158>.
- Mahlein, A.-K. 2020. Summary of the IIRB seminar 'Sensors and digital technologies in sugar beet production'. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:8.
- Nauen, R., Manderyck, B., Raaijmakers, E., Varrelmann, M., and Hansen, A. L. 2020. A broad monitoring of *Myzus persicae* resistance status in Belgium, Netherlands, Denmark and Germany urgently calls for the implementation of resistance management strategies. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:21.
- Nause, N., Meier, T., and Hoffmann, C. M. 2020. Tissue composition and arrangement in sugar beet genotypes of different tissue strength with regard to damage and pathogen infestation. Sugar Ind. 145(2):114-123. <https://doi.org/10.36961/si24063>.
- Pfitzer, R., Schrameyer, K., Voegele, R. T., Maier, J., Lang, C. und Varrelmann, M. 2020. Ursachen und Auswirkungen des Auftretens von „Syndrome des basses richesses“ in deutschen Zuckerrübenanbaugebieten. Sugar Ind. 145(4):234-244. <https://doi.org/10.36961/si24263>.
- Raaijmakers, E., Antoons, K., Wauters, A., Stevens, M., Hansen, A. L., Boyer, F., and Varrelmann, M. 2020. Effect of new insecticides and strategies of insecticide applications on the control of aphids and virus yellows. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:20.
- Wauters, A., Antoons, K., Stevens, M., Raaijmakers, E., Hansen, A. L., Boyer, F., and Varrelmann, M. 2020. Testing for tolerance and resistance against yellowing viruses in sugar beet varieties. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:19.
- Wilczek, U., Kulig, B., Koch, H.-J., Kälberloh, R., and Hensel, O. 2020. Sensor system development for low-damage sugar beet harvesting – state and perspectives. Sugar Ind. 145(5):299-306. <https://doi.org/10.36961/si24377>.

2021

- Barreto, A., Ispizua Yamati, F. R., Günder, M. und Mahlein, A.-K. 2021. Sensing the occurrence and dynamics of *Cercospora* leaf spot using UAV-based multispectral image data: Erfassung des Auftretens und der Dynamik von *Cercospora*-Blattflecken mittels Drohnen-gestützter multispektraler Bilddaten. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):27-28.
- Barreto, A., Ispizua Yamati, F. R., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2021. Multispektrale Drohnenfernerkundung zur Bonitur der *Cercospora* Blattfleckenkrankheit in Sortenversuchen – Ableitung von Befallshäufigkeit und Befallsstärke. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:420.
- Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R., Paulus, S., Varrelmann, M., and Mahlein, A.-K. 2021. Automatic field scoring of *Cercospora* leaf spot using multispectral UAV image on time-series. 56. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Mykologie und 40. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen 2021: Zusammenfassungen der Arbeitskreisbeiträge. M. Hahn, and A.-K. Mahlein, eds., online, 18.-19.03.2021 DPG Spectrum Phytomedizin, p. 14-15.
- Ebmeyer, H. und Hoffmann, C. M. 2021. Trockenstress: Auswirkungen auf Wachstum, Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von Zuckerrübensorten. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):9-10.
- Eini, O., Schumann, M., Niessen, M., and Varrelmann, M. 2021. Generation of targeted mutagenesis in sugar beet using geminiviral replicons for delivering CRISPR/Cas systems. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. J. Sugar Beet Res. 58 (1&2):80-81.
- Eini, O., Schumann, N., Niessen, M., and Varrelmann, M. 2021. Targeted mutagenesis in plants using Beet curly top virus for efficient delivery of CRISPR/Cas components. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p.17.
- Eini, O., Schumann, N., Niessen, M., and Varrelmann, M. 2021. Challenges and potential applications of genome editing in sugar beet. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):31-32.
- Fishkis, O., and Koch, H.-J. 2021. Evaluation of potential environmental and economic risks of mechanical weed control in sugar beet. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. J. Sugar Beet Res. 58 (1&2):60-61.
- Fishkis, O. und Koch, H.-J. 2021. Umweltwirkungen mechanischer, chemischer und mechanisch-chemischer Unkrautregulierung in Zuckerrüben. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:44-45.
- Fishkis, O. und Koch, H.-J. 2021. Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben – Umweltwirkungen: Bodenerosion, Regenwürmer, CO₂-Emissionen. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):33-34.
- Fishkis, O. und Koch, H.-J. 2021. Auswirkung der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag, Regenwürmer und Ertrag. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:362-363.
- Grunwald, D., Götze, P. und Koch, H.-J. 2021. Bodenkohlenstoffvorräte in verschiedenen Zuckerrübenfruchtfolgen und bei variiertem Rübenblattmenge. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:34-35.
- Räbiger, T., Essich, L., Holzhauser, K., Merl, S., Nasser, V., Pahlmann, I., Schaper, I., Schlathölter, M., Stracke, A. und Kage, H. 2021. Klimaschutz durch Zwischenfruchtanbau? Ergebnisse eines 3-jährigen Verbundprojektes. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:90-91.
- Hossain, R. und Varrelmann, M. 2021. Viröse Vergilbung in Zuckerrübe - Wege zur Virusresistenz. Sugar Ind. 146(12):696-701. <https://doi.org/10.36961/si28160>.
- Hossain, R. und Varrelmann, M. 2021. Viröse Vergilbung in Zuckerrüben – Wege zur Virusresistenz. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):15-16.
- Ispizua Yamati, F. R., Günder, M., Barreto, A., Paulus, S., Streit, S., Varrelmann, M., and Mahlein, A.-K. 2021. Integration von optischen, meteorologischen und Umweltdaten zur Vorhersage des Auftretens der *Cercospora* – Blattfleckenkrankheit in Zuckerrübe. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:421.
- Kleuker, G. und Hoffmann, C. M. 2021. Beschädigung und Lagerungsverluste – Festigkeit der Rübe als Sorteneigenschaft. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben-tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):29-30.

- Koch, H.-J. 2021. Does root tip breakage caused by the harvester sufficiently predict sugar losses during beet storage? *Int. Sugar J.* 123:110-118.
- Koch, H.-J., Stracke, A., Grunwald, D., Essich, L. und Ruser, R. 2021. N-Versorgung von Zuckerrüben nach Zwischenfrüchten mit unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung des Aufwuchses. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. *Sugar Ind.* 146 (Sonderheft):7-8.
- Ladewig, E., Laufer, D. und Kenter, C. 2021. Das integrierte Sortenprüfsystem Zuckerrübe – Wachsen mit den Herausforderungen. Was muss eine Sorte leisten? Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. *Sugar Ind.* 146 (Sonderheft):23-24.
- Laufer, D., Kenter, C. und Ladewig, E. 2021. Bedeutung von Fungizidstrategie und Sorte für den Befallsverlauf der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit in Zuckerrüben. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. *Julius-Kühn-Archiv* 467:270.
- Liebe, S., Maiss, E., and Varrelmann, M. 2021. Application of a reverse genetic system for Beet necrotic yellow vein virus to study Rz1 resistance breaking in sugar beet. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p. 18-19.
- Liebe, S., Maiss, E., and Varrelmann, M. 2021. Investigations on Rz1 resistance breaking populations of Beet necrotic yellow vein virus. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. *J. Sugar Beet Res.* 58 (1&2):89-90.
- Mahlein, A.-K. 2021. Digital technologies in growing sugar beets: the benefit of sensors and robots. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. *J. Sugar Beet Res.* 58 (1&2):84.
- Mahlein, A.-K., Barreto Alcántara, A. A., Ispizua Yamati, F. R., and Paulus, S. 2021. Unlocking the potential of hyperspectral imaging of plants for precision agriculture and plant phenotyping in: OSA Optical Sensors and Sensing Congress 2021 (AIS, FTS, HISE, SENSORS, ES). Buckley, S., Vanier, F., Shi, S., Walker, K., Codrington, I., Paine, S., Lok Chan, K., Moses, W., Qian, S., Pellegrino, P., Vollmer, F., G., Jágerská, J., Menzies, R., Emmenegger, L., and Westberg, J, ed. Optical Society of America, Washington, DC, Washington, DC, 2021/07/19. OSA Technical Digest EW4G.2.
- Manthey, R., Kenter, C., Laufer, D. und Ladewig, E. 2021. Das integrierte Sortenprüfsystem Zuckerrübe – Wachsen mit den Herausforderungen. *Sugar Ind.* 146(11):643-646. <https://doi.org/10.36961/si28061>.
- Mathew, A. A., Varrelmann, M., and Rostás, M. 2021. Virus-mediated effects on tri-trophic interactions between *Myzus persicae* and *Aphis ervi* in sugar beet: Second International Congress of Biological Control (ICBC2) 26.-30.04.2021, Davos, Switzerland. ICBC2 Proceedings 1.
- Menzel, W. und Varrelmann, M. 2021. Zusammenfassung der dreijährigen Untersuchungen zur Verbreitung der Vergilbungsviren bei Zuckerrüben in Europa und Entwicklung spezifischer RT-qPCR Nachweise. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p. 13-14.
- Menzel, W. und Varrelmann, M. 2021. Zusammenfassung der dreijährigen Untersuchungen zur Verbreitung der Vergilbungsviren bei Zuckerrüben in Europa und Entwicklung spezifischer RT-qPCR Nachweise. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. *Julius-Kühn-Archiv* 467:215.
- Müllender, M.M., Mahlein, A.-K., Stammler, G. und Varrelmann, M. 2021. Erster Nachweis für eine Target-Site Resistenz von *Cercospora beticola* gegenüber Azolen – Mögliche Anwendung im Monitoring. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. *Sugar Ind.* 146 (Sonderheft):19-20.
- Müllender, M.M., Mahlein, A.-K., Stammler, G., and Varrelmann, M. 2021. Evidence for the association of target-site resistance in *cyp51* with reduced DMI sensitivity in European *Cercospora beticola* field isolates. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. *J. Sugar Beet Res.* 58 (1&2):85-86.
- Müllender, M.M., Liebe, S. und Varrelmann, M. 2021. Interaktion von Aux/IAA Proteinen mit dem viralen Pathogenitätsfaktor p25 von BNYVV. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. *Julius-Kühn-Archiv* 467:179.
- Müllender, M.M., Varrelmann, M., and Liebe, S. 2021. Interaction of Aux/IAA proteins in sugar beet with the viral pathogenicity factor p25 of BNYVV. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p. 16-17.
- Pfitzer, R., Rostás, M., Häußermann, P., Voegelé, R. T., Maier, J. und Varrelmann, M. 2021. Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade, Vektor des „Syndromes des basses richesses“. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. *Sugar Ind.* 146 (Sonderheft):11-12.

- Pfitzer, R., Varrelmann, M., Häußermann, P., Vögele, R. T., Maier, J. und Rostás, M. 2021. Untersuchung zu pflanzenbaulichen Kontrollansätzen für das „Syndrome des basses richesses“ (SBR) in Zuckerrüben. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:272-273.
- Roß, C., Burgdorff, J. und Stockfisch, N. 2021. Beeinflussen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge das Unkrautvorkommen und die Pflanzenschutzmittel-Anwendungen im Zuckerrübenanbau? 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:97-98.
- Roß, C. und Stockfisch, N. 2021. Zwischenfruchtanbau – ein Beitrag zum Green Deal. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrübenanbau. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):5-6.
- Streit, S., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2021. Experimentierfeld FarmerSpace – Digitaler Pflanzenschutz praxisnah evaluiert am Fallbeispiel digitale Bonitur von Unkräutern in Zuckerrübe. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:387.
- Streit, S., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2021. FarmerSpace – ein Experimentierfeld für den digitalen Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. Abstracts der 15. Göttinger Zuckerrübenanbau. Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, online, 01.-02.09.2021. Sugar Ind. 146 (Sonderheft):37-38.

Praxiszeitschriften

2020

- Beneke, F., Mahlein, A.-K., Heckmann, A. W., Paulus, S. und Gremmes, P. 2020. Digitale Technologien im Pflanzenschutz. Technik und Leben (3):4.
- Götze, P. und Koch, H.-J. 2020. Das leisten Fruchtfolgen für die Zuckerrübe. Zuckerrübe 69(4):28-31.
- Götze, P. und Koch, H.-J. 2020. Fruchtfolgen. Ertrag und Effizienz steigern. Zuckerrüben profitieren von einer klugen Rotation. dzz 56(5):36-38.
- Hossain, R. und Varrelmann, M. 2020. Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Einfluss von Vergilbungsviren: Die Virusspezies und ihr Einfluss auf die pflanzliche Entwicklung. dzz 56(4):18-19.
- Koch, H.-J., Stracke, A. und Hoffmann, A. 2020. Zwischenfrucht und Klimaschutz: Wie passt das zusammen? Zuckerrübe 69(3):12-14.
- Liebe, S. und Varrelmann, M. 2020. Rübenfäulen. Schadbild und Möglichkeit der Bekämpfung: Auswirkung auf die Langzeitlagerung der Rüben. dzz 56(4):24-25.
- Loel, J., Varrelmann, M. und Eßer, C. 2020. Symptome des „Syndrome des basses richesses“ (SBR) erkennen: Bericht vom Workshop in Wörlitz, 31.08.2020. Zuckerrübe 69(6):41-42.
- Mahlein, A.-K. und Ladewig, E. 2020. Was leistet das Sortenprüfsystem in Deutschland? Welchen Beitrag können EU-Sorten leisten? Zuckerrübe 69(1):41-43.
- Mahlein, A.-K. und Ladewig, E. 2020. Wie erfolgt die Sortenprüfung. Zuckerrüben-Journal 21(3):10-12.
- Mahlein, A.-K. und Stockfisch, N. 2020. Pflanzenschutz digitalisieren und optimieren: Projektstart FarmerSpace in Göttingen. Zuckerrübe 69(5):36-37.
- Paulus, S. 2020. Digitalisierung auf dem Acker schreitet fort. Farm Test, DLG-Magazin für Qualität und Technik (3):22-25.
- Stockfisch, N., Trimpler, K. und Roß, C. 2020. Aktuell in der Diskussion. Biodiversität erhalten und fördern: Und auf Zuckerrübenfeldern? dzz 56(4):32-33.
- Stockfisch, N., Trimpler, K. und Roß, C. 2020. Biodiversität erhalten und fördern. Zuckerrüben-Journal 21(3):13-14.

2021

- Barreto, A., Ispizua Yamati, F. R., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2021. Pflanzenkrankheiten mittels Drohnen erkennen. DLG-Mitt. Sonderheft 136(11):17.
- Barreto Alcántara, A. A., Paulus, S. und Mahlein, A.-K. 2021. Pflanzenkrankheiten mittels Drohnen erkennen. DLG-Mitt. 136(1):67.
- Brugger, A. und Mahlein, A.-K. 2021. Mit UV-Licht früh Infektionen aufspüren. DLG-Mitt. Sonderheft 136(11):16.
- Brugger, A., Steiner, U. und Mahlein, A.-K. 2021. Mit UV-Licht früh Infektionen aufspüren. DLG-Mitt. 136(1):66.
- Ebmeyer, H. und Hoffmann, C. M. 2021. Trockenstress und Wasserbedarf: Ertragsbildung von Zuckerrüben. Zuckerrübe 70(6):32-35.

- Ebmeyer, H. und Hoffmann, C. M. 2021. Wann Trockenstress am meisten Ertrag kostet: Saatgutmagazin. DLG-Mitt. 136(12):18-20.
- Ebmeyer, H. und Hoffmann, C. M. 2021. Wasserbedarf von Zuckerrüben: Reaktion bei Trockenstress. dzz 57(6):32-33.
- Grunwald, D. und Koch, H.-J. 2021. Humushaushalt in Zuckerrübenfruchtfolgen. Zuckerrübe 70(6):36-38.
- Koch, H.-J. und Grunwald, D. 2021. Zuckerrüben stärken Biodiversität und Bioökonomie. Technologie-Informationen (ti!) (3):15.
- Koch, H.-J., Stracke, A., Schaper, I. und Hoffmann, A. 2021. N-Verfügbarkeit aus Zwischenfrüchten: Wann und wieviel? Zuckerrübe 70(4):8-12.
- Laufer, D. und Ladewig, E. 2021. Herbizide: Welche Optionen verbleiben und wie wirken sie? Zuckerrübe 70(1):24-28.
- Mahlein, A.-K. 2021. Digitalisierung: Forschung und Wissenstransfer: Editorial. Zuckerrübe 70(5):3.
- Mahlein, A.-K., Laufer, D. und Ladewig, E. 2021. Lösen Roboter das Unkrautproblem? Land & Forst 174(10):18-19.
- Mahlein, A.-K., Laufer, D. und Ladewig, E. 2021. Rüben gegen Flöhe und Läuse schützen. Land & Forst 174(12):30-32.
- Rewerts, A. und Stockfisch, N. 2021. Zehn Jahre Betriebsbefragungen: Nutzen für die politische Arbeit. dzz 57(2):46.
- Stockfisch, N. 2021. Projekt FlowerBeet: Biodiversität fördern. Zuckerrüben-Journal 50(4):23-24.
- Varrelmann, M., Hossain, R. und Bornemann, K. 2021. Notfallzulassungen - keine Dauerlösung. Land & Forst 174(15):19-21.
- Varrelmann, M., Hossain, R. und Ladewig, E. 2021. Viröse Vergilbung: Befallssituation und Aussichten. Zuckerrübe 70(2):22-26.
- Varrelmann, M., Hossain, R., Stockhausen, E. von, Bornemann, K., Heupel, M., Czaja, S. L., Seigner, L., Zellner, M., Lang, C. und Behrmann, S. 2021. Ein Komplex unterschiedlicher Virusspezies. Viröse Vergilbung in Zuckerrüben: Ergebnisse bundesweiter Monitoringaktivitäten zur Verbreitung der Erreger der virösen Vergilbung in Zuckerrüben. dzz 57(4):15-19.
- Varrelmann, M., Hossain, R., Stockhausen, E. von, Bornemann, K., Heupel, M., Czaja, S. L., Seigner, L., Zellner, M., Lang, C. und Behrmann, S. 2021. Viröse Vergilbung: Bundesweite Monitoringaktivitäten. Zuckerrübe 70(4):34-38.

Weitere Schriften und Dissertationen

2020

- Hoffmann, C. M., Koch, H.-J., and Märländer, B. 2020. Sugar beet. Pages 635–671 in: Crop physiology: Case histories for major crops. V. O. Sadras, and D. Calderini, eds. Elsevier, San Diego.
- Modrzejewski, D. 2020. Evidence synthesis on the impact of genome editing on plant breeding. Dissertation, Universität Göttingen, 150 pp.

2021

- Laufer, D. und Koch, H.-J. 2021. Streifenbodenbearbeitung im Zuckerrübenanbau auf Lössboden in Deutschland. In: Streifenbodenbearbeitung: Eine Bestandsaufnahme aus Forschung und Beratung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), eds., Darmstadt. KTBL-Schrift 521, S. 52-59.
- Niehl, A., Liebe, S., Varrelmann, M., and Koenig, R. 2021. Benyviruses (Benyviridae) in: Encyclopedia of Virology: Reference Module in Life Sciences. D. Bamford, and M. Zuckerman, eds. Academic Press.
- Liebe, S., Niehl, A., Koenig, R., and Varrelmann, M. 2021. Beet Necrotic Yellow Vein Virus (Benyviridae) in: Encyclopedia of Virology: Reference Module in Life Sciences. D. Bamford, and M. Zuckerman, eds. Academic Press.
- Storelli, A. 2021. Investigation of resistance against *Ditylenchus dipsaci* on sugar beet. Dissertation, Universität Göttingen, Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen 56, 137 pp.
- Wetzel, V. 2021. The sugar beet multi-talented resistance protein Rz2. Dissertation, Universität Göttingen, Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen 55, 148 pp.

Poster

2020

- Barreto, A., Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2020. Proof of concept for the digital visual rating of *Cercospora* leaf spots using multispectral UAV images. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:57.
- Brugger, A., Behmann, J., Steiner, U., and Mahlein, A.-K. 2020. Extension of hyperspectral imaging to the UV-range for sugar beet-pathogen interactions. Modern Fungicides and Antifungal Compounds, Proceedings of the 19th International Reinhardtsbrunn Symposium. H. Deising, B. Fraaije, A. Mehl, E.-C. Oerke, H. Sierotzki, and G. Stammler, eds., Braunschweig, Friedrichroda, Germany, 07.-11.04.2019. DPG Spectrum Phyto-medizin IX:209-210.
- Ebmeyer, H., and Hoffmann, C. M. 2020. Reasons for the strong effect of drought stress in young sugar beet plants. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:46.
- Fishkis, O., and Koch, H.-J. 2020. Risk evaluation of mechanical, chemical and combined mechanical-chemical weed control in sugar beet. 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 03.-05.03.2020. Julius-Kühn-Archiv 464:264-269.
- Götze, P., and Koch, H.-J. 2020. Effect of crop rotation and removal of beet leaves and tops on soil organic carbon stocks in the crop rotation experiment at Harste. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:32.
- Götze, P. und Koch, H.-J. 2020. Vorrucht- und Fruchtfolgeeffekte auf die Verunkrautung in Zuckerrüben und Winterweizen im Systemversuch Fruchtfolge Harste. 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 03.-05.03.2020. Julius-Kühn-Archiv 464:90-96.
- Hansen, A. L., Raaijmakers, E., Antoons, K., Wauters, A., Kempl, F., Stevens, M., Boyer, F., and Varrelmann, M. 2020. Effect of insecticides and strategies of insecticide applications on the control of *Atomaria linearis* and other soil borne pests. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:17.
- Hoffmann, C. M. 2020. Can yield of sugar beet varieties be assessed by the leaf canopy? International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:48.
- Hossain, R., Lachmann, C., Menzel, W., and Varrelmann, M. 2020. Virus yellows in sugar beet – biology, occurrence and influence on yield parameters. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:91.
- Imbusch, F., Erven, T., and Varrelmann, M. 2020. Relation between *Cercospora beticola* spore flight and leaf spot development after fungicide application according to disease thresholds and/or spore flight. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., 77th IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:26.
- Kenter, C. und Ladewig, E. 2020. Storability as a variety characteristic of sugar beet? International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:61.
- Kenter, C., Götze, P. und Ladewig, E. 2020. Effects of sample size and head rows on the precision of variety trials with sugar beet. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:101.
- Laufer, D. und Ladewig, E. 2020. Weed control in sugar beet without the active substances desmedipham and phenmedipham. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:109.
- Liebe, S., Wibberg, D., Maiss, E., and Varrelmann, M. 2020. Application of a reverse genetic system for Beet necrotic yellow vein virus to study Rz1 resistance breaking in sugar beet. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:107.
- Müllender, M.M., Mahlein, A.-K., Varrelmann, M., and Stammler, G. 2020. Possible causes and mechanisms for alterations in the sensitivity of *Cercospora beticola* towards DMI fungicides. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:76.
- Nause, N. 2020. Cambium rings and cell wall composition of sugar beet genotypes differing in root strength. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:64.
- Roß, C., Trimpler, K., and Stockfisch, N. 2020. Communication of data from a farm survey. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:53.
- Stockfisch, N., Roß, C., Nause, N., and Mahlein, A.-K. 2020. Comparison of indicators for pesticide use intensity. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:54.
- Stracke, A., and Koch, H.-J. 2020. Above- and below-ground biomass and N uptake of catch crops affecting soil Nmin over winter. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:34.

Wetzel, V., and Varrelmann, M. 2020. Rz2 – a plant anti Beet necrotic yellow vein virus resistance protein derived from *Beta vulgaris* targets the viral movement-protein TGB1 as avirulence gene. International Institute for Beet Research (IIRB), ed., IIRB Congress, Brussels, Belgium, 11.-12.02.2020. Abstracts of Papers 77:108.

2021

- Arnhold, J., Grunwald, D., and Koch, H.-J. 2021. Effects of crop rotation and N fertilization on wheat roots, soil water and yield. BONARES & Rhizo4Bio Status Seminar. Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, ed., online, 16.-17.06.2021.
- Arnhold, J., Grunwald, D. und Koch, H.-J. 2021. Einfluss verschiedener Vorfrüchte auf das Wurzelwachstum von Weizen. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:534-535.
- Arnhold, J., Grunwald, D. und Koch, H.-J. 2021. Einfluss von Vorfrucht und N-Düngung auf das Wurzelwachstum von Winterweizen. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:253-254.
- Grunwald, D., Götze, P., and Koch, H.-J. 2021. Effects of contrasting sugar beet rotations and residue management on soil organic carbon stocks. Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 01.-04.03.2021. J. Sugar Beet Res. 58(1&2):73.
- Honsdorf, N., Arnhold, J., Braun-Kiewnick, A., Giongo, A., Grunwald, D., Kaloterakis, N., Pronkow, K., Rashtbari, M., Schemmel, M., Ullah, S., Zhou, Z., Brüggemann, N., Cai, D., Koch, H.-J., Pohlmeier, A., Razavi, B.S., Schnepf, A., Smalla, K., and Kage, H. 2021. RhizoWheat - Rhizosphere processes and yield decline in wheat crop rotations. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:247-248.
- Hossain, R., Lachmann, C. und Varrelmann, M. 2021. Einfluss von Vergilbungsviruspezies der Zuckerrübe auf Ertrag und Qualität nach künstlicher Feldinokulation und Nachweis genotypischer Unterschiede bezüglich der Anfälligkeit. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:559-560.
- Hossain, R., Ispizua Yamati, F. R., Barreto Alcántara, A. A., Savian, F., Varrelmann, M., Mahlein, A.-K., and Paulus, S. 2021. Use of hyperspectral sensing for detection of Turnip yellows virus infection in *Nicotiana benthamiana*. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p. 28-29.
- Ispizua Yamati, F. R., Barreto, A., Bömer, J., Streit, S., Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2021. Estimation of the importance of biotic and abiotic variables for the detection of *Cercospora* leaf spot disease based on optical sensors. Poster Proceedings of the 13th European Conference on Precision Agriculture. J. V. Stafford, and G. Milics, eds. Magyarországi Precíziós Gazdálkodási Egyesület, Budapest, Hungary, 19-22 July 2021, p. 8-9.
- Ispizua Yamati, F., Barreto, A., Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2021. Integration of optical, meteorological and environmental data to improve the detection of the occurrence of *Cercospora* leaf spot disease. 56. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Mykologie und 40. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen 2021: Zusammenfassungen der Arbeitskreisbeiträge. M. Hahn, and A.-K. Mahlein, eds., online, 18.-19.03.2021, DPG Spectrum Phytomedizin p. 24-25.
- Lauer, D. und Ladewig, E. 2021. Bedeutung von blattaktiven Herbizidwirkstoffen bei der Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:529-530.
- Liebe, S., Maiss, E., and Varrelmann, M. 2021. Investigations on Rz1 resistance breaking populations of Beet necrotic yellow vein virus: (poster presentation) in: Abstracts Oral Presentations and Posters Presented at the 2021 General Meeting. ASSBT, ed., Virtual Meeting, 01.-04.03.2021. Journal of Sugar Beet Research 58 (1&2):89-90.
- Pfitzer, R., Varrelmann, M. und Rostás, M. 2021. Etablierung einer Laborzucht und Untersuchungen zu den Entwicklungsstadien der Schilf-Glasflügelzikade. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:508.
- Rollwage, L., Hossain, R., and Varrelmann, M. 2021. Investigation of translation initiation of sugar beet infecting poleroviruses 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze. M. Varrelmann, and B. Krenz, eds., online, 15.-16.03.2021, p. 30-31.
- Rollwage, L., Hossain, R., Wynant, N. und Varrelmann, M. 2021. Untersuchung der Translationsinitiation von Zuckerrübe infizierenden Poleroviren. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, online, 21.-23.09.2021. Julius-Kühn-Archiv 467:569-570.
- Roß, C. und Stockfisch, N. 2021. Zwischenfruchtanbau vor Zuckerrüben - eine Maßnahme im Wandel von Nematodenkontrolle zu Umweltschutz. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., H. Stützel, and A. Fricke, eds., Rostock, 28.-30.09.2021. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:245-246.

Streit, S., Paulus, S., and Mahlein, A.-K. 2021. Experimental field FarmerSpace – Assessment of digital plant protection from a farmer's perspective. 56. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Mykologie und 40. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen 2021: Zusammenfassungen der Arbeitskreisbeiträge. M. Hahn, and A.-K. Mahlein, eds., online, 18.-19.03.2021, DPG Spectrum Phytomedizin p. 26.

Vorträge

2020

Ebmeyer, Henning: Trockenstress: Auswirkungen auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Winterversammlung Pfeifer & Langen, Könnern, 20.-23.01.2020.

Fishkis, Olga: Soil erosion and crop yield under mechanical and chemical weed control in sugar beet. IIRB Group Meeting Plant and Soil, online, 27.10.2020.

Fishkis, Olga: Auswirkung der mechanischen Unkrautbekämpfung auf Bodenerosion und Rübenertrag. Arbeitskreis Pflanzenbau im Koordinierungsausschuss am IfZ, online, 17.12.2020.

Hoffmann, Christa: Lagerstabilität als Sortenmerkmal – Hintergrund und Perspektiven. Beratertagung des Rheinischen Rübenbauerverbands, 28.01.2020.

Kenter, Christine: Effect of fungicide strategy and variety on Cercospora leaf spot epidemics in sugar beet. 77th IIRB Congress, Brussels, 12.02.2020.

Kleuker, Gunnar: Impact factors on the tissue strength, damage susceptibility and storability of sugar beet. 77th IIRB Congress, Brussels, 12.02.2020.

Koch, Heinz-Josef: Sugar beet yield response to increasing row distance. 77th IIRB Congress, Brussels, 11.02.2020.

Ladewig, Erwin: Effect of fungicide strategy and variety on Cercospora leaf spot epidemics in sugar beet. 77th IIRB Congress, Brussels, 12.02.2020.

Lauer, Daniel: Unkrautbekämpfung im Zuckerrübenanbau in Deutschland – Situationsanalyse. Fachseminar Pflanzenschutz im Ackerbau der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg, 05.02.2020.

Lauer, Daniel: Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben ohne die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham, 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 03.03.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: Summary of the IIRB seminar 'Sensors and digital technologies in sugar beet production'. 77th IIRB Congress, Brussels, 11.02.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: News on the use of digital tools in beet cultivation. CIBE Technical and Reception Control Committee, Brussels, online, 15.10.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: From data to information to decision – utilizing digital technologies for plant monitoring. Von Daten zur Information zur Entscheidung - Einsatz digitaler Technologien zum Monitoring von Pflanzen. 11. Agrarwissenschaftliches Symposium des Hans Eisenmann-Forums, TUM, „Digitale Landwirtschaft - Vernetzung und Interaktion, Weihenstephan, online, 29.10.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: Digitale Technologien in der Landwirtschaft – wie können Sensoren und Roboter den Anbau von Nutzpflanzen unterstützen? Ringvorlesung "Food Security", Universität Köln, online, 17.11.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: The European Green Deal and the security of agricultural supply in the EU Food-DrinkEurope, AGPO (Agricultural Policy), online, 23.11.2020.

Mahlein, Anne-Katrin: Robots, drones & more in agricultural production. 29th ISO (International Sugar Organization) Seminar, online, 25.11.2020.

Paulus, Stefan: Nutzung von maschinellen Lernmethoden auf Basis von spektralen Daten für die Belange der Landwirtschaft. PhotonicNet - Photonik in der Landwirtschaft, Hannover, 20.02.2020.

Paulus, Stefan: Using hyperspectral cameras in greenhouses. DIGICROP, online, 20.05.2020.

Paulus, Stefan: FarmerSpace – Einblicke in ein Projekt zur Anwendung digitaler Technologien für den Pflanzenschutz. VDI Arbeitskreis Agrartechnik, online, 15.06.2020.

Paulus, Stefan: Using spectral information in agriculture and plant science. Spectronet CHII, Keynote, online, 26.08.2020.

Paulus, Stefan: Using camera information in agriculture and plant science. SENSECO EO-SENSE Summer School, Project of the European Cooperation in Science & Technology (COST), online, 23.09.2020.

Streit, Sebastian: Experimentierfeld FarmerSpace - Eine Plattform zur Evaluierung von Lösungen für den digitalen Pflanzenschutz. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück und Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel, online, 20.02.2020.

Stevens, Mark (BBRO, UK), Anne-Katrin Mahlein (IfZ, DE), M. Boudesteijn (Cosun, NL), J.W. van Roessel (IRS, NL): Contributions by three countries without neonic seed treatment but with neonic foliar treatment. CIBE Technical and Reception Control Committee Brussels, online, 14.10.2020.

Varrelmann, Mark: Relation between *Cercospora beticola* spore flight and leaf spot development after fungicide application according to disease thresholds and/or spore flight. 77th IIRB Congress, Brussels, 12.02.2020.

2021

Alisaac, Elias: Fusarium head blight (FHB) in wheat: effect of infection timing on disease development and mycotoxin accumulation. 56. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Mykologie und 40. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen, online, 18.03.2021.

Arnhold, Jessica: Effekte von Vorfrucht und N-Düngung auf die Bodenstruktur und die Wurzelentwicklung von Winterweizen. Nachwuchswissenschaftliches Kolloquium der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., online, 28.05.2021.

Arnhold, Jessica: Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf Weizenwurzeln, Bodenwasser und Kornertrag. Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 06.07.2021.

Barreto Alcántara, Abel: Automatic field scoring of *Cercospora* leaf spot using multispectral UAV image on time-series. 56. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Mykologie und 40. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen, online, 19.03.2021.

Barreto, A.: Multispektrale Drohnenfernerkundung zur Bonitur der *Cercospora* Blattfleckenkrankheit in Sortenversuchen – Ableitung von Befallshäufigkeit und Befallsstärke. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 23.09.2021.

Barreto, Abel und Facundo Ispizua: Erfassung des Auftretens und der Dynamik von *Cercospora*-Blattflecken mittels Drohnen-gestützter multispektraler Bilddaten. 15. Göttinger Zuckerrüben tagung, Göttingen, online, 02.09.2021.

Ebmeyer, Henning: Effect of drought on growth, water consumption and WUE of sugar beet genotypes. Joint IIRB study group Plant & Soil / Beet Quality & Storage, online, 20.05.2021.

Ebmeyer, Henning: Einfluss von Trockenstress auf Wasserverbrauch und Wachstum von Zuckerrüben. Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 06.07.2021.

Ebmeyer, Henning: Trockenstress: Auswirkungen auf Wachstum, Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von Zuckerrübensorten. 15. Göttinger Zuckerrüben tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.

Ebmeyer, Henning: Auswirkungen von Trockenstress auf Wachstum, Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von Zuckerrüben. DLG-Ausschuss Zuckerrübe, Uelzen, 20.09.2021.

Ebmeyer, Henning: Drought stress: Effects on growth, water consumption and water use efficiency of sugar beet genotypes. Cyber Beet Week, Int. AgroService KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck, 28.10.2021.

Eini, O.: Generation of targeted mutagenesis in sugar beet using geminiviral replicons for delivering CRISPR/Cas systems. General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 03.03.2021.

Eini, Omid: Targeted mutagenesis in plants using Beet curly top virus for efficient delivery of CRISPR/Cas components. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze, online, 16.03.2021.

Eini, Omid: Challenges and potential applications of genome editing in sugar beet. 15. Göttinger Zuckerrüben tagung, Göttingen, online, 02.09.2021.

Fishkis, Olga: Evaluation of potential environmental and economic risks of mechanical weed control in sugar beet. General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 02.03.2021.

Fishkis, Olga: Is hoeing more environmentally friendly than band-spraying and broadcast herbicide application? (EvaHerb). IIRB Seminar Advancing weed control in sugar beet with sensors and field robotics, online, 05.05.2021.

Fishkis, Olga: Umweltwirkungen der mechanischen Unkrautkontrolle. (EvaHerb). Sitzung des Forums Zuckerrübe Nord, online, 10.06.2021.

Fishkis, Olga: Umweltwirkungen der mechanischen Unkrautkontrolle. (EvaHerb). Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 06.07.2021.

Fishkis, Olga: Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Umweltwirkungen: Bodenerosion, Regenwürmer, CO₂-Emissionen. 15. Göttinger Zuckerrüben tagung, Göttingen, online, 02.09.2021.

Fishkis, Olga: Umweltwirkungen der mechanischen Unkrautkontrolle (EvaHerb). 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 23.09.2021.

Fishkis, Olga: Umweltwirkungen mechanischer, chemischer und mechanisch-chemischer Unkrautregulierung in Zuckerrüben. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., Rostock, 28.09.2021.

Fishkis, Olga: Unkrautbekämpfungsszenarien für die regionale Berechnung von toxikologischen Risiken verschiedener Verfahren der Unkrautkontrolle mit SYNOPSIS-GIS. Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 10.11.2021.

- Fishkis, Olga: Unkrautbekämpfungsszenarien für die regionale Berechnung von toxikologischen Risiken verschiedener Verfahren der Unkrautkontrolle mit SYNOPS-GIS. Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 22.12.2021.
- Grunwald, Dennis: Ertrag und Ertragskomponenten von Weizen in verschiedenen Fruchtfolgen im Systemversuch Harste. Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 06.07.2021.
- Grunwald, Dennis: Bodenkohlenstoffvorräte in verschiedenen Zuckerrübenfruchtfolgen und bei variiertes Rübenblattmenge. 63. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., Rostock, 28.09.2021.
- Grunwald, Dennis: Carbon Farming: Ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz? Koordinierungsausschuss am IfZ, online, 14.10.2021.
- Grunwald, Dennis: Carbon Farming: Ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz? Rübenbüroleitersitzung Nordzucker, online, 17.11.2021.
- Grunwald, Dennis: Crop Rotational Effects in Central European Sugar Beet Cultivation - Soil carbon. Training event for sugar beet farmers from Finland conducted by Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SJT), online, 08.-09.12.2021.
- Grunwald, Dennis: Carbon Farming: Ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz? Arbeitskreis Pflanzenbau des Koordinierungsausschusses am IfZ, online, 22.12.2021.
- Hoffmann, Christa: Storability of beets infested with virus yellows. IIRB Joint meeting Plant&Soil / Beet Quality & Storage, online, 25.05.2021.
- Hoffmann, Christa: Potential sugar production for the beet crop. KSLA, Sweden online, 22.11.2021.
- Hossain, Roxana: Viröse Vergilbung in Zuckerrübe – Wege zur Virusresistenz. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.
- Ispizua Yamati, Facundo Ramon: Integration von optischen, meteorologischen und Umweltdaten zur Vorhersage des Auftretens der Cercospora – Blattfleckenkrankheit in Zuckerrübe. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 23.09.2021.
- Kleuker, Gunnar: Impact factors on the tissue strength, damage susceptibility and storability of sugar beet. ESST Scientific Committee Meeting, online, 10.05.2021.
- Kleuker, Gunnar: Agronomic factors influencing beet texture. IIRB Study Group Meeting „Beet Quality and Storage“, online, 20.05.2021.
- Kleuker, Gunnar: Beschädigung und Lagerungsverluste – Festigkeit der Rübe als Sorteneigenschaft. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 02.09.2021.
- Koch, Heinz-Josef: N-Versorgung von Zuckerrüben nach Zwischenfrüchten mit unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung des Aufwuchses. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.
- Koch, Heinz-Josef: Crop rotational effects in Central European sugar beet cultivation - cropping interval, preceding crop, cover crop. Training event for sugar beet farmers from Finland conducted by Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SJT), online, 08.-09.12.2021.
- Ladewig, Erwin: Das integrierte Sortenprüfsystem Zuckerrübe - Wachsen mit den Herausforderungen, 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 02.09.2021
- Laufer, Daniel: Bedeutung von Fungizidstrategie und Sorte für den Befall mit *Cercospora beticola* von Zuckerrüben, 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 22.09.2021.
- Liebe, Sebastian: Application of a reverse genetic system for Beet necrotic yellow vein virus to study Rz1 resistance breaking in sugar beet. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze, online, 16.03.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Sugar beet research at IfZ. Annual sugarbeet research reporting sessions to learn of issues and progress made sugarbeet production worldwide, Sugarbeet Research and Education Board of Minnesota and North Dakota (SBREB), online, 12.01.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Podiumsdiskussion IGW; Vorstellung Farmerspace. IGW/Smart4Life - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, online, 21.01.2021
- Mahlein, Anne-Katrin: Zur Situation des Rübenanbaus und aktuellen Herausforderungen im Bereich Pflanzenschutz. ADAMA, online, 29.01.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Keywords on Plant Diseases, Imaging Spectroscopy in der VISNIR, Diskussionsbeitrag. COST Action Workshop: Remote sensing and plant phenotyping, online, 10.02.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Digital technologies in growing sugar beets: the benefit of sensors and robots. General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 02.03.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Digitale Technologien zum Monitoring von Pflanzen – von der Information zur nachhaltigen Produktion. Sektion: Von der Wissenschaft zur Anwendung. Digitales BioSC Symposium „10 Jahre Forschung für eine nachhaltige Bioökonomie“, Bioeconomy Science Center (BioSC), online, 05.03.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Digital technologies in agriculture - how can sensors, robots and machine learning assist in crop production? CIDAS (Campus-Institut Data Science), Universität Göttingen, Oberthema „AI, Data Science and Society“, online, 03.06.2021.

- Mahlein, Anne-Katrin: Digital Phenotyping for the Assessment of Plant Traits. MonoGram 2021 - Keynote speaker of the phenotyping session, online, 04.06.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Experimentierfeld FarmerSpace – Eine Plattform zur Evaluierung von Lösungen für den digitalen Pflanzenschutz. Smart Farming – Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft, Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit, online, 09.06.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Digitalisierung im Zuckerrübenanbau – welche Chancen bestehen für den Ökolandbau und darüber hinaus. HNEE Feldtag der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Lehr- und Forschungsstation (LFS), Wilmersdorf, online, 15.06.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Digitalisierung für die Landwirtschaft von morgen – Experimentierfeld Farmerspace. Digitaltag 2021 „Digitale Innovationen in Südniedersachsen“, 18.06.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Unlocking the potential of hyperspectral imaging of plants for Precision Agriculture and Plant Phenotyping. OSA Optical Sensors and Sensing Congress jointly with the Imaging Congress, Section Optics and Photonics for Sensing the Environment, Vancouver, BC, Canada, online, 21.07.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Der Pflanzenbau wird digital – wie helfen Drohnen, Sensoren, Satelliten der modernen Landwirtschaft? Alumni-Verein der Universität Göttingen, NETZWERK AGRARWISSENSCHAFTEN, online, 25.08.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Potential of digitalisation and AI for agriculture. DST-BMBF Workshop, German-Indian Workshop on Artificial Intelligence, Section AI for sustainability; BMBF, Indo-German Science and Technology Centres (IGSTC), Indian Department of Science and Technology (DST), online, 07.09.2021.
- Mahlein, Anne-Katrin: Plenarvortrag „Chancen der Digitalisierung für die Pflanzengesundheit und den Integrierten Pflanzenschutz“. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, „Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt“, online, 21.09.2021.
- Müllender, M.M.: Evidence for the association of target-site resistance in *cyp51* with reduced DMI sensitivity in European *Cercospora beticola* field isolates. General Meeting, American Society of Sugar Beet Technologists (ASSBT), online, 02.03.2021.
- Müllender, Maximilian: Interaction of Aux/IAA proteins in sugar beet with the viral pathogenicity factor p25 of BNYVV. 53. Jahrestreffen des DPG-Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanze, online, 16.03.2021.
- Müllender, Maximilian: Hinweise für „target-site“ Resistenz in *Cercospora beticola* als Ursache für verringerte Azol-sensitivität – mögliche Nutzung im Monitoring. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.
- Paulus, Stefan: Podiumsdiskussion. Spectronet CHII Konferenz, online, 16.03.2021.
- Paulus, Stefan: A technical workflow analysis for hyperspectral plant screening in greenhouses. Society of Experimental Biology – Workshop, online, 07.06.2021.
- Paulus, Stefan: Using hyperspectral imaging for automated plant disease detection in field and greenhouse. Earsel - European Remote Sensing Symposium, online, 10.06.2021.
- Paulus, Stefan: FarmerSpace – Robotik benötigt Präzision. Regionalkonferenz AgroNordwest, Osnabrück, 21.09.2021.
- Paulus, Stefan: Machine learning methods for interpretation of hyperspectral plant signatures. CiBreed Fall Workshop, online, 14.10.2021.
- Paulus, Stefan: Roboter im Vergleich – Wirkprinzipien von Feldrobotern im Test. 6. Bio-Fachforum Gemüse und Kartoffeln, „High-Tech auf dem Acker und Bio-Markt im Ausnahmejahr 2021“, Visselhövede, 10.11.2021.
- Pfitzer, René: Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade, Vektor des „Syndromes basses richesses“ - Pflanzenbauliche Maßnahmen. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.
- Pfitzer, René: Untersuchung zu pflanzenbaulichen Kontrollansätzen für das „Syndrom des basses richesses“ (SBR) in Zuckerrüben. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 22.09.2021.
- Roß, Christel: Zwischenfruchtanbau – ein Beitrag zum Green Deal? 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 01.09.2021.
- Roß, Christel: Beeinflussen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge das Unkrautvorkommen und die Pflanzenschutzmittel-Anwendungen im Zuckerrübenanbau? 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 22.09.2021.
- Streit, Sebastian: Experimentierfeld FarmerSpace - Eine Plattform zur Evaluierung von Lösungen für den digitalen Pflanzenschutz. VDL Science Talk Green Livestream, online, 04.03.2021.
- Streit, Sebastian: FarmerSpace – ein Experimentierfeld für den digitalen Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. 15. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, online, 02.09.2021.
- Streit, Sebastian: Experimentierfeld FarmerSpace – Digitaler Pflanzenschutz praxisnah evaluiert am Fallbeispiel digitale Bonitur von Unkräutern in Zuckerrübe. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung, online, 23.09.2021.
- Streit, Sebastian: Chancen der Digitalisierung für Pflanzengesundheit und den Integrierten Pflanzenschutz. Jahreskonferenz Cheminova Deutschland GmbH & Co. KG, FMC Agricultural Solutions, Göttingen, 26.10.2021.

Abstracts Dissertationen

Storelli, A. 2021. Investigation of resistance against *Ditylenchus dipsaci* on sugar beet. Dissertation, Universität Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen 56, 137 pp, DOI: 10.53846/goediss-24050.

The stem and bulb nematode *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn 1857) Filipjev 1936 is a migratory endoparasite ranked in the top ten plant-parasitic nematodes worldwide. *Ditylenchus dipsaci* has emerged as an economically threatening pest in the European sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. In Germany and Switzerland, some major sugar beet growing regions are particularly affected by *D. dipsaci*. The nematode migrates into the plant in the spring and reproduces in the hypocotyl during the growing season. Soil-borne pathogens introduced by *D. dipsaci* leads to crown root rotting and plant death.

The broad range of host plants of *D. dipsaci* hinders crop rotation strategies for a successful management of this nematode. To date, no sugar beet cultivars carrying resistance towards *D. dipsaci* are available for sugar beet producers, depriving them of effective measures against this nematode. The lack of control measures and the growing public demand for sustainable sugar production have encouraged breeders to develop resistant cultivars. For this reason, this thesis aimed to investigate resistance against *D. dipsaci* on sugar beet. Before investigating the interaction between sugar beet and the nematode, the development of an *in vivo* test system was required. It aimed to replace above-ground *D. dipsaci* inoculation with a soil inoculation more closely related to field conditions. The most suitable inoculation time point, inoculum level, and positioning on sugar beets, as well as rearing process on carrots, were determined. At a 15:8°C day:night temperature regime, penetration rates of *D. dipsaci* into sugar beet seedlings were at maximum following soil inoculation at plant emergence. High soil moisture increased nematode migration into seedlings when *D. dipsaci* inoculation was carried out in four holes 1 cm from the plant base. The nematode suspension was previously reared for 35 days on carrot discs to obtain active *D. dipsaci* inoculum.

To find potentially resistant sugar beet restricting reproduction and penetration of *D. dipsaci*, *in vivo* bioassays were carried out with 15 pre-breeding populations and 79 breeding lines. It could be demonstrated that none of the genotypes showed complete resistance towards *D. dipsaci*. However, a high variation of the penetration rate by *D. dipsaci* was observed among the genotypes. They also responded differently to the fresh biomass reduction caused by the nematode combined with soil-borne pathogens.

Based on these results, candidates for partial resistance were further investigated in microplot experiments conducted in the Rhineland (DE) and Seeland (CH) regions. The sugar beet genotype effect on *D. dipsaci* penetration could not be validated. The genotypes did not show a sufficient tolerance towards the rotting of the plant tissue. Nematode pathogenicity and virulence differed depending on experiment locations and years.

Finally, virulence and pathogenicity of four *D. dipsaci* populations were investigated under *in vivo* conditions. No difference was found in *D. dipsaci* penetration rate into sugar beet seedlings. However, Seeland (CH) population showed a significantly higher reproduction on sugar beets than the others populations, validating observations obtained in microplot experiments.

Wetzel, V. 2021. The sugar beet multi-talented resistance protein Rz2. Dissertation, Universität Göttingen. Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen 55, 148 pp, DOI: 10.53846/goediss-16. Dissertation, Universität Göttingen.

The viral disease, rhizomania, caused by the *Beet necrotic yellow vein virus* (family *Benyviridae*) is an increasing threat to efficient sugar beet cultivation. Transmitted by a soilborne pathogen, *Polymyxa betae*, BNYVV infection results in a deformed taproot, due to an excessive lateral root growth. Control of the disease may only be achieved by using resistant varieties. At present, mainly two dominant resistance genes, *Rz1* and *Rz2*, are used either alone or in combination. While the genetic background of *Rz1* is unknown, *Rz2* has recently been identified as a classical *R* gene encoding a “coiled-coil nucleotide-binding and leucine-rich repeat” (CC-NB-LRR, NLR) protein (Capistrano-Gossmann et al. 2017). Due to the extensive widespread use of *Rz1* for decades in commercial cultivars, the occurrence of resistancebreaking strains had been observed. Mutations in the pathogenicity factor P25 encoded on RNA3 are responsible for this observation. Based on this discovery, it is assumed that P25 displays the avirulence gene (*avr*) towards *Rz1*, which is responsible for the recognition being responsible for recognition by *Rz1*. The *avr* corresponding for *Rz2* recognition was not identified and therefore is one of the main objectives of the present work. Further, a deeper knowledge of *Rz2*, as the identification of two individual resistance (*Rz1* and *Rz2*), and the expression pattern of *Rz2* were questioned. As experiments mediated by *Agrobacterium tumefaciens* infiltration (agroinfiltration) are hard to achieve in the natural host of BNYVV, the development of an experimental system was required to allow investigation of recognition and interaction between BNYVV and *Rz2*. Additionally, the identification of resistance-breaking strains of BNYVV, either naturally occurring or artificially produced, was part of the present study to generate a more durable resistance.

The identity of *Rz2* as an individual BNYVV resistance gene was verified by a resistance test. Next to BNYVV, the second sugar beet infecting benyvirus, *Beet soil-borne mosaic virus* (BSBMV) which is transmitted by the same vector, was used. An infection of both viruses was achieved by artificial infection of different breeding lines, possessing either homozygous *Rz1* or *Rz2* or being susceptible. Results of the resistance test indicated that *Rz2* is also mediating resistance against BSBMV infection in sugar beets, as no virus multiplication was measured in *Rz2* containing lines. In comparison to homozygous *Rz1* lines, where no BNYVV was detected but high BSBMV levels. This also indicated that *Rz1* and *Rz2* are independent BNYVV resistance genes. As former experiments indicated a root specific *Rz1* expression, the expression pattern of *Rz2* was investigated. Breeding lines were grown in naturally infected soil and expression was determined over time by quantitative real time Reverse Transcription PCR) (qRT-PCR). Results indicated a root specific and constitutive

expression of *Rz2*, which was slightly increased due to an BNYVV infection. Because of the root specificity and the hardly achieved transient expression mediated by agroinfiltration in sugar beet leaf tissue, the experimental host, *Nicotiana benthamiana* was used in the following experiments.

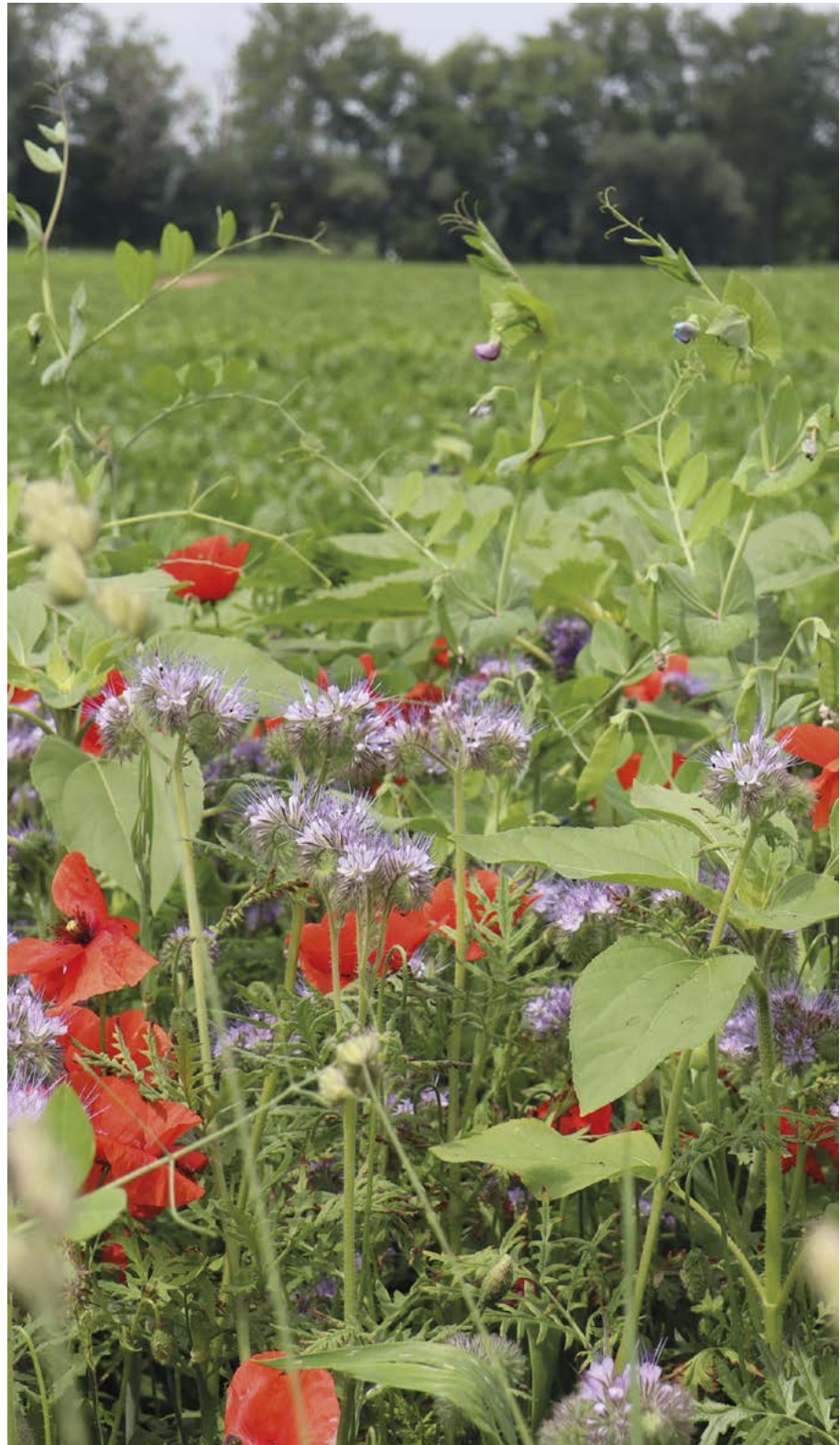
After isolation and cloning of *Rz2* into a binary plant expression vector, coexpression of the infectious BNYVV full length cDNA clone and *Rz2* in *N. benthamiana* leaf tissue resulted in a resistance reaction in form of local cell death (hypersensitive response, HR). To identify the *avr* determinant, the individual ORFs of BNYVV were cloned into a binary plant expression vector and used for coexpression studies with transiently expressed *Rz2*. Only in one combination, when the RNA2 encoded "triple gene block protein" (TGB1) was expressed together with *Rz2*, a resistance reaction was visible and verified by DAB staining. TGB1 is involved in the cell-to-cell movement of the virus and can be found in several plant virus families. Since the previous resistance test showed that *Rz2* is also active against BSBMV, coexpression of cloned BSBMV *TGB1* and *Rz2* also resulted in an HR reaction. Besides BNYVV and BSBMV, *P. betae* is transmitting additional sugar beet infection viruses. For example, the *Beet soil borne virus* and *Beet virus Q*, which also possess a TGB1 but belong to a different plant virus family. In the present work and beyond, it was shown that *Rz2* recognized the TGB1 variants from BSBV and BVQ both belong to the genus *Pomovirus*. Furthermore, it was shown that coexpression of *Rz2* and the *TGB1* from *Potato mop top virus*, another pomovirus which is not infecting sugar beets, resulted in an HR reaction.

These results indicated that TGB1 represents the *avr* determinant towards *Rz2* and seems to be functionally effective in the heterologous plant species *N. benthamiana*. To study the resistance mechanism in more detail, transgenic *N. benthamiana* constitutively expressing *Rz2* were produced by leaf disk mediated transformation. *Rz2* was cloned into a plant transformation vector, which is known for stable transformation and selection of homozygous plants, which can be performed by kanamycin selection. After transformation and selection, two independent lines were identified that constitutively expressed *Rz2* and homozygous integration of the transgene was confirmed. No systemic infection was detected after agroinoculation of BNYVV cDNA clone, while agroinfiltration of BNYVV *TGB1* resulted in HR. After mechanical inoculation, in one line infection foci were detected, but no systemic infection was developed. In the second line no infection lesions or systemic infection were detected. Two different types of resistance are known in ETI mediated by R genes in terms of viral diseases. Hypersensitive response, where the pathogen is able to multiply in the host and a small number of cells before a programmed cell death is activated. And extreme resistance (ER), where no pathogen movement occurs, and first infected cells are the target of programmed cell death. The present study indicated, that after transformation, both resistance phenotypes developed. A possible explanation can be different expression levels, indicated by a two-fold higher expression of *Rz2* in the transgenic line showing ER after infection. But still, conclusion to the original host reaction cannot be drawn. The present study showed that it is possible to functionally transfer an R gene into a heterologous plant family and some downstream signaling pathways are conserved in the plant kingdom involved in resistance. It also indicated that the resistance mechanism is rather dependent on the integration site and its genetic background, instead of the resistance gene itself.

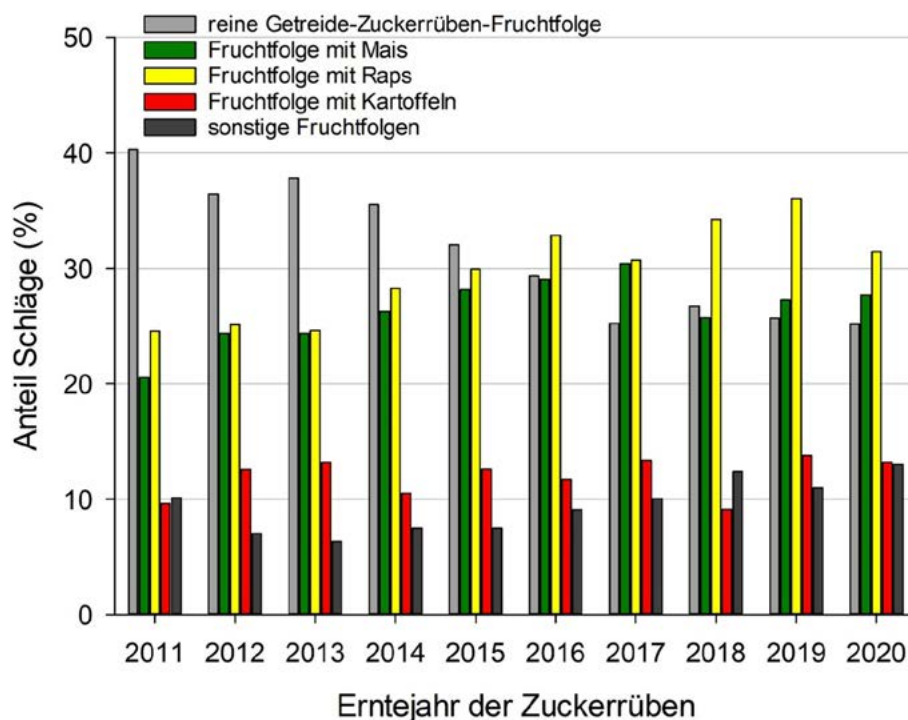
To study the interaction between *Rz2* and TGB1, different approaches studying protein-protein interaction were applied. Because of a strong autoactivation of TGB1, the yeast two-hybrid system was not suitable to investigate the interaction. *In silico* analysis indicated a strong transcription activation domain, which can be the reason for autoactivation. By using BiFC, a reconstituted mRFP was detected when *Rz2* and TGB1 were labelled with split parts of mRFP. But in the same approach, the biological function to elicit HR, was not observed. Even when mRFP might influence the biological function of the complex, this was not observed in the colocalization experiments. When *Rz2* was tagged at the C-terminal part with *smRSGFP* and *TGB1* was tagged also at the C-terminal part with *mRFP*, a strong HR was detected indicating that the fluorochromes do not influence biological function. But in the same combination, no signal was detected in BiFC assay. On the other side, the development of HR in colocalization experiments was quite rapid, making it impossible to detect the proteins in coexpression experiments and allowing no speculation about the distribution upon interaction of the proteins. In nature, the development of a resistance-breaking strain is responsible for the loss of the resistance. Described by the zigzag model by Jones and Dangl (2006), the identification of resistance-breaking strains before the breakdown of the resistance in nature, might help to strengthen the resistance gene. In case of *Rz2*, no natural resistance-breaking strains of BNYVV were reported yet. To investigate the TGB1 variability a Next Generation Sequencing approach was carried out. Naturally infected plants were analyzed for their TGB1 variability, indicating one mutation (P233T) leading to an amino acid exchange. The mutation was integrated in the TGB1 expression vector and tested for HR elicitation in coexpression with *Rz2* in *N. benthamiana*. In this test, HR developed as former observed when applying wildtype TGB1. In a recently published study, elevated BNYVV levels harboring *Rz1* and *Rz2* were observed, and soil samples were used to analyze the TGB1 variability. In total, three mutations were identified. Integration into the TGB1 expression vector and coexpression with *Rz2* still resulted in an HR reaction, indicating no resistance-breaking ability of these mutants.

This work showed that *Rz2* is able to recognize virus species derived from different plant virus families by direct or indirect interaction with *TGB1*. Furthermore, it was demonstrated that *Rz2* can be functionally transferred into a heterologous plant species and until now no resistance-breaking strain was identified. Taken together, *Rz2* seems to be a multitasking R gene, with a broad range of recognition, a strong durability and being able to function in a distinct plant family. With this, *Rz2* is a very powerful tool for breeding programs and might also be of interest for breeding viral resistance traits not only for sugar beet cultivation.

KENNZAHLEN ZUM ZUCKERRÜBENANBAU IN DEUTSCHLAND

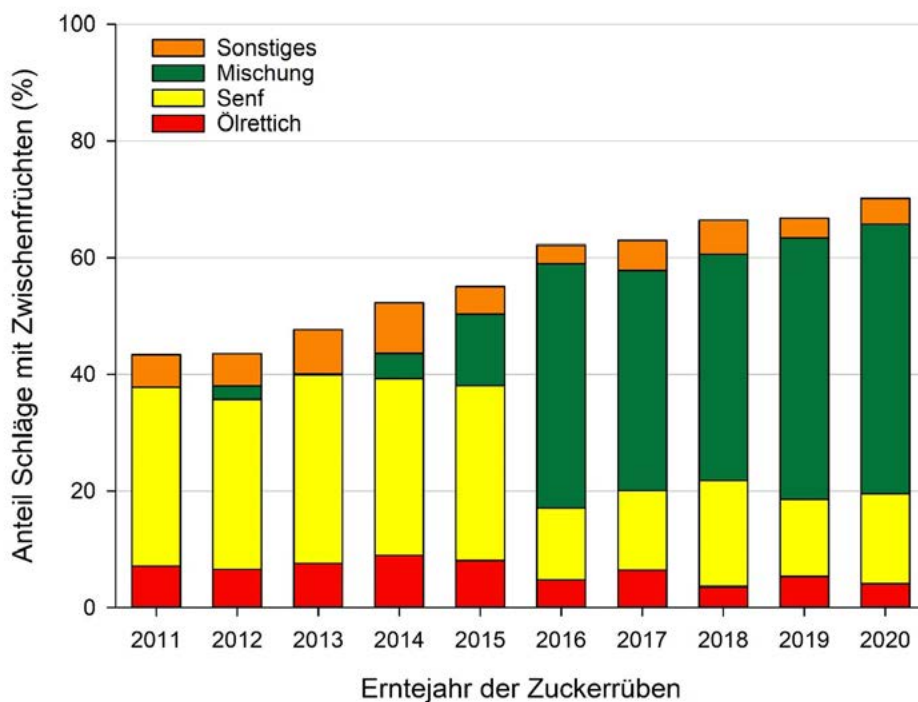


Wie entwickeln sich die Fruchtfolgen mit Zuckerrüben?



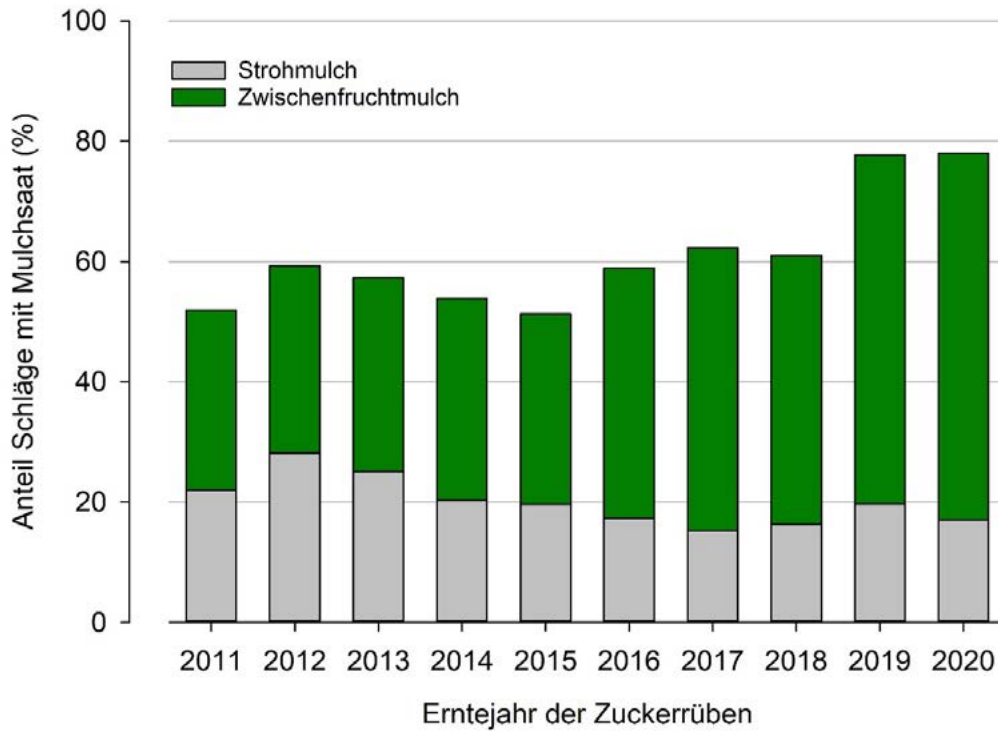
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 – 2020
(Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben)

Welche Zwischenfrüchte werden im Herbst vor den Zuckerrüben angebaut?



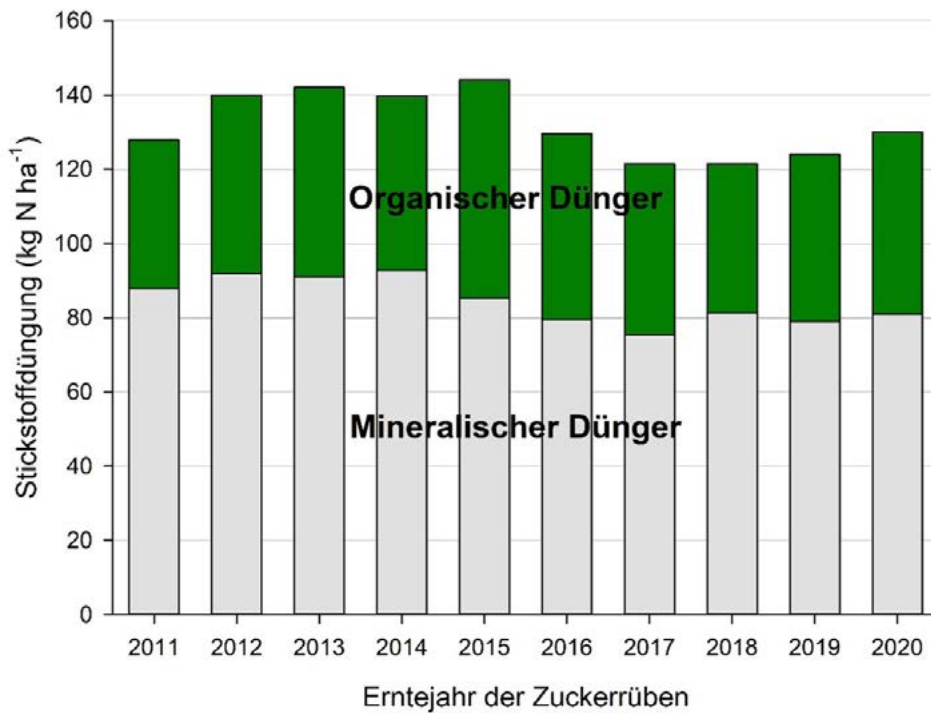
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 – 2020
(Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben)

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



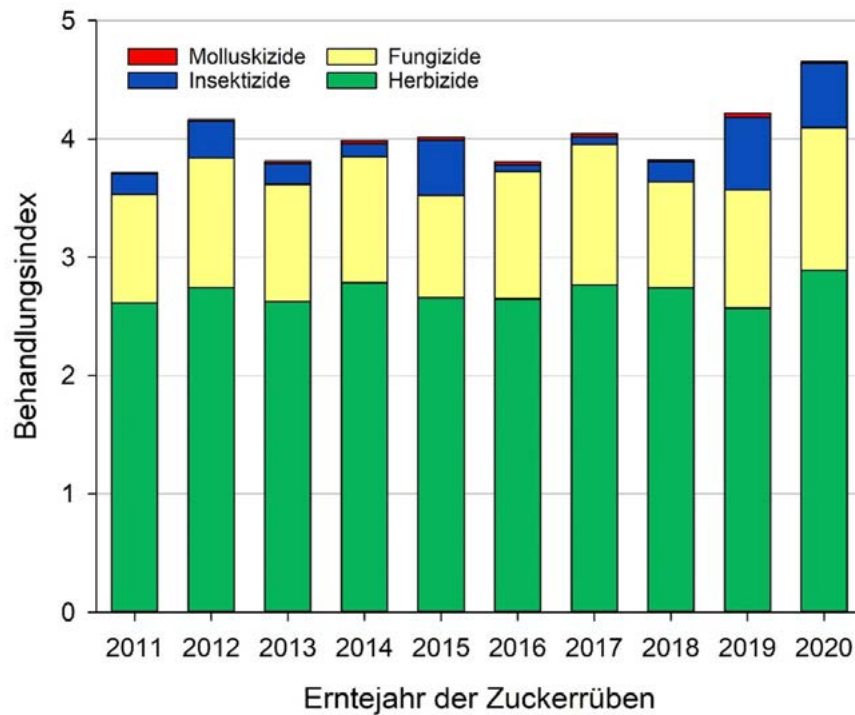
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 – 2020 (Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in über 300 Betrieben)

Wie hoch ist die N-Düngung zu Zuckerrüben?



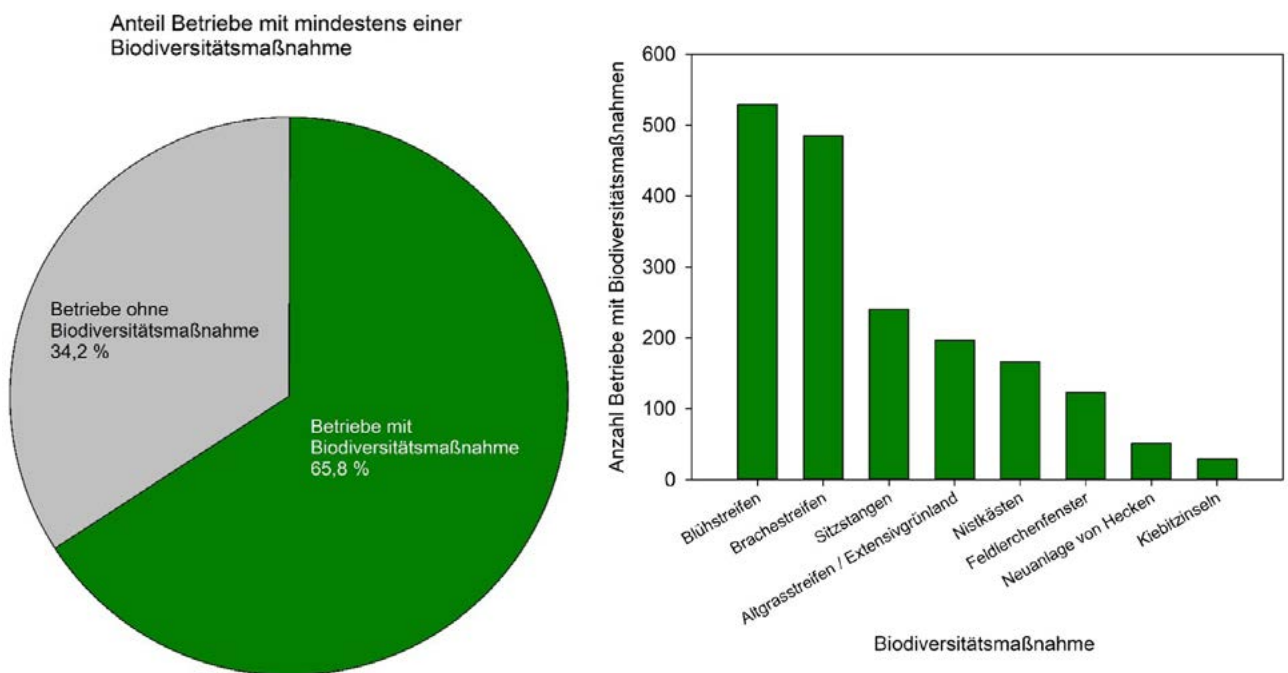
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 – 2020 (Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben, Mittelwerte über alle Schläge eines Befragungsjahres)

Wie entwickelt sich der Pflanzenschutz in Zuckerrüben?



Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2011 – 2020 (PAPA-Erhebung (<https://papa.julius-kuehn.de>), Angaben für den größten Zuckerrübenschlag in jährlich über 300 Betrieben, Mittelwerte über alle Schläge eines Befragungsjahres).

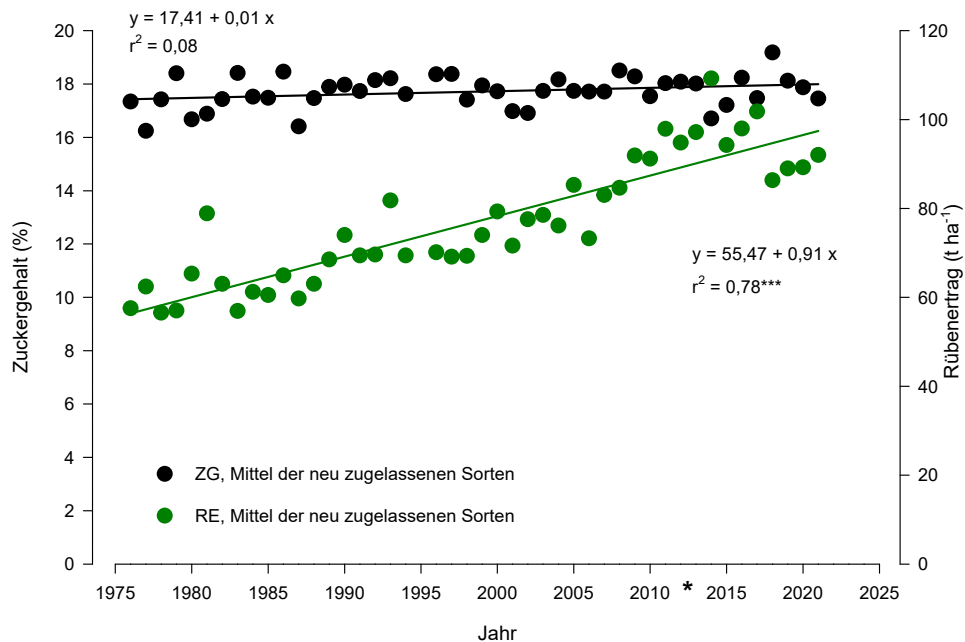
Welche Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität führen Zuckerrüben anbauende Betriebe durch?



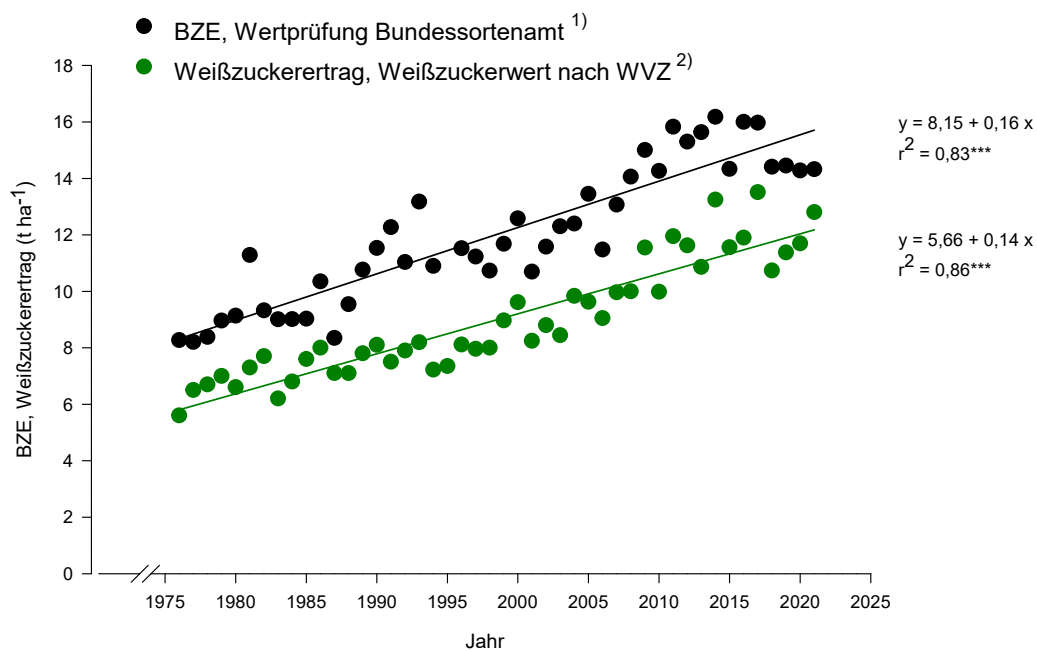
Ergebnisse aus der Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2017–2020 (Angaben aus jährlich über 300 Betrieben).

Zuckergehalt (ZG) und Rübenenertrag (RE) im Mittel der neu zugelassenen Sorten

Wertprüfungen des Bundessortenamtes 1976-2021



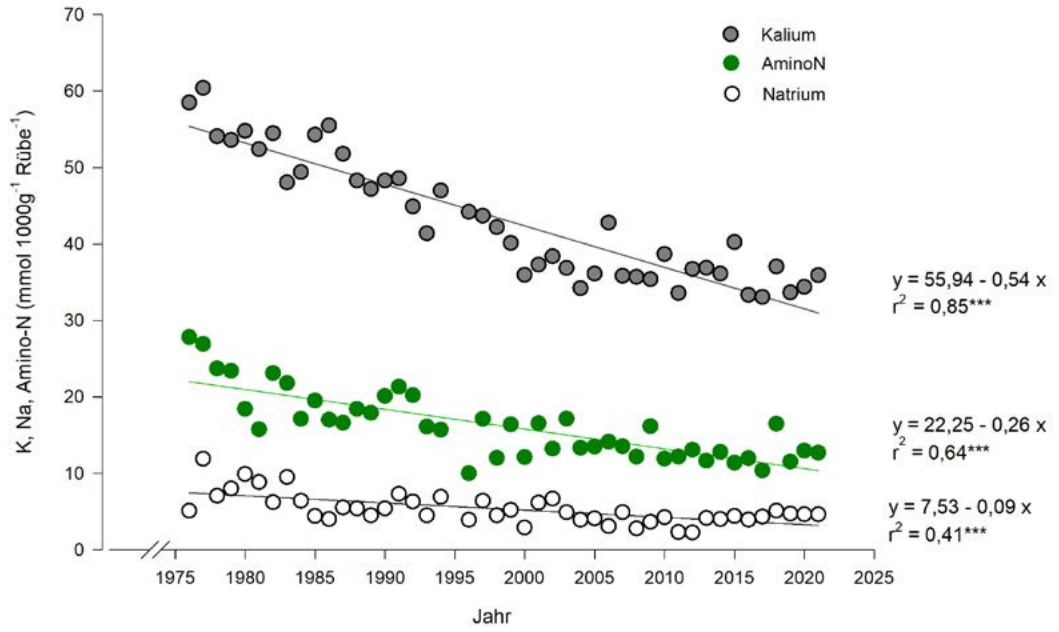
Bereinigter Zuckerertrag (BZE) der vom Bundessortenamt neu zugelassenen Sorten im Vergleich zum Weißzuckerertrag (WVZ) von 1976-2021



1) Zulassungsjahre 2004-2008 ohne Sorten mit Nematoden- oder Rhizoctoniatoleranz. Ab dem Zulassungsjahr 2009 mit Nematodentoleranz / -resistenz, aber ohne Rhizoctoniatoleranz.

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 1976-2021**



ANHANG

Gremien

Stand: April 2022

Mitglieder des Institutsausschusses

Claus-Friso Gellermann	Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. Lars Gorissen	Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. Thomas Kirchberg	Südzucker AG, Mannheim
Dr. Dierk Martin	Südzucker AG/ZAFES, Obrigheim Pfalz
Matthias Sauer	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Dr. Rainer Schechter	Südzucker AG, Mannheim
Dr. Hermann Schmitz	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Dr. Alexander Ungru	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
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. Thomas Kirchberg, Südzucker AG, Mannheim

Mitglieder des Koordinierungsausschusses

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

Arbeitskreis Pflanzenbau

Dr. Rudolf Apfelbeck	Verband Bayerischer Zuckerrübenanbauer e.V., Barbing
Stefan Büsching	Rübenanbauer- und Aktionärsverband Nord e.V., Uelzen
Daniel Hagedorn	Verband der Zuckerrübenanbauer im Lippe-Weser-Raum e.V., Emmenthal
Andreas Krumholz	Südzucker AG, Mannheim
Dr. Christian Lang	Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Worms
Heinz Leipertz	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Jülich
Simon Luyven	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln
Christian Mielke	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Fritjof Pape	Nordzucker AG, Nordstemmen
Sprecher:	Dr. Heinz-Josef Koch, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Pflanzenschutz

Harald Bauer	ARGE für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz, Worms
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
Georg Sander	Nordzucker AG, Uelzen
Axel Schulze	Anklamer Anbauerverband für Zuckerrüben e.V., Nordwestuckermark
Andreas Sonnenberg	Nordzucker AG, Schladen
Sprecher:	Dr. Erwin Ladewig, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen Prof. Dr. Mark Varrelmann, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Arbeitskreis Feldversuche

Harald Bauer	ARGE für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz, Worms
Stephen Baumgarten	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland, Braunschweig
Udo Beiersdorff	Agrartest GmbH, Rosenow
Christian Beyer	ARGE Versuchswesen im Zuckerrübenanbau Zeitz, Grana
Clemens Eßer	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, LIZ Koordinationsstelle, Köln
Jürgen Fiest	ARGE für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz, Heilbronn a. N.
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
Christoph Ott	ARGE für das Versuchswesen in Franken, Eibelstadt
Jan Schumacher	Cosun Beet Company GmbH & Co. KG, Anklam
Gerald Wagner	ARGE zur Förderung des Zuckerrübenanbaues Regensburg, Barbing
ständiger Gast:	Dr. Richard Manthey, Bundessortenamt, Referat 214, Hannover
Sprecher:	Dr. Erwin Ladewig, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Koordinierte Versuchsvorhaben

Koordinierte Versuchsvorhaben 2020

Arbeitskreis	Versuch	Varianten	Anzahl		Anz. Parz. bei ARGE
			Orte	Parzellen	
Sorten	Leistungsvergleich Neuer Sorten (LNS)	12	18	864	336
	Sortenleistungsvergleich (SV)	32	19	2.432	2.304
	Spezieller Sortenleistungsvergleich als Anhang zum Sortenleistungsvergleich (SSV)	5	10	200	200
	Sortenleistungsvergleich mit Nematodenbefall (SV-N)	16	30	1.920	1.088
	Sortenleistungsvergleich mit Rhizoctoniabefall (SV-Rh)	8	9	288	96
	Methodische Untersuchung - Aphanomyces	23	2	184	184
	Methodische Untersuchung - SBR (Syndrome Basses Richesses)	18	14	1008	792
	Pflanzenschutz	Ringversuch Herbizide	14	11	616
	Ringversuch Insektizide Mittelprüfung	9	3	81	54
	Ringversuch Fungizide - Mittelprüfung	8	6	192	192
	KA Tefluthrin am Saatgut	5	7	140	140
	Gemeinschaftsversuch Sorte x Fungizidstrategie	5	9	180	180
	Gemeinschaftsversuch Fungizide am Saatgut	10	2	80	40
	Gemeinschaftsversuch Restunkrautbekämpfung vor der Aussaat von Zuckerrüben (Streifenversuch)	4	4	16	16
Summe				8.201	6.238

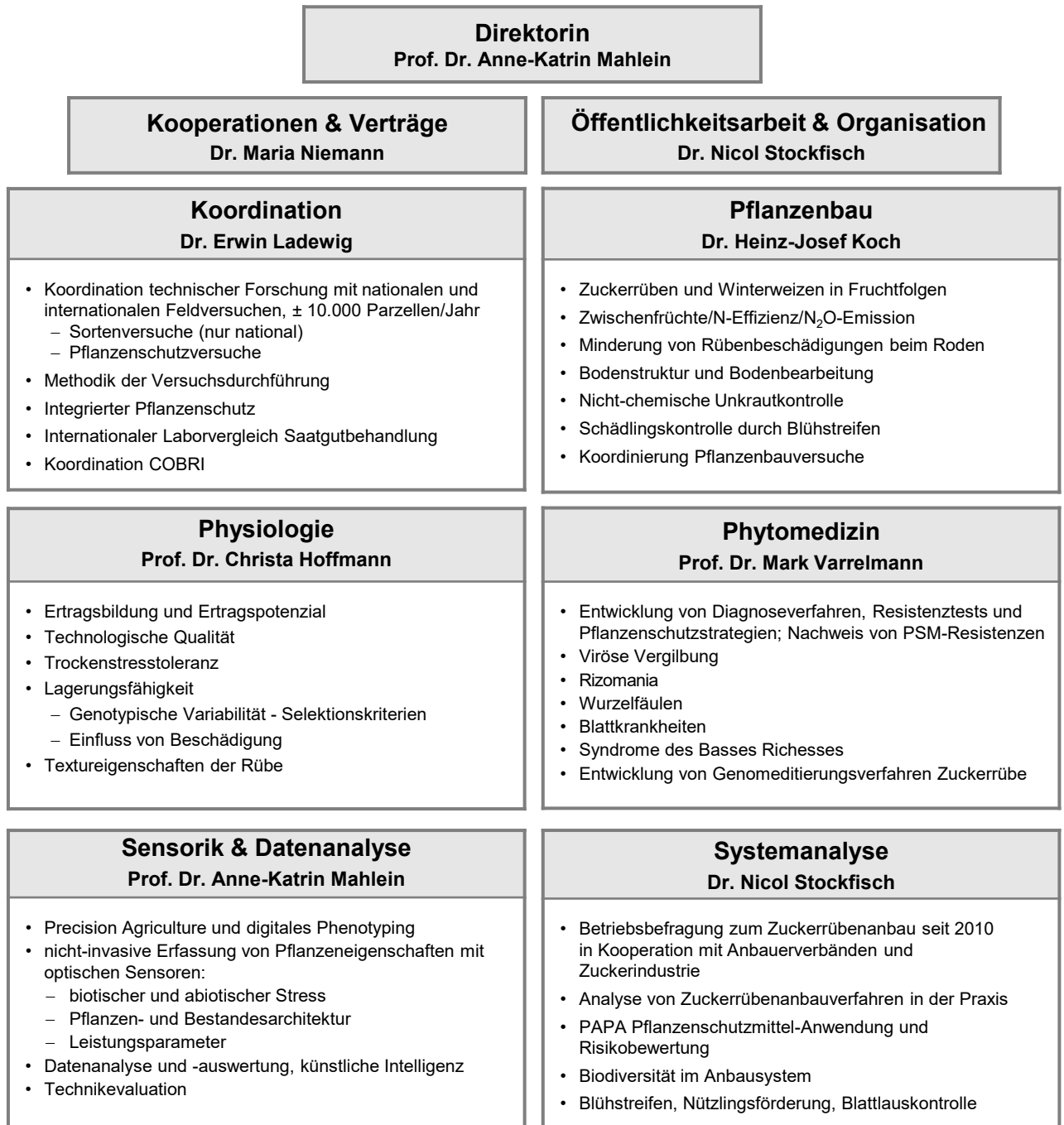
Stand: 30.03.2022

Koordinierte Versuchsvorhaben 2021

Arbeitskreis	Versuch	Varianten	Anzahl		Anz. Parz. bei ARGE
			Orte	Parzellen	
Sorten	Leistungsvergleich Neuer Sorten (LNS)	12	18	864	336
	Sortenleistungsvergleich (SV)	34	18	2.448	2.312
	Spezieller Sortenleistungsvergleich als Anhang zum Sortenleistungsvergleich (SSV)	9	10	360	360
	Sortenleistungsvergleich mit Nematodenbefall (SV-N)	19	30	2.280	1.292
	Sortenleistungsvergleich mit Rhizoctoniabefall (SV-Rh)	10	8	320	120
	Methodische Untersuchung - Aphanomyces	23	2	184	184
	Pflanzenschutz	Ringversuch Herbizide	15	11	660
	Ringversuch Insektizide Mittelprüfung	15	4	180	135
	Ringversuch Fungizide - Mittelprüfung	9	7	252	252
	Gemeinschaftsversuch Sorte x Fungizidstrategie	5/7	8	216	216
	Gemeinschaftsversuch Bekämpfung Rübenmotte (Streifenversuch)	3	5	15	12
Summe				7.779	5.879

Stand: 30.03.2022

Arbeitsgebiete des IfZ



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

I. im IfZ:

Bayer CropScience Deutschland GmbH, Langenfeld
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
Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V., Bonn
Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V., Bonn
IRBAB – Institut Royal Belge pour l'Amelioration de la Betterave, Tienen, B
Stichting IRS, Dinteloord, NL
Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt
KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck
Landwirtschaftliche Rentenbank, Frankfurt/M
NBR – Nordic Beet Research Foundation, Holeby, DK und Bjärred, S
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
Belchim Crop Protection Deutschland GmbH, Burgdorf
Betaseed GmbH, Frankfurt/M
Certis Europe B.V., Hamburg
Cheminova Deutschland GmbH & Co. KG (FMC Agricultural Solutions), Stade
Corteva Agriscience Germany GmbH (Dow AgroSciences GmbH), München
KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck
MariboHilleshög GmbH, Hannover
Nufarm Deutschland GmbH, Köln
SESVANDERHAVE Deutschland GmbH, Eisingen
Strube GmbH & Co. KG, Söllingen
Syngenta Agro GmbH, Maintal
UPL Deutschland GmbH, Brühl
Zasso GmbH, Aachen

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

Birgit Hanna Keppler, Maria Niemann

Druck

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

ISBN

978-3-88452-883-9

