

Boden gut machen – neue Ackerbausysteme

Online-Tagung
am 16. und 17. März 2021





Boden gut machen – neue Ackerbausysteme

KTBL-Tagung am 16. und 17. März 2021, online

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) | Darmstadt

Fachliche Begleitung

Programmausschuss

Benedikt Bösel | Prof. Dr. Peter Breunig | Dr. Knut Ehlers | Prof. Dr. Bärbel Gerowitt |
Prof. Dr. Eberhard Hartung | Dr. Martin Kunisch | Dr. Jens Möller | Dr. Matthias Nachtmann |
Dr. Peter Oswald | Prof. Dr. Knut Schmitke | Dr. Marco Schneider | Prof. Dr. Dieter Trautz |
Mortimer von Rümker | Prof. Dr.-Ing. Cornelia Weltzien | Prof. Dr. Volkmar Wolters

© KTBL 2021

Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 7001-0 | E-Mail: ktbl@ktbl.de
vertrieb@ktbl.de | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189
www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Titelfoto

© www.imago-images.de | westend61

Inhalt

Vorträge

Anforderungen an neue Ackerbausysteme – Anmerkungen aus ökonomischer Sicht LUDWIG THEUVSEN	8
Ackerbausysteme und Ernährungskulturen der Zukunft – Chancen und Risiken für die Gesellschaft von morgen GUNTHER HIRSCHFELDER	28
Herausforderungen durch verminderte Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln – pflanzenbauliche Ansätze zur Lösung? CAROLA PEKRUN, MIRIAM MESSELHÄUSER, SABINE HUBERT.....	47
Aktuelle Bestandesführung – Probleme erkennen, Kausalitäten verstehen, Lösungen entwickeln GERRIT HOGREFE.....	68
Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung EIKE STEFAN DOBERS.....	78
Agroforstwirtschaft als Chance, Landwirtschaft systemisch und multifunktional zu denken CHRISTIAN BÖHM	97
Multifunktionale Ackerbausysteme im ökologischen Landbau KNUT SCHMIDTKE	111
Zukünftige Technologien im Ackerbau – KI und Robotik auf dem Weg zu vollautomatischen Prozessen JOACHIM HERTZBERG	134
Potentiale der Digitalisierung für die Nachhaltigkeit CORNELIA WELTZIEN.....	143
Moderne Pflanzenzüchtung – Fundament zukünftiger Ackerbausysteme FRANK ORDON	153
Mit Spot Farming in die Zukunft des Pflanzenbaus JENS KARL WEGENER, DIETER VON HÖRSTEN.....	168
Bio ist nicht zu teuer, Konventionell ist zu billig! – Der wahre Preis von Lebensmitteln VOLKERT ENGELSMAN	185

Poster

Ackerbausysteme neu denken, Technik optimieren



Acker trägt Bäume – Etablierung eines diversen Agroforstsystems für Praxis und Forschung EVA-MARIA L. MINARSCH, SUZANNE R. JACOBS, PHILIPP KRAFT, LUTZ BREUER, ANDREAS GATTINGER, PHILIPP WECKENBROCK.....	201
Innovative Lehr- und Lernformate für neue Ackerbausysteme – dreijährige Erfahrungen aus dem Reallabor „Ackerbaum“ ANNA HELENA BROSE, BERNADETTE GUNDLACH, JUDITH SCHUBERT, LEA GERSTER, LEA MARTETSCHLÄGER, RALF BLOCH, TOBIAS CREMER.....	203
Ergebnisse aus dem Agroforstsystem Dornburg MAXIMILIAN WEBER, ANDREA BIERTÜMPFEL, TORSTEN GRAF, CAROLIN RUDOLF	205
PestiFreeWheat – die großflächige Etablierung eines pflanzenschutzmittelfreien Weizen-Anbausystems in der Schweiz NIKLAS MÖHRING, ROBERT FINGER	207
Mit kleinskaliger Bewirtschaftung zu einer nachhaltigen Landwirtschaft: Spot Farming JOHANNA SCHRÖDER, DIETER VON HÖRSTEN, JENS KARL WEGENER.....	209
Simulationsumgebung zur Abbildung und Bewertung technischer Konzepte in neuen Pflanzenbausystemen am Beispiel des Spot Farming LENNART TRÖSKEN, JAN SCHATTENBERG, LUDGER FRERICHS.....	212
Ökologische und ökonomische Potenziale digitaler Technologien im Unkrautmanagement SIMON WALTHER, MARWIN HAMPE	214
Präzisionslandwirtschaftstechnologien für eine nachhaltigere Landwirtschaft KARIN SPÄTI, ROBERT HUBER, ROBERT FINGER.....	216
BiWiBi-Projekt: Nachhaltige Kombination von bifacialen Solarmodulen, Windenergie und Biomasse bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Flächennutzung und Steigerung der Artenvielfalt HENRYK HAUFE, LAURA GARCIA, TORSTEN SCHMIDT-BAUM, NADINE PANNICKE-PROCHNOW, ANTJE BIRGER, CHRISTOPH GERHARDS, ANDREA SCHMEICHEL.....	218
Innovatives Verfahren zum Strohmanagement mittels „Kombi-Mulcher“ CHRISTIAN DEPENBROCK, LUDGER FRERICHS	221
Elektrisch angetriebenes, sensorgesteuertes Werkzeugsystem TIM BÖGEL	223
Auf dem Weg zur autonomen Aussaat und Düngung ALEXANDER STANA	225

Nährstoffe effizient nutzen



Gezielter Mineraldüngereinsatz mit Nutzpflanzenschutzwirkung –
Pathogenbekämpfung durch Wahl der Stickstoffform und Siliziumapplikation
NIELS JULIAN MAYWALD, UWE LUDEWIG..... 227



Bedarfsgerechte Kalkversorgung durch Teilflächeneinteilung
unter heterogenen Bodenbedingungen
CHARLOTTE KLING, ERIC BÖNECKE, INGMAR SCHRÖTER, SEBASTIAN VOGEL,
GOLO PHILIPP, KATRIN LÜCK, DIRK SCHEIBE, KARIN ZIEGER, ROBIN GEBBERS,
ECKART KRAMER, JÖRG RÜHLMANN 229

Standortangepasste vollautomatische Echtzeitprozessoptimierung
von solarbetriebener Bewässerung in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts
DIRK BORSBORFF, SIV BIADA, ANTJE AUGSTEIN, KLAUS ERDLE, ANNETTE DEUBEL,
PATRICK KEILHOLZ, ANDREAS SIMON..... 231

Innovatives Düngeverfahren mit zweijähriger Ausnutzung eines Struvit-
„Unterfuß“-Düngedepots
ANDREAS MUSKOLUS, JOACHIM CLEMENS 233

Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Messung von Ammoniak-
emissionen aus behandelten Wirtschaftsdüngern
SUSANNE HÖCHERL, FABIAN LICHTI, EBERHARD HARTUNG..... 235

Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL
SEBASTIAN PARZEFALL, JOHANNES BURMEISTER, MARTIN WIESMEIER, FLORIAN EBERTSEDER,
ROSWITHA WALTER, MAENDY FRITZ 237

Ein praxistaugliches Verfahren zur N-Düngebedarfsermittlung für Wintergetreide
im ökologischen Landbau
JETTE STIEBER, ULF JÄCKEL..... 239

Mehrjährige Wildpflanzenmischungen zur Biogaserzeugung verringern den
Nitratgehalt im Boden
KORNELIA MARZINI, ELENA KRIMMER, MARTIN DEGENBECK 241

Verfahrensvergleich und Umweltbewertung von innovativen Harnstoffdüngungs-
strategien am Standort Bernburg-Strenzfeld
HENNING PAMPERIN, INSA KÜHLING, FLORIAN EISSNER, NADINE TAUCHNITZ,
JOACHIM BISCHOFF, JAN RÜCKNAGEL..... 244

Boden und Klima schützen

Weiterentwicklung von Erosionsschutzverfahren im Mais unter der
Herausforderung des Verzichts auf Glyphosat
LUKAS WACHTER, FLORIAN EBERTSEDER 246

Entwicklung innovativer Strategien zum Glyphosatverzicht im pfluglosen
Ackerbau – EIP-Projekt
JANA EPPERLEIN, ANJA SCHMIDT..... 248

Erosionsschutz durch konservierende Bodenbearbeitung und Transfermulch (nicht nur) im Ökolandbau	
JULIA SCHUMANN, ULF JÄCKEL	249
Bodenwasserschutz und Stickstoffversorgung mit Transfermulch	
LARISSA HOFF, ULF JÄCKEL	251
Ökonomische Bewertung von Bodenverdichtungen und mögliche Vorteile durch angepasstes Bodenmanagement bei unsicheren Ertragseffekten	
SANDRA LEDERMÜLLER	253
Streifenbodenbearbeitung als Anpassung des Produktionsverfahrens an den Klimawandel im mitteldeutschen Trockengebiet	
SIV BIADA, REINHARD ROSSBERG, ALEXANDER VON CHAPPUIS, ANDREAS BÜCHSE, KLAUS ERDLE.....	254
Die Funktion von Bodenorganismen in NOcsPS-Anbausystemen	
ROMINA SCHUSTER, SVEN MARHAN, ELLEN KANDELER	256
Begleitender Versuch zur Kohlenstoffanreicherung in landwirtschaftlichen Böden als klimawirksame Maßnahme	
ZAUR JUMSHUDZADE, HANS MARTEN PAULSEN.....	258
Optimierung von Anbaustrategien und -verfahren zur Klimaanpassung (OptAKlim)	
MADELEINE PAAP, SANDRA KRENGEL-HORNEY, JÖRN STRASSEMAYER, MICHAEL GLEMNITZ, CLAUDIA BETHWELL, KRISTINA KIRFEL, FRIEDERIKE SCHWIERZ, TOBIAS CONRADT, CHRISTOPH MENZ, PETER HOFFMANN, CHRISTINE VON BUTTLER, JOACHIM AURBACHER, PHILIP RABENAU, JANINE MÜLLER	260
Bildung zur nachhaltigen Anpassung der Landwirtschaft in Deutschland an den Klimawandel	
ANDREAS ZIERMANN, SABINE SOMMER	262

Alternative Kulturen und innovative Züchtung



Battleground grain field-marker-assisted selection for Wheat dwarf virus (WDV) tolerance in wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	
ANNE-KATHRIN PFRIEME, ANTJE HABEKUSS, TORSTEN WILL.....	264
Entwicklung leistungsfähiger Elitesorten durch kontinuierliche Verbesserung des Ertragspotenzials und der Resistenz gegen wichtige phytopathogene Pilze bei Winterweizen	
HOLGER ZETZSCHE, ALBRECHT SERFLING, ANDREAS STAHL.....	265
Anbauwürdigkeit von ausdauerndem Weizen in Deutschland	
LUKAS VOGT.....	267
Präriestaudenmischungen fördern Biodiversität im Klimawandel	
ELENA KRIMMER, KORNELIA MARZINI, INA HEIDINGER, INGRID ILLIES, MARTIN DEGENBECK	269
Bunte Blühpflanzen und Sorghumhirsen im Mischanbau: insektenfreundliche Bioenergieerzeugung	
REINHOLD SIEDE, STEFFEN WINDPASSINGER, RALPH BÜCHLER.....	273

Modell- und Demonstrationsvorhaben im Bereich der Erhaltung und innovativen Nutzung der biologischen Vielfalt „Weite-Reihe-Getreide mit blühender Untersaat“	
RAINER OPPERMANN, CÉLINE WENDLAND, DORIS CHALWATZIS, SONJA PFISTER, OKSANA BUKHOVETS, ULRIKE KLÖBLE.....	275
Insektenfreundlicher Energiepflanzenbau – Optimierung der Produktionstechnik für Sorghum-Untersaaten-Kombinationen	
KATRIN REHAK, MAENDY FRITZ.....	277
Anisanbau zur Förderung der Biodiversität in der deutschen Agrarlandschaft	
ANNE-MARIE STACHE, URS HÄHNEL, FRANK MARTHE	279
Evaluierung genetischer Ressourcen des Weizens zur Ertragssicherung unter veränderten Klimabedingungen	
ALBRECHT SERFLING, ULRIKE BEUKERT, ANDREAS STAHL	281

Cleverer Pflanzenschutz mit Natur und Technik

Selbstregulierungsfähigkeit landwirtschaftlicher Böden – Einfluss von Regenwürmern (<i>Lumbricus terrestris</i>) auf die Befallsentwicklung von Kohlhernie (<i>Plasmodiophora brassicae</i>) in Raps	
FRIEDERIKE MEYER-WOLFARTH, TANJA SCHÜTTE, NAZANIN ZAMANI-NOOR.....	283
Risiken des Greenings und Zwischenfruchtanbaus auf die Vermehrung und Verbreitung von <i>Plasmodiophora brassicae</i> im Boden	
SINJA BRAND, HANS-PETER SÖCHTING, NAZANIN ZAMANI-NOOR.....	284
Biologische Blattlausbekämpfung durch Blühstreifen in Zuckerrüben	
SÖREN SCHILASKY, SOPHIA CZAJA	286
Gezielte Anwendung von Mineraldüngern zur Verbesserung der Pflanzentoleranz gegen Krankheitserreger unter Feldbedingungen	
MARKUS GÖBEL, KLÁRA BRADÁČOVÁ, TORSTEN MÜLLER.....	287
Unkrautmanagement in einem NOcsPS-Anbausystem unter Praxisbedingungen in Sommergerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	
MARCUS SAILE.....	289
Sensorgestützte herbizidfreie Unkrautregulierung in pfuglos angebauten Erbsen und Ackerbohnen	
ROBERT HOMMEL, ULF JÄCKEL, TIM ZURHEIDE, DIETER TRAUTZ	291
Method for the feasible acquisition of rating data and the use of the data for site-specific plant protection in agriculture – BoniPS	
JULIA GITZEL, JÜRGEN SCHWARZ	293
Nicht invasives, flächendeckendes Monitoringsystem für Pflanzenkrankheiten sowie Erprobung neuer BCAs für das NOcsPS-Anbausystem	
MARTIN RIEKER, STEFAN THOMAS, ABBAS EL-HASAN, RALF T. VOEGELE.....	295
Mitwirkende	297

Anforderungen an neue Ackerbausysteme – Anmerkungen aus ökonomischer Sicht

LUDWIG THEUVSEN

1 Ackerbau aus ökonomischer Perspektive

Betriebe oder Unternehmen sind Wirtschaftseinheiten, die Güter für fremden Bedarf produzieren. Eingebettet in ihre Umwelt stehen sie im Austausch mit Faktor- und Absatzmärkten, um Einkommen für ihre Eigentümer zu erzielen. Diese grundlegende ökonomische Charakterisierung von Betrieben gilt auch für die Landwirtschaft und damit letztlich auch für die dort implementierten Ackerbausysteme; sie sind ökonomisch nur nachhaltig, wenn die auf den Absatzmärkten zu erzielenden Umsatzerlöse (als Produkt aus erzeugten Mengen und Preisen) größer sind als die auf den Faktormärkten zu entrichtenden bzw. für die betriebseigenen Produktionsfaktoren zu kalkulierenden Faktorentgelte (Eisenführ und Theuvsen 2004).

Die Betriebswirtschaftslehre bietet ein breites Spektrum von absoluten und relativen Kennzahlen zur Beurteilung des wirtschaftlichen Erfolgs, aber auch der Stabilität und Liquidität und damit letztlich der Risikotragfähigkeit von Betrieben an (Frentrup et al. 2014, Vollmuth und Zwettler 2019). Das in der Landwirtschaft und gerade auch mit Blick auf den Ackerbau häufig angewandte Instrument der Betriebszweigabrechnung leitet ebenfalls entsprechende Kennzahlen her, etwa die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung oder das kalkulatorische Betriebszweigergebnis (DLG 2011, Mußhoff und Hirschauer 2020).

Ob ein Betrieb in der Lage ist, dauerhaft erfolgreich zu wirtschaften, hängt von der Ausprägung der internen Stärken und Schwäche – kurz: Erfolgsfaktoren – wie auch der Chancen und Risiken in seiner Umwelt ab; in der bekannten SWOT-Analyse fließen beide Perspektiven zusammen (Dabbert und Braun 2012). Als interne Erfolgsfaktoren gelten vor allem die jeweils verfolgten Strategien, beispielsweise Spezialisierung oder Diversifizierung, Kostenführerschafts-, Differenzierungs- oder Fokusstrategie, sowie die Ausstattung mit Ressourcen. Neben den physischen Ressourcen, allen voran den Eigenschaften des jeweiligen Standortes und der Kapitalkraft, werden in der Landwirtschaft zunehmend auch die Humanressourcen, namentlich die Qualifikationen und sonstigen Merkmale der Betriebsleiter, als wichtige Erfolgsfaktoren eingestuft (Inderhees 2007). Einen Überblick über relevante Umweltbereiche und deren Entwicklung vermittelt die PESTEL-Analyse, die die Entwicklung der politischen, sozialen, ökonomischen, technologischen, ökologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen als Grundlage der langfristigen Planung von Betrieben in den Blick nimmt (Grant und Nippa 2006).

Eine Antwort auf die Frage, welche Anforderungen an neue Ackerbausysteme aus ökonomischer Sicht zu stellen sind, muss vor dem skizzierten Hintergrund insbesondere die tiefgreifenden Veränderungen der externen Umwelt landwirtschaftlicher Betriebe in den Blick nehmen. Für Ackerbausysteme relevante Veränderungen lassen sich in allen Dimensionen der PESTEL-Analyse ausmachen – vom Klimawandel über technologische Neuerungen (namentlich Smart Farming) bis zur Verschärfung des Ordnungsrechts, beispielsweise durch die erneute Novellierung der Düngeverordnung im Jahr 2020. Einen besonderen Stellenwert besitzen aber ohne Zweifel die stark veränderten Erwartungen breiter Bevölkerungsschichten an die Erzeugung von Lebensmitteln und damit die landwirtschaftliche Produktion.

2 Anforderungen an Ackerbausysteme im gesellschaftlichen Wandel

Es fehlt nicht an Untersuchungen dazu, wie sich Verbraucherinnen und Verbraucher in Deutschland die Landwirtschaft im Allgemeinen und damit auch Ackerbausysteme vorstellen. Folgt man etwa der Studie von Zander et al. (2013), so stehen neben der Verbesserung der Tierhaltung vor allem die Reduzierung des Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, eine insgesamt ökologisch nachhaltigere Produktion, mehr regionale Erzeugung sowie kleinere, stärker diversifizierte Betriebe auf dem Wunschzettel vieler Menschen. Ähnliche Ergebnisse erbrachten die durch den Deutschen Bauernverband wiederholt in Auftrag gegebenen Verbraucherstudien. Insgesamt haben demnach deutsche Verbraucherinnen und Verbraucher hohe Erwartungen an die Landwirtinnen und Landwirte. 88 % der Befragten erwarten einen verantwortungsvollen Umgang mit Tieren, 74 % die Produktion von Nahrungsmitteln von hoher Qualität, je 73 % ein umweltbewusstes Wirtschaften und den Erhalt und die Pflege der Landschaft, 72 % eine Versorgung mit Produkten aus der Region, 67 % den Verzicht auf Gentechnik und 61 % eine Produktion ohne Raubbau an Boden, Luft und Wasser. Die Befragungen zeigen aber auch, dass zwischen Wunsch und Wirklichkeit eine deutliche Lücke klafft. So attestieren nur 21 % der befragten Verbraucherinnen und Verbraucher der deutschen Landwirtschaft, keinen Raubbau an Boden, Wasser und Luft zu betreiben, und nur 28 % erkennen ein umweltbewusstes Wirtschaften (Kantar Emnid 2017).

Die beschriebene Diskrepanz zwischen den Erwartungen der Menschen an die Landwirtschaft und ihren tatsächlichen Wahrnehmungen haben in den letzten Jahren den Boden bereitet für verschiedene Volksbegehren zum Artenschutz sowie zu daraus resultierenden Gesetzgebungsinitiativen zugunsten der Biodiversität in der Agrarlandschaft, so beispielsweise in Bayern und Baden-Württemberg. Eine vergleichbare Initiative in Niedersachsen führte im Jahr 2020 zur Unterzeichnung des sogenannten „Niedersächsischen Weges“, eines Maßnahmenpakets für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz, durch Umweltverbände, Vertreter der Landwirtschaft sowie die niedersächsische Landesregierung. Der „Niedersächsische Weg“ umfasst eine Reihe von Maßnahmen, die von großer Bedeutung für die zukünftige Ausgestaltung von Ackerbausystemen sind (o. V. 2020):

- Gewässerrandrandstreifen ohne Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln mit einer Breite von 10 m an Gewässern 1. Ordnung, von 5 m an Gewässern 2. Ordnung und – mit Ausnahmen – von 3 m an Gewässern 3. Ordnung;
- die Umsetzung von Maßnahmen für eine insektenfreundlichere Agrarlandschaft im Rahmen des Aktionsprogramms Insektenvielfalt Niedersachsen, z.B. durch eine extensivere Nutzung von Ackerflächen sowie die Erhöhung der Strukturvielfalt in der Agrarlandschaft;
- die Förderung einer moorschonenden Bewirtschaftung und den Humusaufbau;
- die Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln einschließlich des vollständigen Verzichts auf die Verwendung von Totalherbiziden auf Ackerflächen in Naturschutzgebieten;
- die Umsetzung einer Reduktionsstrategie für Pflanzenschutzmittel auf Ackerflächen außerhalb von Naturschutzgebieten.

Veränderungen werden zudem ausgehen von der im „Niedersächsischen Weg“ vereinbarten Schaffung eines landesweiten Biotopverbunds auf 15 % der Landesfläche bzw. 10 % der Offenlandfläche unter Einbeziehung bestehender Strukturen wie Hecken, Feldgehölzen, Alleen, Fließgewässern einschließlich ihrer Ufer sowie Feld- und Wegrainen sowie der Erhöhung des Anteils der ökologischen Landwirtschaft in Niedersachsen von aktuell gut 5 % Flächenanteil auf 10 % bis 2025 und 15 % bis 2030. Unterstützt werden soll die Neuausrichtung der Ackerbausysteme durch

den Einsatz Niedersachsens für eine Gemeinsame Agrarpolitik, die u. a. Klimaschutz, Biodiversität, Natur- und Gewässerschutz in den Mittelpunkt stellt.

Angesichts der verbreiteten gesellschaftlichen Wunsches nach einer ökologisch nachhaltigeren und klimafreundlicheren Landwirtschaft sowie der zunehmenden Ausrichtung der europäischen wie der deutschen Agrarpolitik an diesen Erwartungen werden zukünftig aus ökonomischer Sicht nur solche Ackerbausysteme erfolgreich sein können, die den exemplarisch im „Niedersächsischen Weg“ vereinbarten Anforderungen gerecht werden. Dies bedeutet, dass zukunftsfähige Ackerbausysteme

- den Fokus nicht mehr vorrangig auf die Steigerung von Hektarerträgen oder die Optimierung von Qualitätsparametern richten, sondern den Ausgleich von ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit suchen. Dies bedeutet gegenüber dem Status quo tendenziell eine Extensivierung der Produktion;
- effizienter mit Nährstoffen umgehen und mit erheblich weniger und im Idealfall sogar ganz ohne Pflanzenschutzmittel auskommen;
- zur Verbesserung der Pflanzengesundheit, zur Streuung der Ertragsrisiken und zur Steigerung der Biodiversität vielfältige Fruchtfolgen aufweisen;
- ein stärkeres Augenmerk auf die Steigerung der Humusgehalte im Boden und die Verminderung von Treibhausgasemissionen aus kohlenstoffreichen Böden richten;
- den züchterischen Fortschritt und damit nach Möglichkeit auch neue Züchtungstechnologien nutzen, um die Vorteile robuster, dem Klimawandel angepasster und trotzdem ertragreicher Nutzpflanzen zu nutzen;
- alle Möglichkeiten des Smart Farming umsetzen, um Betriebsmittel möglichst präzise und damit sparsam sowie bodenschonend auszubringen oder ihren Einsatz sogar vollständig zu substituieren, indem beispielsweise mechanisch arbeitende Feldroboter anstelle von Pflanzenschutzmitteln zur Unkrautregulierung eingesetzt werden.

Die Ackerbausysteme der Zukunft entsprechen somit aus ökonomischer Sicht in wesentlichen Teilen den Leitlinien, wie sie in der Ackerbaustrategie des BMEL (2019) und der Niedersächsischen Ackerbau- und Grünlandstrategie (ML 2021) skizziert worden sind.

3 Zukunftsfähige Ackerbausysteme und neuer Gesellschaftsvertrag

Die Landwirtschaft erzeugt überwiegend qualitativ relativ homogene Erzeugnisse, die – unabhängig davon, ob sie im In- oder Ausland abgesetzt werden – als „soft commodities“ letztlich zu Weltmarktpreisen gehandelt werden. Anforderungen an Ackerbausysteme, die sich aus dem Wunsch größerer Teile der Gesellschaft nach mehr Biodiversität und Klimaschutz ergeben, werden auf dem Weltmarkt in aller Regel (noch) nicht honoriert. Dies führt zu einem Spannungsverhältnis zwischen Ökonomie und Ökologie, das die deutsche Landwirtschaft insgesamt und damit auch den Ackerbau kennzeichnet. Die ökonomisch unvermeidliche Orientierung der landwirtschaftlichen Betriebe an Weltmarktpreisen bei der Konzipierung ihrer Produktionssysteme geht mit Defiziten namentlich im Bereich der Biodiversität und des Klimaschutzes einher. Die daraus resultierende Nichterfüllung gesellschaftlicher Erwartungen hat zu einem dramatischen Verlust an gesellschaftlicher Akzeptanz der modernen Intensivlandwirtschaft geführt, der die Zukunftsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe mehr und mehr in Frage stellt.

Auf der Suche nach einem Ausweg aus dieser für die Landwirtschaft wie die Gesellschaft gleichermaßen unbefriedigenden Situation wird seit einiger Zeit die Idee eines neuen Gesellschaftsvertrages mit der Landwirtschaft propagiert. Darunter verstehen Feindt et al. (2019) eine Verständigung darüber, welche Gemeinwohlleistungen die Gesellschaft über die Erzeugung von Nahrungsmitteln hinaus von der Landwirtschaft erwartet und wie die Rahmenbedingungen gesetzt werden müssen, um Landwirtinnen und Landwirten die Erbringung dieser Leistungen und zugleich die Erzielung angemessener Einkommen zu ermöglichen. Oder anders formuliert: Es geht um die Frage, zu welchen Umwelt- und Tierwohlstandards in Deutschland Nahrungsmittel erzeugt werden sollen und wie die Landwirtinnen und Landwirte für ihre Leistungen im Umwelt- und Tierschutz, die über die in den Weltmarktpreisen honoriierte Erfüllung von Mindeststandards hinausgehen, fair entlohnt werden können.

Während die Agrarprodukte als „soft commodities“ in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage zu Weltmarktpreisen vergütet werden, werden die der Landwirtschaft abverlangten Gemeinwohlleistungen außerhalb kleiner Marktnischen in aller Regel nicht und nur sehr unzureichend vergütet. Die Idee eines neuen Gesellschaftsvertrags mit der Landwirtschaft ist damit gleichbedeutend mit der erfolgreichen Suche nach einem dauerhaft tragfähigen Finanzierungsmodell für die Gemeinwohlleistungen der Landwirtschaft, die nicht vom Markt honoriert werden. Mit entsprechenden Finanzierungskonzepten, die beispielsweise unter dem Einfluss des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung („Borchert-Kommission“) für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung gegenwärtig unter dem Schlagwort „Tierwohlabgabe“ diskutiert werden, sind bedeutsame, jedoch nicht unlösbare förder- und finanzverfassungsrechtliche Probleme verbunden (Martinez 2021). Derartige Konzepte bieten aber unzweifelhaft die Chance, diejenigen Veränderungen in der Landwirtschaft – und damit auch im Ackerbau – zu finanzieren, die notwendig sind, um die entstandene Kluft zwischen Landwirtschaft und Gesellschaft zu überbrücken, landwirtschaftlichen Betrieben Zukunftsperspektiven zu eröffnen und Landwirtinnen und Landwirten wieder mehr Wertschätzung für ihre Tätigkeit zukommen zu lassen.

Der oben in seiner Bedeutung für den Ackerbau bereits skizzierte „Niedersächsische Weg“ ist Ausdruck und Teil eines derartigen neuen Gesellschaftsvertrags. Deutlich wird dies daran, dass der „Niedersächsische Weg“ gleichermaßen den Interessen des Natur-, Arten- und Gewässerschutzes wie auch denen der Landwirtschaft Rechnung trägt, indem er sich konsequent an zwei Prinzipien orientiert:

- 1) Wo immer möglich, gehen Freiwilligkeit und attraktive Anreize vor Zwang. Dies ist etwa der Fall bei der Förderung des ökologischen Landbaus, der Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes außerhalb von Naturschutzgebieten oder der Förderung einer moorschonenden Bewirtschaftung von Flächen.
- 2) Soweit der „Niedersächsische Weg“ nicht auf Freiwilligkeit setzt, etwa beim Verzicht auf den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf breiteren Gewässerrandstreifen, ist ein konsequenter Erschwernisausgleich aus Mitteln, die durch eine Anhebung der Wasserentnahmegebühr generiert werden, vorgesehen.

Die Leistungen der Betriebe im Natur-, Arten- und Gewässerschutz werden durch diesen Erschwernisausgleich honoriert. Auf diese Weise wird der Widerspruch zwischen Ökonomie und Ökologie, der die Einkommen der landwirtschaftlichen Betriebe und ihre Zukunftsfähigkeit gefährdet und zugleich den Fortschritt im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes hemmt, aufgelöst.

Dass sich dieser Gedanke mehr und mehr durchsetzt, verdeutlicht auch die Debatte um die Zukunft der Gemeinsamen Agrarpolitik. Unter dem vielzitierten Schlagwort „Öffentliches Geld für öffentliche Leistungen“ werden verstärkt Ansätze zur Honorierung von Umweltleistungen der Landwirtschaft diskutiert. Die kurzfristige Umsetzung dieses Konzepts wird allerdings durch den weiterhin bedeutsamen, wenn auch durch die teilweise Überwälzung auf die Pachtpreise geschmälernten Einkommensbeitrag der Direktzahlungen gehemmt. Hier besteht die Herausforderung in der kommenden Förderperiode ohne Zweifel darin, durch ein geschicktes Kommunikations- und Erwartungsmanagement nicht nur landwirtschaftliche Betriebe, sondern insbesondere auch die Verpächterinnen und Verpächter auf diesen Systemwandel hin zu einer zukunftsfähigen, an der Idee eines neuen Gesellschaftsvertrags mit der Landwirtschaft ausgerichteten Agrarpolitik vorzubereiten.

Literatur

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019): Diskussionspapier Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. Berlin
- Dabbert, S.; Braun, J. (2012): Landwirtschaftliche Betriebslehre: Grundwissen Bachelor. Stuttgart, Eugen Ulmer, 3. Aufl.
- DLG – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Hg.) (2011): Die neue Betriebszweigabrechnung: Ein Leitfaden für die Praxis. Frankfurt am Main, 3. Aufl.
- Eisenführ, F.; Theuvsen, L. (2004): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 4. Aufl.
- Feindt, P. H.; Krämer, C.; Früh-Müller, A.; Heißenhuber, A.; Pahl-Wostl, C.; Purnhagen, K. P.; Thomas, F.; van Bers, C.; Wolters, V. (2019): Ein neuer Gesellschaftsvertrag für eine nachhaltige Landwirtschaft. Wege zu einer integrativen Politik für den Agrarsektor. Berlin, Springer
- Frentrup, M.; Bronsema, H.; Pohl, C.; Theuvsen, L. (2014): Risikotragfähigkeit im Risikomanagementprozess: Konzeption und praktische Anwendung eines kennzahlengestützten Scoringssystems zur Analyse landwirtschaftlicher Familienbetriebe. Berichte über Landwirtschaft 92(1)
- Grant, R. M.; Nippa, M. (2006): Strategisches Management. Analyse, Entwicklung und Implementierung von Unternehmensstrategien. München, Pearson Studium, 5. Aufl.
- Inderhees, P.G. (2007): Strategische Unternehmensführung landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe: Eine Untersuchung am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- Kantar Emnid (2017): Das Image der deutschen Landwirtschaft. Ergebnisbericht. https://www.lbv-bw.de/artikel.dll/2017-emnidstudie-das-image-der-deutschen-landwirtschaft_NTQwMDgxNw.PDF?UID=FFFE8658F9FC0204365F1921CA16032738FF2E74E2CB44E6, Zugriff am 25.01.2021
- Martinez, J. (2021): Verfassungs- und europarechtliche Anforderungen an eine Tierwohlabgabe zur Finanzierung höherer Standards. Vortrag, Berliner Forum am 12. Januar 2021. https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/dbv/pressemitteilungen/2021/KW_01_bis_KW_20/KW_02/Vortrag_von_Prof._Dr._Martinez_zum_11._Berliner_Forum.pdf, Zugriff am 26.01.2021
- ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Niedersächsische Ackerbau- und Grünlandstrategie. Hannover
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2020): Modernes Agrarmanagement. Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. München, Vahlen, 5. Aufl.

O. V. (2020): Der Niedersächsische Weg – Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz.
www.niedersachsen.de/niedersaechsischer-weg, Zugriff am 26.01.2021

Vollmuth, H.; Zwettler, R. (2019): Kennzahlen. Freiburg im Breisgau, Haufe, 4. Aufl.

Zander, K.; Isermeyer, F.; Bürgelt, D.; Christoph-Schulz, I.; Salamon, P.; Weible, D. (2013):
Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. Münster, Stiftung Westfälische Landschaft

Die Zukunftsfähigkeit von Ackerbausystemen: Anmerkungen aus ökonomischer Sicht

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Staatssekretär

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

16. März 2021



Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Agenda

1. Ackerbau in Deutschland: Ein Erfolgsmodell
2. Ackerbau unter Stress
3. Lösungsansätze
 - 3.1 Digitalisierung
 - 3.2 Neuer Gesellschaftsvertrag mit der Landwirtschaft
4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

1. Ackerbau in Deutschland: Ein Erfolgsmodell

Langfristige Entwicklung der Hektarerträge:

Landwirtschaft im Jahrhundertvergleich – Hektarerträge

Erzeugnis	Einheit	1898-1902	1950-1955	2010-2015	2017	2018
Weizen	dt	18,5	27,4	77,1	76,4	61,5
Roggen	dt	14,9	23,8	53,6	50,9	42,2
Kartoffeln	dt	129,8	217,3	435,7	467,9	349,6
Zuckerrüben	dt	276,8	344,9	706,1	837,5	681,2

Angaben für 1950 bis 1955 beziehen sich auf das frühere Bundesgebiet

Quellen: Statistisches Bundesamt, eigene Schätzung

SB19-T12-3

(Quelle: DBV, Situationsbericht 2018/19)

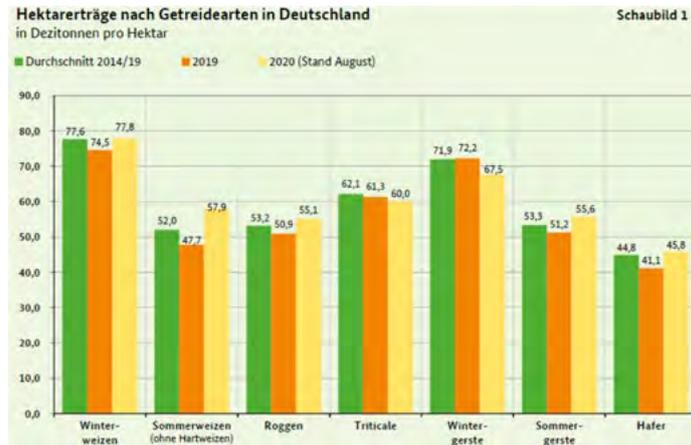


Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Hektarerträge stagnieren



(Quelle: BMEL, Erntebericht 2020)

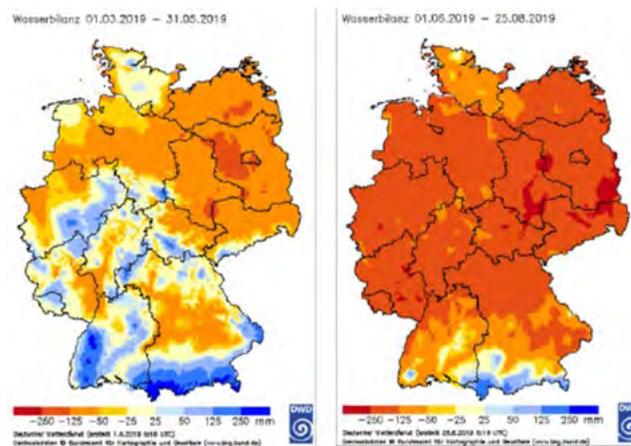


Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Klimawandel: Extremwetterereignisse; Frühjahrs-/Sommertrockenheit



(Quelle: BMEL, Erntebericht 2019)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Marktdruck: volatile Weltmarktpreise



(Quelle: BMEL, Erntebericht 2020)

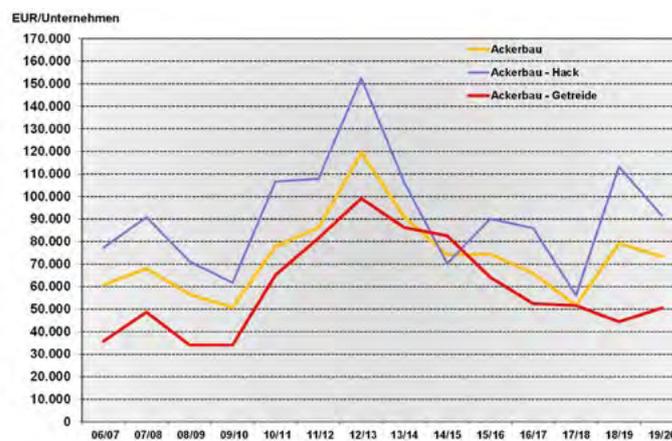


Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theusen

2. Ackerbau unter Stress

Marktdruck: Unternehmensergebnisse nds. Ackerbaubetriebe



(Quelle: LWK 2020, Niedersächsisches Testbetriebsnetz)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theusen

2. Ackerbau unter Stress

Marktdruck: Entlohnung eigener Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital)
niedersächsischer Ackerbaubetriebe

Wirtschaftsjahr	Ackerbau	A-Hack	A-Getr.
2012/13	173%	198%	153%
2013/14	136%	143%	138%
2014/15	101%	86%	121%
2015/16	92%	96%	87%
2016/17	83%	96%	70%
2017/18	61%	57%	69%
2018/19	97%	126%	58%
2019/20	83%	88%	67%

(Quelle: LWK 2020, Niedersächsisches Testbetriebsnetz)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Öffentliche Meinung: Akzeptanzverlust der Intensivlandwirtschaft

Gewünschte Eigenschaften der deutschen Landwirte 1
Verantwortungsvoller Umgang mit den Tieren hat weiterhin oberste Priorität



Angaben in Prozent; dargestellt: Anteil „sehr wünschenswert“
Frage: Ich nenne Ihnen nun einige Eigenschaften. Sagen Sie mir bitte jeweils, welche Eigenschaften idealerweise auf die deutschen Landwirte zutreffen sollten. Es geht jetzt also nicht darum, wie Sie die Landwirte tatsächlich beurteilen, sondern welche Eigenschaften Sie sich von den deutschen Landwirten wünschen.
Basis: 1.000 Befragte

KANTAR EMNID
Erhebung der deutschen Landwirtschaft
Herbst 2017



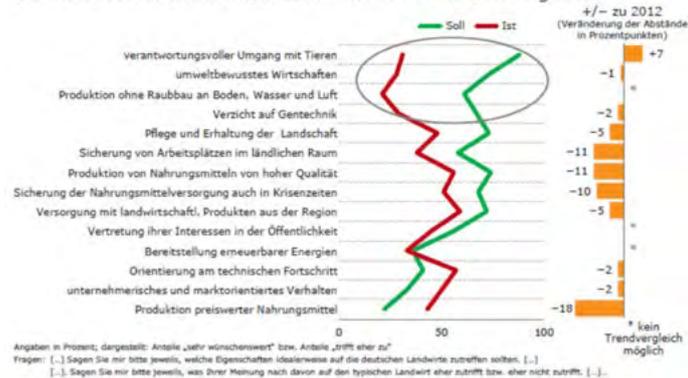
Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Öffentliche Meinung: Akzeptanzverlust der Intensivlandwirtschaft

Gewünschtes versus tatsächliches Eigenschaftsprofil
Größte Differenzen hinsichtlich des Umgangs mit Tieren, des umweltbewussten Wirtschaftens und der Nachhaltigkeit



KANTAR EMNID
Image der deutschen Landwirtschaft
März 2017



Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

2. Ackerbau unter Stress

Öffentliche Meinung: Volksbegehren Artenvielfalt

Bayern

Baden-Württemberg

Brandenburg

Niedersachsen

Nordrhein-Westfalen

(to be continued)

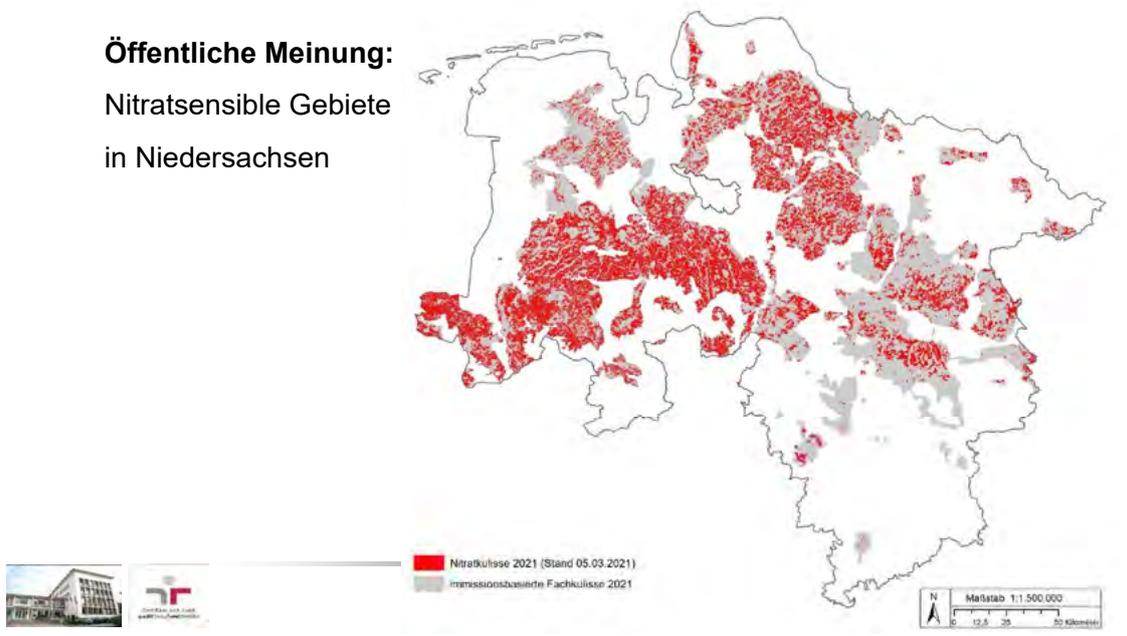


Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

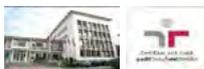
2. Ackerbau unter Stress

Öffentliche Meinung:
Nitratsensible Gebiete
in Niedersachsen



Agenda

1. Ackerbau in Deutschland: Ein Erfolgsmodell
2. Ackerbau unter Stress
- 3. Lösungsansätze**
 - 3.1 Digitalisierung**
 - 3.2 Neuer Gesellschaftsvertrag mit der Landwirtschaft**
4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen



3. Lösungsansätze

Digitalisierung

Entschärfung des Zielkonflikts zwischen Ökologie und Ökonomie



(Quelle: <https://www.bmel.de/DE/themen/digitalisierung/digitale-experimentierfelder.html>)



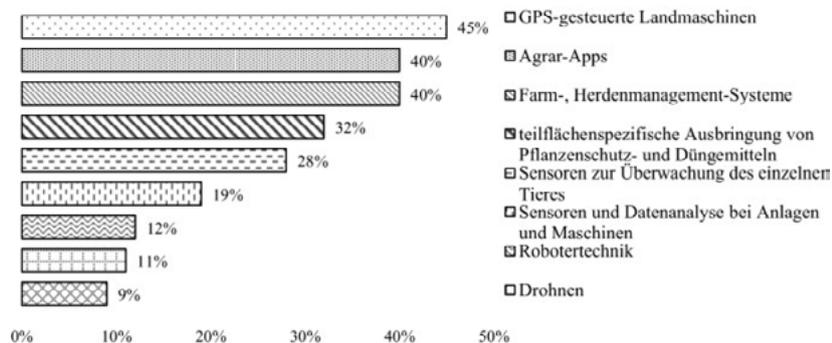
Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Digitalisierung

82% der landwirtschaftlichen Betriebe setzen digitale Technologien ein;
häufigste Einsatzgebiete:



(Quelle: Fuchs et al. 2021)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Digitalisierung: Einsparpotenzial GPS mit RTK-Korrektursignal

(Fruchtfolge: Raps, Weizen, Ackerbohne, Gerste)

Kostenposition	Betrag	Relative Einsparung	Absolute Einsparung
Saatgut	88 €	3%	2,64 €
Pflanzenschutz	207 €	3%	6,20 €
Dünger	188 €	3%	5,63 €
Variable Maschinenkosten ohne Ernte, Pflügen	95 €	5%	4,73 €
Lohnansatz ohne Ernte, Pflügen (15 €/h)	48 €	5%	2,42 €

(Quelle: Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen 2018)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

PraxisLabor Digitaler Ackerbau der LWK Niedersachsen: Domäne Schickelsheim (LK Helmstedt)



(Quelle: LWK Niedersachsen)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Ein „neuer Gesellschaftsvertrag“ („new social contract“) mit der Landwirtschaft:

„eine Verständigung darüber, welche Gemeinwohlleistungen die Gesellschaft über die Erzeugung von Nahrungsmitteln hinaus von der Landwirtschaft erwartet und wie die Rahmenbedingungen gesetzt werden müssen, um Landwirtinnen und Landwirten die Erbringung dieser Leistungen und zugleich die Erzielung angemessener Einkommen zu ermöglichen.“ (Theuvsen 2021 nach Feindt et al. 2019)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Ein „neuer Gesellschaftsvertrag“ mit der Landwirtschaft:

„Es geht um die Frage, zu welchen Umwelt- und Tierwohlstandards in Deutschland Nahrungsmittel erzeugt werden sollen und wie die ... Landwirte für ihre Leistungen im Umwelt- und Tierschutz, die über die in den Weltmarktpreisen honorierte Erfüllung von Mindeststandards hinausgehen, fair entlohnt werden können.“ (Theuvsen 2021)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Ein „neuer Gesellschaftsvertrag“ mit der Landwirtschaft:

Beispiel Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung („Borchert-Kommission“):

- Dreistufiges Tierwohl-Label für alle Tierarten. Beispiel Schwein:
 - Stufe 1: u.a. 20 % mehr Platz
 - Stufe 2: u.a. 47 % mehr Platz; Außenklimakontakt
 - Stufe 3: u.a. 100 % mehr Platz; Auslauf
- Stufe 2 ab 2040 gesetzlicher Mindeststandard
 - Investitionen; Mehrkosten; Leistungsverluste
- Finanzierungskonzept: „Tierwohl-Abgabe“



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Ein „neuer Gesellschaftsvertrag“ mit der Landwirtschaft:

Beispiel „Niedersächsischer Weg“:

- Vereinbarung zwischen Landesregierung, Landwirtschaft und Naturschutzverbänden in Niedersachsen
- Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz.
- Landwirtschaft und Naturschutz nicht als Gegensätze, sondern als Partner



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Ein „neuer Gesellschaftsvertrag“ mit der Landwirtschaft:

Der „Niedersächsische Weg“ umfasst u.a.:

- Breitere Gewässerrandstreifen ohne Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln:
 - Prinzip (mit Ausnahmen): 10 m an Gewässern 1. Ordnung, 5 m an Gewässern 2. Ordnung, 3 m an Gewässern 3. Ordnung.
 - In der Summe: einige zehntausend Kilometer Randstreifen.
- PSM-Reduktionsstrategie
- Ausbau des ökologischen Landbaus: 10 % bis 2025, 15 % bis 2030
(aktuell: gut 5 % der Fläche, 6 % der Betriebe)



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

3. Lösungsansätze

Berücksichtigung der Interessen von Landwirtschaft UND Natur- und Artenschutz durch zwei Grundprinzipien:

- Anreize statt Zwang – attraktive Angebote für Landwirte, z.B.:
 - Umstellung auf Ökolandbau
 - PSM-Reduktion außerhalb von Schutzgebieten
 - Agrarumweltmaßnahmen (mehrjährige Wildpflanzen, Moorbodenschutz etc.)
- Falls keine Freiwilligkeit – konsequenter Erschwernisausgleich, z.B.:
 - Gewässerrandstreifen ohne PSM und Düngemittel; Wiesenvogelschutz



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Agenda

1. Ackerbau in Deutschland: Ein Erfolgsmodell
2. Ackerbau unter Stress
3. Lösungsansätze
 - 3.1 Digitalisierung
 - 3.2 Neuer Gesellschaftsvertrag mit der Landwirtschaft
- 4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen**



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen

- Der Fokus ist nicht mehr vorrangig auf die Steigerung von Hektarerträgen oder die Optimierung von Qualitätsparametern, sondern auf den Ausgleich von ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit gerichtet.
 - Gegenüber dem Status quo tendenziell eine Extensivierung der Produktion
 - E. Bahrs (?): 90 – 70 – 50-Regel
- Effizienter Umgang mit Nährstoffen; erheblich weniger und im Idealfall weitgehender Verzicht auf Pflanzenschutzmittel.
- Vielfältigere Fruchtfolgen zur Verbesserung der Pflanzengesundheit, zur Streuung der Ertragsrisiken und zur Steigerung der Biodiversität.



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen

- Stärkeres Augenmerk auf Steigerung der Humusgehalte im Boden und die Verminderung von Treibhausgasemissionen aus kohlenstoffreichen Böden.
→ Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Moorbodenschutz: 5 Mio. Tonnen p.a. weniger CO₂-Emissionen aus Moorböden
- Nutzung des züchterischen Fortschritts und damit auch neuer Züchtungstechnologien, um die Vorteile robuster, dem Klimawandel angepasster und trotzdem ertragreicher Nutzpflanzen zu realisieren.



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

4. Ackerbausysteme der Zukunft: Sieben Thesen

- Umsetzung aller Möglichkeiten des Smart Farming, um Betriebsmittel möglichst präzise und damit sparsam sowie bodenschonend auszubringen oder ihren Einsatz sogar vollständig zu substituieren.
→ Zum Beispiel Einsatz mechanisch arbeitender Feldroboter anstelle von Pflanzenschutzmitteln zur Unkrautregulierung
- Erbringung von Leistungen im Natur-, Arten- und Gewässerschutz als eigenständiger (profitabler!) Teil der Fruchtfolge.



Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!




Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Ackerbausysteme und Ernährungskulturen der Zukunft – Chancen und Risiken für die Gesellschaft von morgen

GUNTHER HIRSCHFELDER

1 Einleitung

Die globalen Ackerbausysteme werden in Zukunft mit großen Herausforderungen konfrontiert sein. Eine erste Herausforderung liegt in der schnell wachsenden Weltbevölkerung mit ihrem noch schneller wachsenden Hunger. Von 7,8 Milliarden Menschen im Jahr 2021 werden wir auf etwa zehn Milliarden im Jahr 2050 steigen (United Nations 2012). 2050 ist aber nicht ferne Zukunft, sondern liegt nur eine Generation entfernt. Global Warming, Bodenerosion und Wasserknappheit führen dazu, dass sich die Agrarproduktion nicht unbedingt steigern lässt und wegen wachsender Konflikte und Kriege sogar sinken könnte. Die Zukunft der Landwirtschaft ist wie eine Gleichung mit vielen Unbekannten, die kaum aufzulösen oder zu prognostizieren ist. In jedem Fall besteht aber immenser wissenschaftlicher und politischer Handlungsbedarf, um Zukunft gestalten und ihre Risiken handhaben zu können. Eine zweite Herausforderung ist die Ökologie. Mehr als eine Millionen Arten sind vom Aussterben bedroht, Böden und Grundwasser sind mit Nitraten und Pestiziden belastet, Flächenfraß und Bodenversiegelung schreiten nicht nur in Amazonien und Asien in deprimierendem Tempo voran, sondern auch in Deutschland. Die dritte Herausforderung besteht im innergesellschaftlichen Handlungsdruck. Die Landwirtschaft erzeugt Lebensmittel, und die werden zunehmend als Problem wahrgenommen (Grossarth 2018), denn die Fehlernährung produziert alleine in Deutschland derzeit soziale Folgekosten in einer Größenordnung von 16,8 Milliarden Euro jährlich (Meier et al. 2015). In der Schnittmenge dieser Problemlagen befinden sich die Bäuerinnen und Bauern, die sich angesichts der Komplexität und des Ausmaßes der Kritik überfordert und gleichzeitig marginalisiert fühlen. Für all diese Problematiken ist mitnichten die Landwirtschaft alleine verantwortlich, auch wenn dies öffentlich teilweise so suggeriert wird – aber sie ist einer der zentralen Player im Bereich Umwelt- und Naturschutz und daher wichtiger Bestandteil dieser Diskurse.

Die Ackerbausysteme werden also in Zukunft mit erheblichen Risiken zu kämpfen haben; gleichzeitig bieten sich auch Chancen. Im wissenschaftlichen wie im medialen und politischen Diskurs wird aber oft recht isoliert auf die Landwirtschaft geblickt. Dabei ist sie in gesamtgesellschaftliche Prozesse eingebettet und stets und eng mit der Ernährungskultur verzahnt. Unter dieser Prämisse seien im Folgenden Schlaglichter auf die Zukunft geworfen – die sich dabei aber wohl wie stets ganz anders entwickeln wird, ist doch die Geschichte der Prognostik immer auch die ihres Nichteintreffens gewesen. Erschwerend kommt hinzu, dass wir, ähnlich wie in den Jahren um 1800, als Europa mit Aufklärung, den Ereignissen in Frankreich 1789 und der Industrialisierung in kurzer Zeit eine Trias an Revolutionen erlebte, die einen beschleunigten gesellschaftlichen und ökonomischen Wandel brachten. Innerhalb einer Generation war die Welt kaum wiederzuerkennen. Heute sind es die Faktoren Globalisierung bzw. De-Globalisierung, Folgen der Corona-Krise, Übergang von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft, Digitalisierung und die Entwicklung zur multiethnischen Gesellschaft, welche die Transformation von Wirtschaft und Kultur rasant beschleunigen (Hirschfelder et al. 2011).

2 Hauptteil

Diese Beschleunigung betrifft zunächst die globale Agrarproduktion, die zunehmend unter strukturellen Effizienzdruck gerät, denn wegen des zu erwartenden Bevölkerungswachstums wird die weltweite Produktion bis 2050 um mindestens 60 Prozent gesteigert werden müssen, und der globale Fleischverbrauch könnte sich aufgrund der Entwicklung in den Schwellenländern verdoppeln (FAO 2012); auch wenn wir ihn in den westlichen Ländern leicht reduzieren, ist ein doppelter Futtermittelverbrauch zu befürchten. Zudem wird vielfach gefordert, dass der Acker auch Energie liefern soll. Zuckerrohr und sogar Getreide zu Flugbenzin, während der globale Hunger zunimmt – eine paradoxe Lage. In Anbetracht des globalen Anstiegs der Nachfrage nach Qualitätslebensmitteln, die hohe Sicherheitsstandards erfüllen, ergeben sich für Deutschland zusätzliche Chancen, Agrarprodukte zu exportieren – was intensive Forschung und einen Innovationsschub nötig macht, der ökologische und konventionelle Landwirtschaft noch stärker verschränkt. Die Verwendung enzymatischer Futtermittel zur Methanreduzierung bei Wiederkäuern wäre hier ein Beispiel. Fast zwangsläufig werden Lebensmittelproduktion und Landwirtschaft noch stärker wissenschaftlich-technologisch; allerdings nicht unbedingt in großen Systemen, nicht unbedingt über große Flächen, denkt man etwa an GPS-Systeme mit Drohnen zur Identifizierung von Wiesenbrütern.

Global werden Nahrungs- und Umweltkrisen bis zur Jahrhundertmitte stark zunehmen, Bilder verhungender Menschen wie 1967 im Rahmen der Biafra-Krise werden die Öffentlichkeit mit zentralen ethischen Fragen konfrontieren: Was darf der Mensch in einer Demokratie essen, wenn andere hungern? Dürfen wir Nahrungs- und Futtermittel importieren und exportieren, sogar mit ihnen spekulieren, wenn dies grundlegend auf der Ausbeutung von Menschen, Tieren und Ressourcen basiert? Die Antworten unserer Gesellschaften lassen sich derzeit kaum prognostizieren, aber es ist davon auszugehen, dass einem wachsenden Qualitätsbewusstsein unter Preisdruck dann ein Trend zu Effizienzsteigerungen in der Produktion gegenüberstehen dürfte. Forschungsanstrengungen bestehen bereits auf breiter Front, denkt man etwa an den Innovationsraum *new food systems*, der seit 2019 als Verbundprojekt mit Partnern aus Wissenschaft, Gesellschaft und Industrie nachhaltigere Nahrungsmittelsysteme zur Erschließung alternativen Proteinquellen, großindustrielle Aquaponik oder neuen Pflanzen erforscht (<https://newfoodsystems.de/>). Innovationspotenzial haben auch Techniken wie das Vertical Farming, die vor allem dann praktikabel sein können, wenn sie in den Fokus von Investoren und Risikokapital rücken oder wenn Politik die finanziellen Mittel für Forschung bereitstellt; im Stadtstaat Singapur hat man sich in dieser Hinsicht bereits auf den Weg gemacht. Die Realisierung solcher Technologien wird letztlich von ökonomischen Machbarkeiten abhängen, denn wie oft kommt die Revolution erst mit Preissteigerung für Agrarprodukte und damit mit der Wirtschaftlichkeit.

In Deutschland sind neue Technologien und industrielle Produktionsmethoden derzeit politisch kaum vermittelbar, weltweit aber auf dem Vormarsch, denn wenn etwa Brasilien, China, Indonesien oder Indien auf ein marktkapitalisierendes Agrobusiness setzen, geraten nachhaltige und sozialverträgliche Formen der Landwirtschaft global gesehen weiter in die Defensive. Gerade in Deutschland könnten dagegen industrielle Klimakammern in kleinem Maßstab größere Chancen haben, etwa zur Anzucht von Nutzpflanzen wie Rucola, Spinat oder auch Quinoa – *Controlled environment* auf einem Kubikmeter für private Haushalte. Alle Parameter werden dabei über Interfaces gesteuert, etwa Smartphone-Apps. Auf diese Weise kann etwa Salat planmäßig und über Klimasteuerungen zur Erntereife gebracht werden. Weitere Innovationen mit gesellschaftlichem Akzeptanzpotenzial wären die Produktion proteinreicher Mikroalgen als Futtermittel, Insektenhaltung oder Aquakulturen.

Die Kulturwissenschaft selbst beschäftigt sich weniger stark mit der technischen Machbarkeit von Agrar- und Lebensmittelinnovationen, sondern in erster Linie mit ihrer Einbettung in die Gesellschaft – also Fragen nach Akzeptanz, Transformation, Materialität, kollektiven und individuellen Bewältigungen sowie bestehenden medialen Diskursen rund um Ernährung und Landwirtschaft –, subsumierend mit dem Blick auf die Menschen. Ob Käfighaltung als Fortschritt gefeiert oder als Tierquälerei verboten wird, ist abhängig von der kulturellen Bewertung und Aushandlung abweichender Parameter – z. B. von Effizienz oder Tierwohl. So lassen sich beispielsweise Prozesse der Tierhaltung, Fleischproduktion und -konsumption sowie ihre gesellschaftliche Einbettung und Bewertung diachron nachvollziehen, wie es derzeit im Regensburger Verbundprojekt „Verdinglichung des Lebendigen“ sowohl in kulturhistorischer als auch gegenwärtiger Perspektive erfolgt (<http://fleischwissen.blogspot.com/>). Hier wird erforscht, wie sich Fleisch im Verlauf des Industriezeitalters vom Symbol für Fortschritt und hohen Lebensstandard zur Chiffre für Fehlernährung, Tierleid und Umwelterstörung wandelte und welche Entwürfe künftiger Landwirtschaft und Ernährung bereits heute ausgehandelt und exploriert werden: Was sagen uns beispielsweise Kochbücher über die zeitgenössische Wertigkeit von Fleisch, über Verfügbarkeiten und transnationale Distributionen? Inwieweit spiegeln die Züchtung und Haltung regionaler Nutztierassen exemplarisch unseren Bedarf, unsere Erfahrung und unser Wissen im Umgang mit Tier und Fleisch? Und mit welchen Herausforderungen sehen sich Landwirte und Landwirtinnen gegenwärtig konfrontiert? Wie stellen sie unsere Fleischversorgung sicher und wie wird dies politisch-bürokratisch gerahmt?

Jüngere Studien stellen hier einen starken gesellschaftlichen Anerkennungsverlust der konventionellen Landwirtschaft heraus, die nicht mehr in erster Linie nach ihrer Produktivität, sondern am Maßstab nachhaltigen Wirtschaftens bewertet wird (Wittmann 2021). Emotionalität und Aufgeladenheit der Debatte erschweren den Dialog und machen lösungsorientierte Ansätze umso dringlicher, zumal nicht nur Ökologie und Klima, sondern auch die Landwirte und Landwirtinnen selbst darunter leiden, dass politisch langfristige Pläne und Visionen fehlen. Dazu kommen sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Bereich erheblicher ökonomischer Druck, Angst um das Überleben der Höfe angesichts fortbestehenden Strukturwandels und oft hohe Verschuldungen für Stallbauten und neue Maschinen, um international wettbewerbsfähig zu bleiben.

Aus einer Agro-Food-Studies-Forschungsperspektive heraus sind Fragen der Landwirtschaft immer auch mit der Entwicklung der Esskultur verbunden (Ermann et al. 2018). In der pluralistischen Lebensstilgesellschaft lässt sich eine Vielzahl nebeneinander – und häufig auch kontrastierend zueinander – verlaufender Ernährungstrends konstatieren, die auch in einer Wechselwirkung mit den Ackerbausystemen stehen. Einige seien hier kurz angeschnitten:

- Ein Trend, der maßgeblich auf Agrarpolitik und Ernährungsstile wirkt, ist die Ideologisierung von Landwirtschaft und Ernährung. Bis zu den Wendejahren um 1990 prägte die Frage nach der politischen Verortung in rechts und links den öffentlichen Diskurs. Es folgte eine Generation des neoliberalen Pragmatismus. Seit den 2010er-Jahren ist eine neue Ideologisierung zu beobachten. Diese bezieht sich aber nicht weniger auf politische Systeme als auf Ernährungsstile, die zwischen Selbstoptimierung und Weltrettung oszillieren. Gesellschaftliche und politische Diskussionen um Ackerbausystem werden deshalb so erbittert geführt, weil es sich um eine Stellvertreterdiskussion handelt, bei der es um die vermeintlich richtige Sicht auf globale Fragen geht: Wer für regionale Landwirtschaft ist, möchte den Klimawandel rückgängig machen, wer gerne argentinische Rotgarnelen kauft, ist den Folgen gegenüber gleichgültig oder er glaubt eher an die selbstregulierenden Kräfte des Marktes; Komplexitätsreduktionen, die ihre Entsprechungen auch in den Attributen gluten- und laktosefrei oder auch vegan finden.

- Ein weiterer Trend lässt sich als sinuskurvenförmiger Verlauf kultureller Prozesse verorten: Seit dem Ende der 1960er-Jahre hat sich eine romantisch-technikfeindliche Grundstimmung eingeschlichen, welche vor allem den medialen Diskurs maßgeblich bestimmt hat, da ihre Protagonistinnen und Protagonisten zu wichtigen Funktionsträgern avanciert sind. Mit dem anstehenden Generationswechsel werden sich auch die Leitperspektiven verschieben, und am Horizont stehen sowohl eine neue, aber radikale Umweltbewegung als auch ein neuer Pragmatismus in Bezug auf technische Innovationen wie In-vitro-Fleisch und Genfood.
- Daran anknüpfend lässt sich die Überwindung der Angst vor technisch veränderten Lebensmitteln nennen: *Medical food* und *personalisierte* Ernährung sind auf dem Vormarsch, *wearables* messen Körperdaten, und die Ernährung wird darauf abgestimmt. Die Akzeptanz für solche Optionen steigt, wenn genetische Disposition und damit individuelle Risiken für Diabetes oder Alzheimer identifiziert werden.
- Hiermit ebenfalls verschränkt ist, dass die Ernährung zum relevanten Körperstyling-Instrument avanciert, denn ein härter umkämpfter Arbeitsmarkt fördert die Entwicklung zur performativen Demonstration von Fitness sowohl in der analogen Welt als auch in den sozialen Netzwerken. Die segmentierte Gesellschaft spiegelt sich auch hier: Protagonistinnen und Protagonisten der Muskel- und Schönheitsfraktion inszenieren sich als vermeintlich authentische Influencerinnen und Influencer.
- Delivery-Angebote etwa durch *lieferando.de* und der Online-Einkauf von Lebensmitteln haben – nochmals beschleunigt durch die Corona-Pandemie – stark zugenommen. Wir sehen Systemgastronomen, hemdsärmelige Kleinanbieter und Start-ups, die überall hin liefern, billig und zielgruppenorientiert.
- Veränderte Arbeitsstrukturen führen gleichzeitig zum Wegfall chronologischer Mahlzeitsysteme: Essen ist zum Snacking geworden, findet vielfach eher zwischendurch und unbewusst statt, was auch einem Mangel an Zeit für aufwendigere Zubereitung geschuldet ist. Dadurch verliert Ernährung an sozialer Funktion: Im Gegensatz zum gemeinsamen Essen am Tisch findet Snacking eher alleine statt.
- Dazu nehmen wir bereits seit geraumer Zeit unbemerkt Abschied vom alten Dreiklang der deutschen Mahlzeit: Fleisch, Gemüse, Sättigungsbeilage. Die Internationalisierung der Esskultur hat hier zu einer anderen Geometrie der Mahlzeit beigetragen, weg von den Komponentengerichten hin zu All-in-one – etwa den Superfood-Bowls.
- Diese stehen wiederum in Verbindung mit der zunehmenden Verschränkung von Gesundheit, Ethik und Nachhaltigkeit im Kontext der Ernährung, die vor allem für – häufig urban lebende und akademisch geprägte – Teile der jüngeren Generationen von hoher Relevanz bleiben wird.
- Noch nicht absehbar ist die Reichweite der ökonomischen Rahmenbedingungen, die sich durch die Corona-Pandemie verschlechtern dürften. In Europa herrscht Rezessionsgefahr. Am Horizont steht neue Armut, und die ökonomische Schere öffnet sich zusehends. Auch im Bereich der Lebensmittel ist mit einer Ausweitung des Luxussegments für gesundheitsbewusste multi-optionale Hedonisten mit Vorliebe für hochwertige und sichere Produkte auf der einen Seite zu rechnen, während die wachsende Armut zu steigender Preissensibilität und sinkendem Qualitätsanspruch führt, damit auch zu neuem Pragmatismus.

3 Fazit

Die Landwirtschaft der Zukunft wird sich also einerseits nach ihren wissenschaftlichen, ökonomischen und agrarstrukturellen Rahmenbedingungen entwickeln, ist andererseits aber auch abhängig von kultureller Determiniertheit. Dazu zählen die unterschiedlichen nationalen Diskurse um das Thema Grüne Gentechnik ebenso wie politische Reaktionen auf die zunehmende öffentliche Relevanz von tierethischen Fragestellungen. Vor allem aber sind es zwei Parameter, die derzeit kaum kalkulierbar sind, denn einerseits ist offen, mit welcher Frequenz und mit welcher Vehemenz klimabedingte Extremwetterereignisse die mitteleuropäischen Landwirtschaften in näherer Zukunft treffen, und andererseits ist kaum abzuschätzen, wie die Gesellschaft auf eine sich verschärfende Krisenlage reagieren wird. Zumindest die Geschichte zeigt, die Gefahr, dass der Weg in die unausweichlichen gesellschaftlichen und ökonomischen Transformationen meist steinig und riskant ist.

Literatur

- Ermann, U.; Langthaler, E.; Penker, M.; Schermer, M. (2018): *Agro-Food Studies. Eine Einführung*. Köln, utb
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012): *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA E Working PaperNo. 12-0*
- Grossarth, J. (2018): *Die Vergiftung der Erde. Metaphern und Symbole agrarpolitischer Diskurse seit Beginn der Industrialisierung*. Frankfurt am Main, Campus
- Hirschfelder, G.; Ploeger, A.; Schönberger, G. (Hg.) (2011): *Die Zukunft auf dem Tisch. Analysen, Trends und Perspektiven der Ernährung von morgen*. Wiesbaden, Springer
- Meier, T.; Senfleben, K.; Deumelandt, P.; Christen, O.; Riedel, K.; Langer, M. (2015): *Healthcare Costs Associated with an Adequate Intake of Sugars, Salt and Saturated Fat in Germany: A Health Econometrical Analysis*. PLoS ONE 10(9), p. e0135990, doi:10.1371/journal.pone.0135990
- United Nations (Hg.) (2012): *World Population Prospects. The 2010 Revision. World Population change per year (thousands) Medium variant 1950–2050*. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs, New York, United Nations
- Volkmer, M.; Werner, K. (Hg.) (2020): *Die Corona-Gesellschaft. Analysen zur Lage und Perspektiven für die Zukunft*. Bielefeld
- Wittmann, B. (2021): *Intensivtierhaltung. Landwirtschaftliche Positionierungen im Spannungsfeld von Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft*. Reihe Umwelt und Gesellschaft. Bd. 25, Göttingen, V&R

Ackerbausysteme und Ernährungskulturen der Zukunft

Chancen und Risiken für die Gesellschaft von morgen

- Prof. Dr. Gunther Hirschfelder, Universität Regensburg -



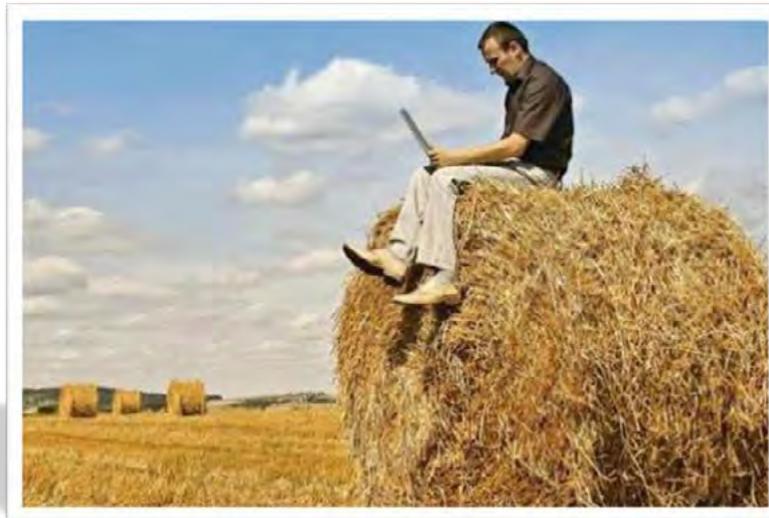
KTBL-Tage, 16. März 2021



**Agrarproduktion,
Bevölkerungswachstum und
Klimawandel – eine gefährliche
Mischung**



Landwirte – in der Schnittmenge aller Probleme!



Was denken Medien und Gesellschaft über die moderne Landwirtschaft?

Assoziationen mit Massentierhaltung



2050 müssen 9 Milliarden Menschen ernährt werden

Dynamische Landwirtschaft ist hier Dreh- und Angelpunkt



Wachsender Fleischverbrauch: bei uns unerwünscht, aber bevölkerungsstarke Länder Afrikas wie Äthiopien mit seinen 110 Millionen Einwohnern leiden immer noch unter markantem Eiweißmangel



Ist grüne Energie vom Bauernhof wirklich grün?
Und fair?



Effektivitätssteigerung der Landwirtschaft



Risiko zunehmender Nahrungskrisen





Vertical Farming – eine Option für die Zukunft?



**Globale Landwirtschaft wird nicht traditionell, sondern wissenschaftlich,
nachhaltig und hocheffizient**



Nachhaltigkeit funktioniert nur global

Technologie der Zukunft: Klimakammer



Vergleichende Kulturwissenschaft Regensburg



BMBF-Verbundprojekt *Verdinglichung des Lebendigen* „Fleischwissen“

- **TP 1:** Fleischwissen in kulturwissenschaftlicher Perspektive (*Uni Regensburg*)
 - TP 1.1:** „Fleischpfade“ – Ethnografie von Wertschöpfungsketten
 - TP 1.2:** „Fleischregion“ – Westerwälder Rind und Schwein als regionalhistorische Nutztierassen
 - TP 1.3:** „Fleischliteratur“ – Fleischwissen in historischer Koch- und Ratgeberliteratur
- **TP 2:** Fleischwissen in ernährungssoziologischer Perspektive (*HS Fulda*)
- **TP 3:** Innovationen des Fleischwissens (*ISInova Berlin*)



Barbara Wittmann: Landwirt – Tier – Gesellschaft.
Eine kulturwissenschaftliche Untersuchung
subjektzentrierter Positionierungen
von Intensivtierhaltern im Agrarraum Bayern.



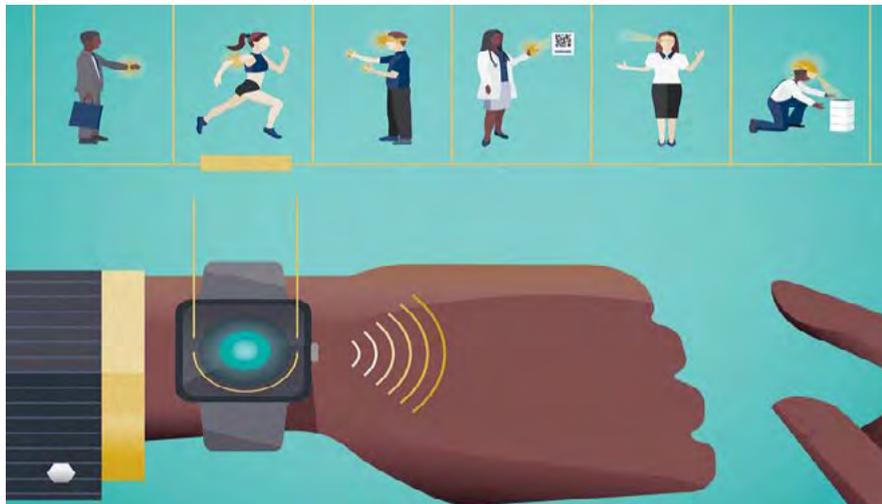


1. Die Ideologisierung von Landwirtschaft und Ernährung

2. Technikoffenheit vs. Techniksepsis:



3. Die Zukunft gehört *medical food* und personalisierter Ernährung



4. Essen als Körper-Styling

Ein gestyler Körper signalisiert:
Ich bin belastbar und stelle
mich erfolgreich den
Herausforderungen des
Arbeitsmarktes!



Trend 5: Onlineshopping und Delivery



Trend 6: Snacking versus Mahlzeit



Essen to go?

Feste Chronologie?



Trend 7: „all in one“



Trend 8: Gesundheit, Ethik und Nachhaltigkeit



Trend 9: Die ökonomische Schere öffnet sich weiter – mehr Luxus, gleichzeitig viel mehr Armut!



10. Global steigende Agrarpreise sind eine Chance für den Export

**Europa hat die besten Böden
und die stärkste
Agrarinfrastruktur, ist am
vielfältigste und hat am
wenigsten
Naturkatastrophen.
Europa: der stärkste
Kontinent!**





Fazit: Eine Zukunft voller Chancen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Herausforderungen durch verminderte Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln – pflanzenbauliche Ansätze zur Lösung?

CAROLA PEKRUN, MIRIAM MESSELHÄUSER, SABINE HUBERT

1 Einleitung

Die Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln für die konventionelle Pflanzenproduktion nimmt in den letzten Jahren kontinuierlich ab. Dies bezieht sich zum einen auf Wirkstoffe, die keine Zulassung mehr haben bzw. in absehbarer Zeit wahrscheinlich keine Zulassung mehr erhalten werden (z. B. Glyphosat, Reglone, neonicotinoide Beizen, Mesurool, Epoxiconazol, Chlortalonil). Zum anderen resultiert ein vermindertes Set an Pflanzenschutzmitteln daraus, dass in einigen Regionen Resistenzen entstanden sind. Resistenzen gegen diverse Herbizide zur Kontrolle von Ackerfuchschwanz oder Windhalm sind bereits weit verbreitet. Auch Unkrauthirsen haben vielfach Resistenzen gegen diverse Maisherbizide entwickelt, sodass die Bekämpfbarkeit zum Teil erschwert ist. Ähnliches gilt für Insektizidresistenzen beim Rapsglanzkäfer oder auch Rapserrdfloh sowie für Fungizidresistenzen, insbesondere gegen die Wirkstoffgruppe der Strobilurine. Daneben treten Krankheiten in den Vordergrund, die bisher keine Rolle oder nur eine regional stark begrenzte Rolle spielten, wie der Maiswurzelbohrer in Körnermais oder das Syndrome Basse Richesses (SBR) in Zuckerrüben, für die es keine praktikablen Pflanzenschutzlösungen gibt.

Die Möglichkeiten des chemischen Pflanzenschutzes sind somit eingeschränkt und führen durch Rückkoppelung zu weiterer Verschärfung der Resistenzsituation infolge des eingeschränkten Wirkungsspektrums. Als Lösung verbleiben pflanzenbauliche Maßnahmen, die politisch ohnehin erwünscht sind, wie dies beispielsweise in dem Diskussionspapier der Ackerbaustrategie 2035 des Landwirtschaftsministeriums zum Ausdruck kommt, aber auch in diversen anderen Politikpapieren.

2 Pflanzenbauliche Ansätze im Pflanzenschutz

2.1 Maßnahmen gegen bodenbürtige Schaderreger sowie Unkräuter

Die meisten Probleme, die sich auf bodenbürtige Schaderreger, aber auch Unkräuter beziehen, lassen sich durch Erweiterung der Fruchtfolge sowie durch Einsatz des Pfluges gut lösen. Allerdings erfordert eine erweiterte Fruchtfolge einen langen Atem und in aller Regel führt sie zu einem verringerten Deckungsbeitrag. Der Pflug ist auf vielen Flächen keine Option, entweder weil Erosion und Oberflächenabfluss dies verbieten oder weil wirtschaftliche Gründe dagegenstehen. Für diese Betriebe kommen weitere pflanzenbauliche Maßnahmen in Frage.

In Mulchsaatsystemen kommt der Stoppelbearbeitung eine verstärkte Bedeutung zu. In einem Versuch zur Stoppelbearbeitung auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Tachenhausen der HfWU zeigte sich, dass Quecken, die zu Beginn des Versuchs auf dem Acker überhaupt nicht vorkamen, bei unterlassener Stoppelbearbeitung (Kontrolle) innerhalb von 6 Jahren sehr stark zunahm (Abb. 1).

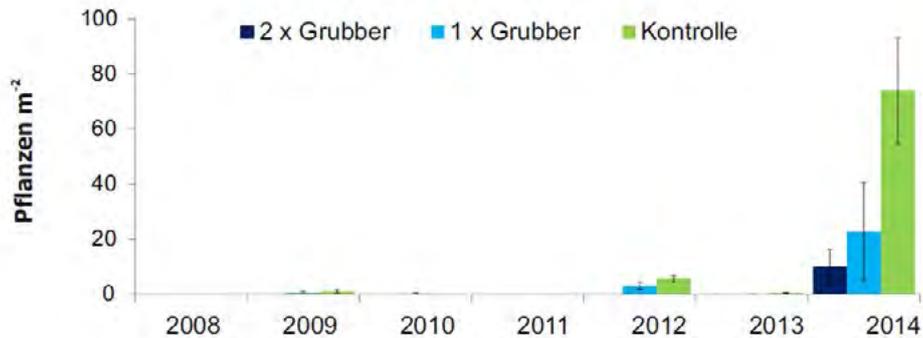


Abb. 1: Quecke in den Jahren 2008–2014 im Stoppelbearbeitungsversuch Tachenhausen. 2 x Grubber = 2 x Stoppelbearbeitung mit dem Grubber, sofort nach der Getreide- bzw. Rapserte und im Abstand von ca. 10 Tagen. 1 x Grubber = 1 x Stoppelbearbeitung direkt nach der Getreide- bzw. Rapserte. Kontrolle = keine Stoppelbearbeitung, nur Grundbodenbearbeitung im Herbst. Erhebungen jeweils im Sommer direkt nach dem Drusch auf der noch unbearbeiteten Stoppel. Fehlerbalken = Standardabweichung.

Hierbei ist sichtbar, dass die Quecken durch zweimalige flache Stoppelbearbeitung (Abstand zwischen den Maßnahmen etwa 10 Tage) tendenziell besser an der Ausbreitung auf dem Schlag gehindert werden konnte als durch einmalige Stoppelbearbeitung mit dem Grubber. Stoppelbearbeitung kann ebenso der Ausbreitung der Ackerkratzdistel wirksam entgegenwirken, wie nach 5-jähriger Versuchstätigkeit auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb Kleinhohenheim der Universität Hohenheim festzustellen war. Während die Distel infolge einer flachen Pflugbearbeitung oder Mulchsaat anstelle von tiefer Pflugarbeit zunahm, wurde sie durch Stoppelbearbeitung – in dem Fall mit dem Schälflug – auf niedriger Populationsdichte gehalten (Gruber und Claupein 2009).

Auch durch die Wahl eines späteren Saattermins kann auf Unkrautpopulationen Einfluss genommen werden. Im Fall von Ackerfuchsschwanz in Winterweizen ist eine Verschiebung des Saattermins in den November hinein hilfreich, wie Ergebnisse aus England zeigen (Abb. 2).

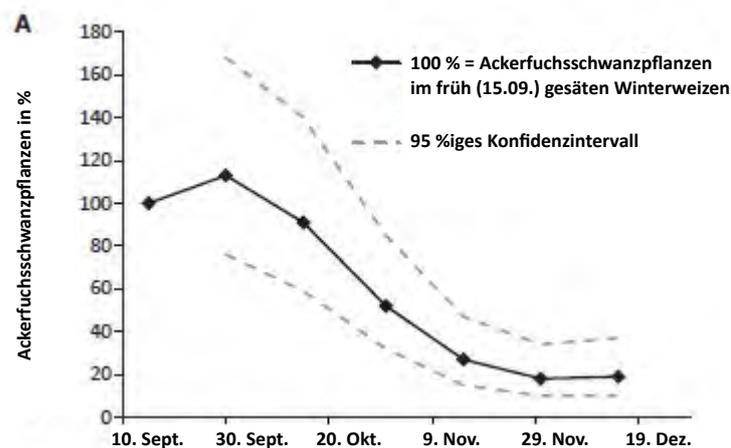


Abb. 2: Einfluss des Saattermins von Winterweizen auf den Aufgang von Ackerfuchsschwanz. Gestrichelte Linie = 95 %iges Konfidenzintervall (Lutman et al. 2013).

2.2 Maßnahmen gegen luftbürtige Schaderreger

Pilzkrankheiten, deren Hauptverbreitungsweg über die Luft erfolgt, lassen sich durch Fruchtfolge, Bodenbearbeitung oder Saattermin kaum beeinflussen. Hier ist ein wesentlicher Angriffspunkt die Sortenwahl. Ein Blick in die Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamts zeigt, dass es insbesondere bei Winterweizen ein breites Spektrum an Sorten mit verminderter Anfälligkeit gegenüber Mehltau, Blattseptoria, Drechslera tritici repentis, Gelb- und Braunrost oder Spelzenbräune gibt, was sich auch an guten Ertragsergebnissen auf Kornertragsstufe 1 (ohne Wachstumsregulator, ohne Fungizide) ablesen lässt. Auch wenn über die Sortenwahl nicht jedes Problem gelöst werden kann, welches durch den Wegfall von fungiziden Wirkstoffen entsteht (z.B. Wegfall von Chlortalonil in der Gerste), so ist hier möglicherweise ein Tool gegeben, welches in der Praxis bisher nicht in dem Maße genutzt wird, wie es bereits jetzt genutzt werden könnte.

Im Fall von Insektenschädlingen sind bisher keine relevanten Sorteneffekte bekannt, wenn man von gentechnisch veränderten Insektenresistenzen auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* (Bt) absieht, welche in Europa jedoch in absehbarer Zeit nicht im praktischen Anbau verfügbar sein wird. Hier bleibt im Wesentlichen nur die allgemeine Erhöhung der Biodiversität in der Agrarlandschaft, durch Maßnahmen im Feld, als auch in der das Feld umgebenden Flur.

2.3 Vielartige Zwischenfruchtmischungen als biodiversitätssteigernde Maßnahme

Neben der Erweiterung der Fruchtfolge, der Einsaat von Blühstreifen, der Nutzung von Brachejahren etc. stellt der Anbau vielartiger Zwischenfruchtmischungen eine Option zur Erhöhung der Biodiversität dar. In Versuchen mit Landwirten in Baden-Württemberg wurde der Anbau von vielartigen Zwischenfruchtmischungen (mindestens 5 Arten) über 6 Jahre getestet. Hierbei wurden die Zwischenfruchtmischungen jeweils sofort nach der Getreideernte mit Direktsaatgeräten etabliert und so lange wie möglich auf dem Feld stehen gelassen, um eine möglichst große Wirkung auf Boden, Tiere und Pflanzen zu erzielen. Die Fruchtfolgen bestanden in der Mehrzahl der Fälle zur Hälfte aus Sommerungen, sodass in der Regel alle zwei Jahre eine Zwischenfrucht stand. Die Zwischenfruchtmischungen wurden auf jedem Betrieb zur Hälfte auf Flächen mit Direktsaat eingesät und zur Hälfte auf Flächen, die in Mulchsaat bestellt wurden. Es bestand die Hypothese, dass infolge des intensiven Zwischenfruchtanbaus eine biologische Lockerung erfolgen würde, sodass sich die Erträge der Direktsaatflächen denen der Mulchsaatflächen annähern würden.

Diese Hypothese konnte nicht bestätigt werden. Die Erträge bei Direktsaat waren auch nach 6 Jahren geringer als die in Mulchsaat (Tab. 1). Durch die Zwischenfrüchte wurden keine positiven Effekte auf die Ertragsbildung, die Unkräuter in der Kultur oder die Krankheiten und Schädlinge festgestellt. Die Zwischenfrüchte zeitigten positive Wirkungen in Bezug auf die Minderung der Nitrat- auswaschung über Winter sowie die Verringerung der Erosionswahrscheinlichkeit (beides nicht dargestellt). Betriebswirtschaftlich gesehen muss jedoch konstatiert werden, dass der häufige und ausgedehnte Zwischenfruchtanbau mit 5 oder mehr Arten zu Nachteilen führte.

Tab. 1: Ertrag in Tonnen Getreideeinheiten pro Hektar im Mittel von 18 Betrieben in einem Onfarm-Projekt in Baden-Württemberg

Variante	Getreideeinheiten in t/ha						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014–2019
DS+ZF	6,2 a	5,5 ab	5,0 a	6,2 a	4,6 b	5,0 a	5,4 a
DS-ZF	6,3 a	5,1 b	5,1 a	6,7 a	4,9 b	5,1 a	5,5 a
MS+ZF	7,1 a	6,2 a	5,2 a	7,0 a	6,0 a	5,5 a	6,2 b
MS-ZF	6,8 a	6,2 a	5,3 a	6,9 a	5,9 a	5,8 a	6,2 b
DS	6,3 a	5,3 a	5,1 a	6,5 a	4,8 a	5,1 a	5,5 a
MS	7,0 a	6,2 b	5,3 a	7,0 a	6,0 b	5,7 a	6,2 b

DS+ZF = Direktsaat + Zwischenfruchtmischungen; DS-ZF = Direktsaat ohne Zwischenfruchtmischungen;
 MS+ZF = Mulchsaat + Zwischenfruchtmischungen; MS-ZF = Mulchsaat ohne Zwischenfruchtmischungen;
 unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen den Varianten an mit $p = 0,05$

Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass positive ökologische Effekte infolge der Bodenruhe, dem Nahrungsangebot für Insekten, Vögel und anderen Tieren der Agrarlandschaft bestanden und dass hierdurch ein Beitrag zur Stabilisierung des Agrarökosystems und damit vermutlich zur Minderung der Schadenswahrscheinlichkeit bestand. Darüber hinaus wurde das Landschaftsbild gefördert.

3 Fazit

Die Herausforderungen, die sich durch verminderte Verfügbarkeit von chemischen Pflanzenschutzmitteln ergeben, lassen sich überwiegend durch pflanzenbauliche Maßnahmen lösen. Allerdings erfordern diese stets einen erhöhten Aufwand bzw. resultieren in einem geringeren Ertrag. Betriebswirtschaftlich sind deshalb diese Maßnahmen nur dann angebracht, wenn der ökonomische Verlust von der Gesellschaft ausreichend honoriert wird, sei es durch Agrarumweltmaßnahmen oder durch erhöhte Produktpreise infolge einer höheren Prozessqualität.

Literatur

Gruber, S.; Claupein, W. (2009): Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research* 105, pp. 104–111

Lutman, P. J. W.; Moss, S. R.; Cook, S.; Welham, S. J. (2013): A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* 53, pp. 299–313

Danksagung

Das Onfarm-Projekt zum konservierenden Ackerbau wurde vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg finanziert, wofür ich herzlich danke.

Herausforderungen durch verminderte Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln

—

Pflanzenbauliche Ansätze zur Lösung?

Carola Pekrun, Miriam Messelhäuser, Sabine Hubert
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)

KTBL-Tage 2021: Boden gut machen – neue Ackerbausysteme

www.hfwu.de

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit

Rückmeldungen von Berater*innen

1. Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz
2. Herbizidresistente Unkrauthirsen
3. Wegfall von Glyphosat: Wurzelunkräuter

4. Insektizidresistenter Rapsglanzkäfer, tw. auch Rapserrdfloh
5. Fehlende neonikotinoide Beize in Raps, Zuckerrüben, Getreide, Kartoffeln
6. Wegfall der Mesurolobeize in Mais: Krähenfraß
7. zunehmende Maiswurzelbohrerpopulationen im Oberrheingraben

8. Cercospora in Zuckerrüben ohne Epoxiconazol
9. Blattkrankheiten Getreide, wenn nur noch wenige Wirkstoffe
10. Wegfall von Chlorthalonil: Ramularia in der Gerste

2

www.hfwu.de

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit

Rückmeldung von Berater*innen

11. Wegfall von Reglone zur Sikkation von Kartoffeln
12. Syndrom Basses Richesse (SBR) in Zuckerrüben

**Unsicherheit aufgrund jährlich wechselnder
Informationen zur Verfügbarkeit von Wirkstoffen**

3

www.hfwu.de

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit

1. Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz



Fotos: Messelhäuser

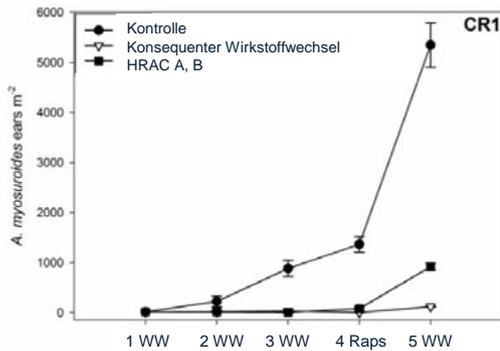


4

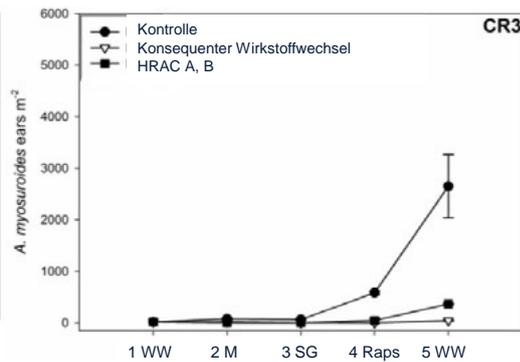
www.hfwu.de

Ackerfuchsschwanz – der Einfluss der Fruchtfolge und des Herbizidregimes

Winterweizen-betonte Fruchtfolge



2 Sommerungen in 5 Jahren



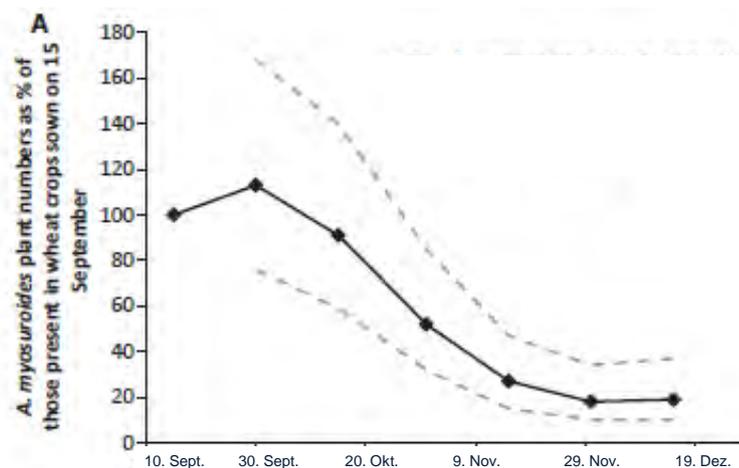
WW = Winterweizen; Raps = Raps; M = Mais; SG = Sommergerste

Quelle: Zeller et al., 2018: Suppressing *Alopecurus myosuroides* Huds. In Rotations of Winter-Annual and Spring Crops. Agriculture 8, 91; doi:10.3390/agriculture807009

5

www.hfwu.de

Einfluss des Saattermins von Winterweizen auf den Aufgang von Ackerfuchsschwanz



--- 95 % confidence limits

6

Quelle: LUTMAN PJW, MOSS SR, COOK S & WELHAM SJ, 2013: Weed Research 53, 299–313.

www.hfwu.de

Zwischenfazit

Ackerfuchsschwanz

- Fruchtfolge
- Wirkstoffwechsel
- Saattermin
- Bodenbearbeitung



Fotos: Optische Unterschiede zwischen Früh (rechts) und Spätsaat (links). Unten: März; Oben: Juli (Messelhäuser)

7

www.hfwu.de

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit

1. Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz
2. Herbizidresistente Unkrauthirsen
3. Wegfall von Glyphosat: Wurzelunkräuter



Quecke

Fotos: Pekrun



Ackerwinde



Ackerkratzdistel

8

www.hfwu.de

Stoppelbearbeitung als Ausgleich zur flachen Grundbodenbearbeitung

Disteln nach 5-jähriger Versuchstätigkeit

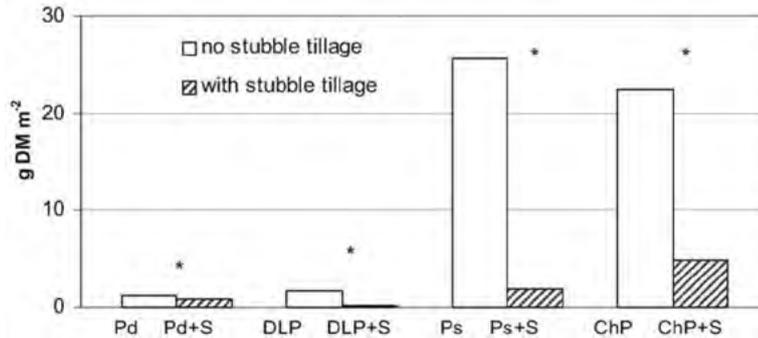


Fig. 3. Experiment 3: *C. arvensis* biomass (DM, dry matter) in oat in summer 2006, after 5 years of different primary tillage and stubble tillage (Pd: deep plough; DLP: double-layer plough; Ps: shallow plough; ChP: chisel plough; +S: with stubble tillage by a skimmer plough); *significant differences ($P < 0.05$) for the comparison of stubble tillage treatments for each primary tillage treatment.

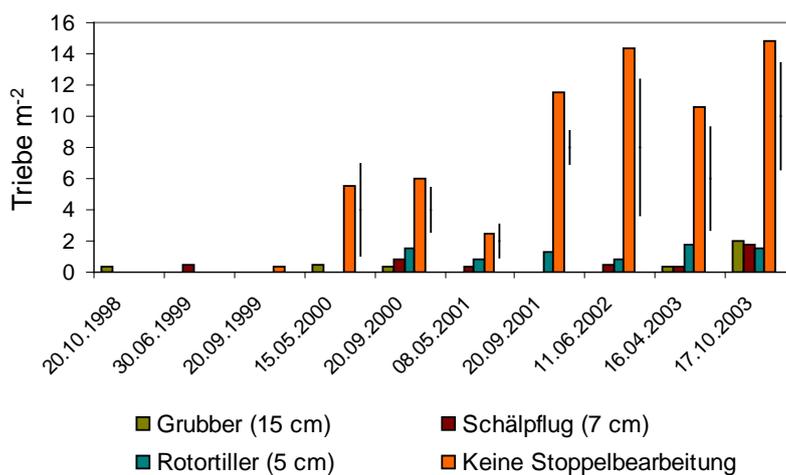


9

Quelle: Gruber & Claupein, 2009: Soil & Tillage Research 105, 104-111.

www.hfwu.de

Stoppelbearbeitungsgerät weniger wichtig zur Kontrolle der Distel



Balken: Grenzdifferenz, 5 % t-Test



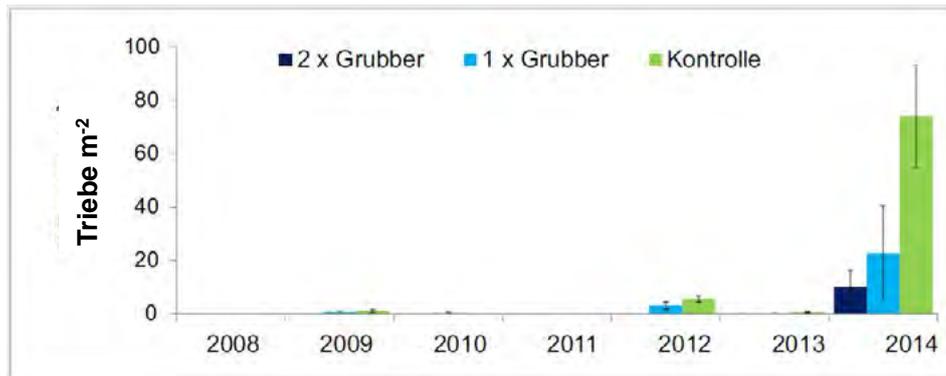
10

Quelle: Pekrun & Claupein, 2004: Z. Pflanzenkrankheiten PflSchutz, Sonderheft XIX, 483-490.

www.hfwu.de

Stoppelbearbeitung kontrolliert die Quecke

Erhebungen auf der noch unbearbeiteten Stoppel im Sommer



Quelle: Pekrun et al., 2014: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26, 236-237.

11

www.hfwu.de

Zwischenfazit

Wurzelunkräuter ohne Glyphosat

- Pflug
- Stoppelbearbeitung
- Klee gras/Gras mehrjährig



Foto: Messelhäuser

www.hfwu.de

12

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit



1. Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz
2. Herbizidresistente Unkrauthirsen
3. Wegfall von Glyphosat: Wurzelunkräuter
4. Insektizidresistenter Rapsglanzkäfer und Rapserrdfloh
5. Fehlende neonikotinoide Beize in Raps, Zuckerrüben, Getreide, Kartoffeln
6. Wegfall der Mesurolobeize in Mais: Krähenfraß

13

www.hfwu.de

Insektizidresistenzen, fehlende Neoniks



Mögliche Maßnahmen

- Wirkstoffwechsel; Insektizideinsatz minimieren
- Anbaupause von Raps in einer Region: **praktikabel?**
- Optimales Saatbett, damit Jungpflanze rasch wächst: **Wirkung?**

Förderung Biodiversität: **Wirkung?**

14

www.hfwu.de

Zwischenfazit

Keine effektiven pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Kontrolle von insektizidresistenten Rapsschädlingen sowie Auflaufschädlingen

15

www.hfwu.de

Herausforderungen PSM-Verfügbarkeit

1. Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz
2. Herbizidresistente Unkrauthirsen
3. Wegfall von Glyphosat: Wurzelunkräuter

4. Insektizidresistenter Rapsglanzkäfer, tw. auch Rapserrdfloh
5. Fehlende neonikotinoide Beize in Raps, Zuckerrüben, Getreide, Kartoffeln
6. Wegfall der Mesuroolbeize in Mais: Krähenfraß
7. zunehmende Maiswurzelbohrerpopulationen

8. Cercospora in Zuckerrüben, insbesondere ohne Epoxiconazol
9. Blattkrankheiten Getreide, wenn nur noch wenige Wirkstoffe
10. Wegfall von Chlorthalonil: Ramularia in der Gerste

16

www.hfwu.de

Gesunde Sorten

Beispiel Getreide:

- Anbauintensität 1 = ohne Wachstumsregulator und ohne Fungizide
- Anbauintensität 2 = praxisüblich
- Wertprüfungen unter den Bedingungen des Öko-Landbaus*
 - mit ungebeiztem Saatgut
 - auf Flächen, die langjährig ökologisch bewirtschaftet wurden
- Weites Spektrum: keine Anfälligkeit (1) bis hohe Anfälligkeit (9)

*bei WW, SW, WG, SG, Ha

17

www.hfwu.de

Breites Spektrum blattgesunder Sorten bei Winterweizen

- **Mehltau**
 - 12 x 1
 - 48 x 2
- **Blattseptoria**
 - 14 x 3
 - 58 x 4
- **DTR**
 - 2 x 3
 - 43 x 4
- **Gelbrost**
 - 5 x 1
 - 47 x 2
- **Braunrost**
 - 3 x 1
 - 14 x 2

Noten für Anfälligkeit

- 1 = keine bis sehr gering
- 2 = sehr gering bis gering
- 3 = gering
- 4 = gering bis mittel

Quelle: Bundessortenamt, 2020: Beschreibende Sortenliste Getreide.

18

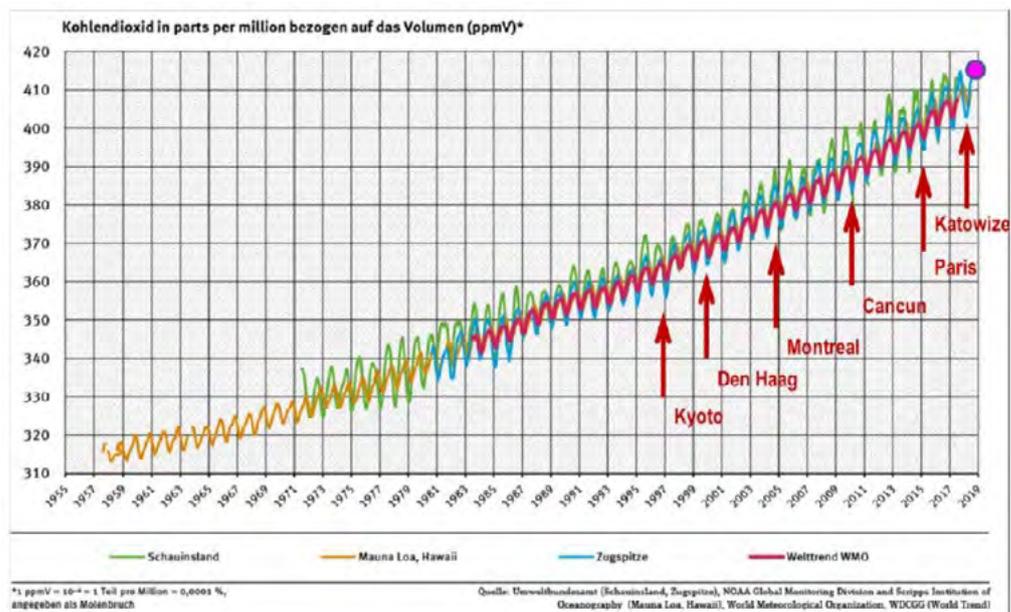
www.hfwu.de

Zwischenfazit

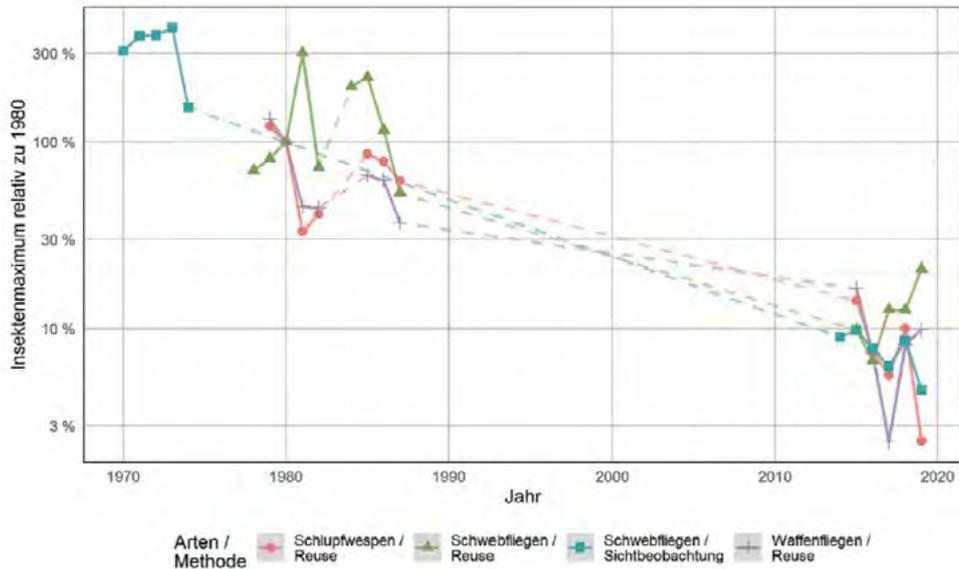
Blattkrankheiten in Getreide

- Sortenwahl
- Keine ausgewiesene genotypische Variation bei *Ramularia* in der Gerste, jedoch neues Fungizid

Cercospora in Zuckerrüben: gesündere Sorten vorhanden



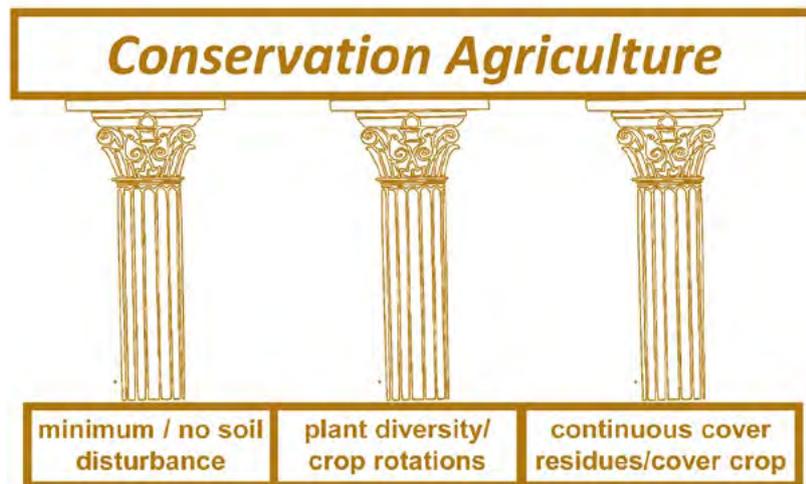
Insekten am Randecker Maar (Schwäbische Alb)



21

Gatter et al., 2020: Entomologische Zeitschrift **130**, 131-142.

Konservierender Ackerbau – Bodenruhe und Artenvielfalt wie in der Natur



Quelle: Basch et al., 2011: Making Sustainable Agriculture Real in CAP 2020. The Role of Conservation Agriculture in the CAP Reform. ISBN: 978-84-615-8106-1. ECAF-Publication.

22

www.hfwu.de

Versuche Konservierender Ackerbau

- 2 Versuche mit Feldwiederholungen
- 17 On-Farm Versuche auf Praxisflächen ohne Wiederholungen

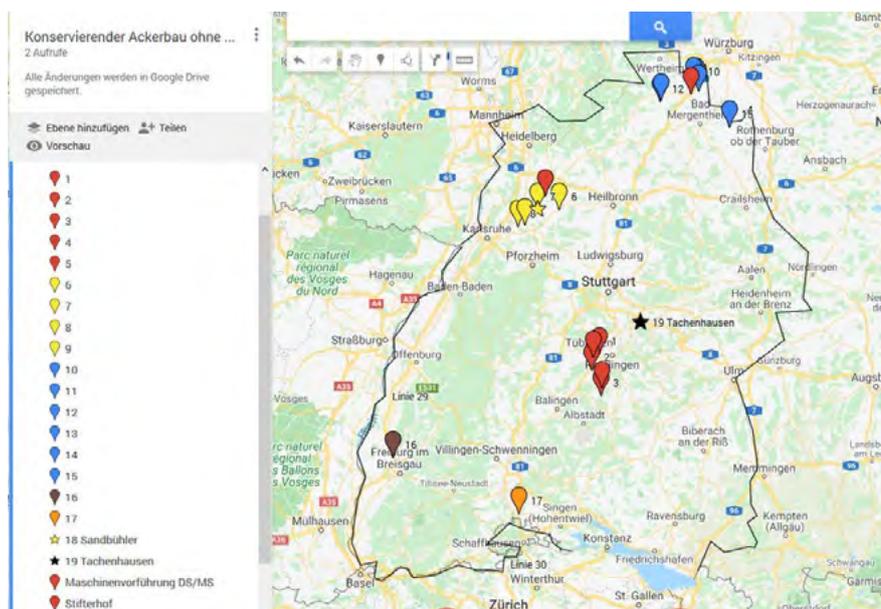
Faktor 1	Faktor 2
Direktsaat bzw. modifizierte Direktsaat (DS)	mit Zwischenfruchtgemenge (mZF)
Mulchsaat (MS)	ohne Zwischenfruchtgemenge (oZF)

- Systemversuch, d.h. pflanzenbauliche Maßnahmen je nach Variante und Standort unterschiedlich

23

www.hfwu.de

Versuchsaufbau und Standorte



24

www.hfwu.de

Versuchsaufbau und Standorte



Fotos: Pilz

25

www.hfwu.de

Feldgefügeansprache KA-Versuch 2019



Foto: Pilz

Präparation Profilwände



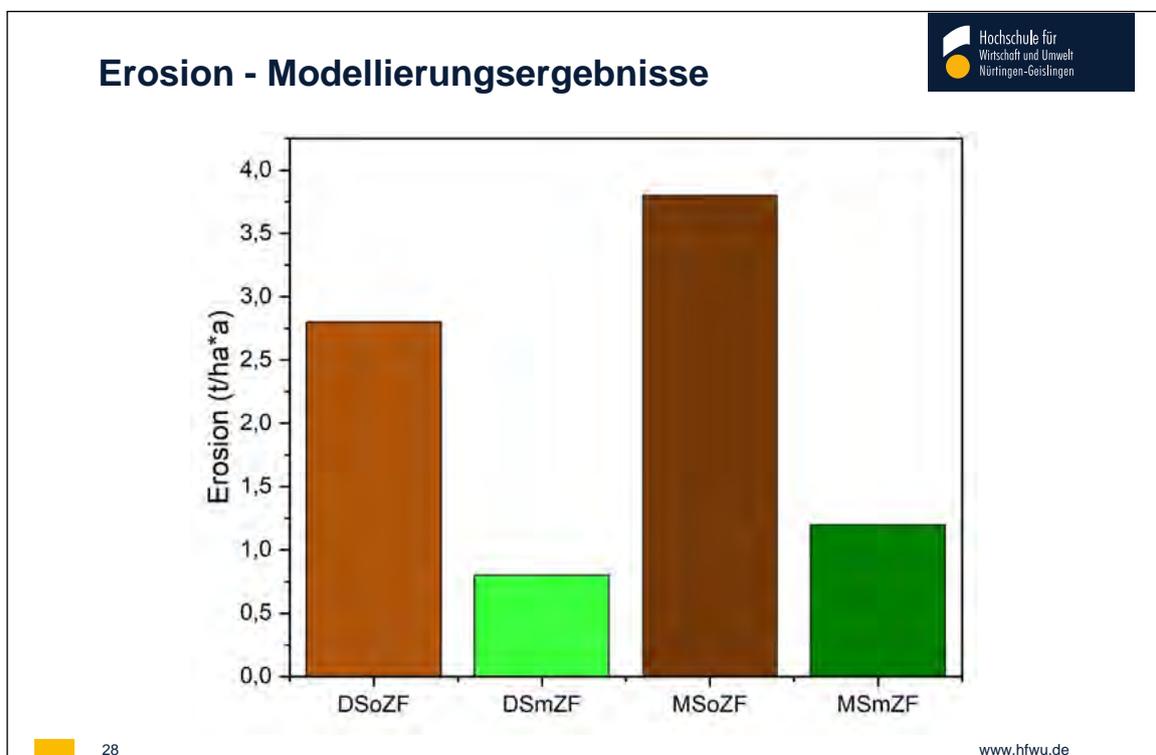
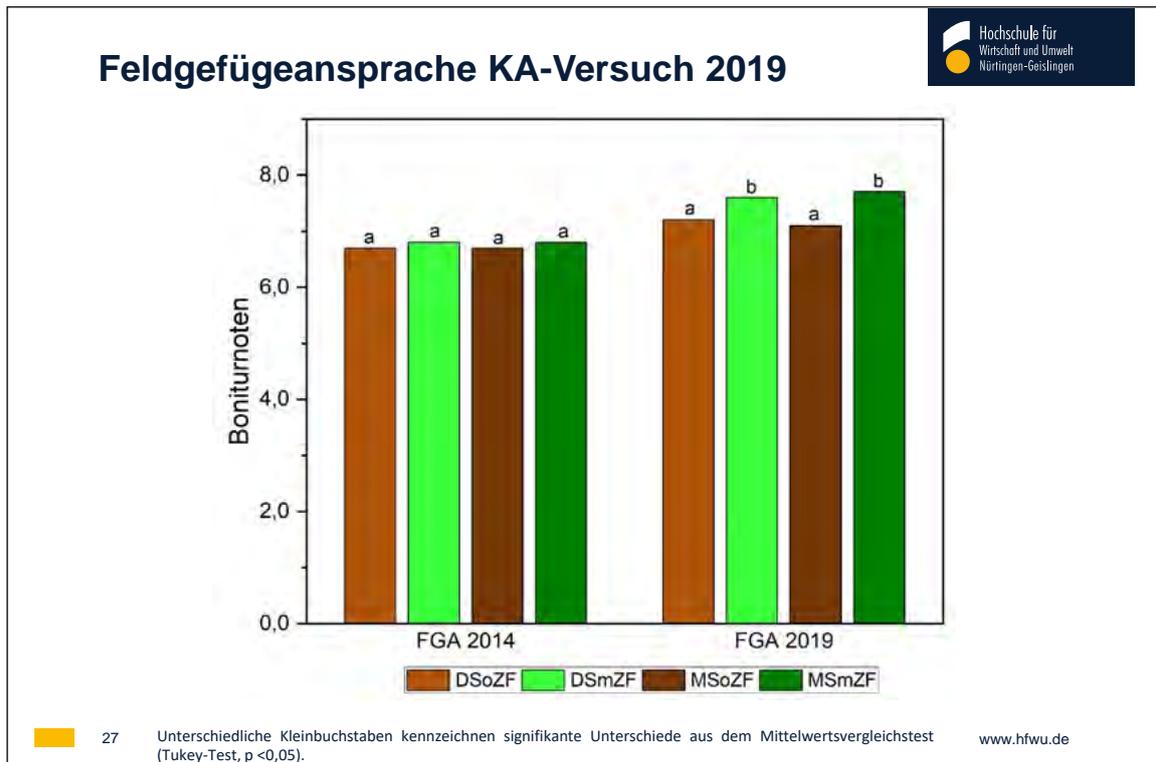
Abwurfprobe



Abwurfprobe

26

www.hfwu.de



Ernte mit Wiegewagen

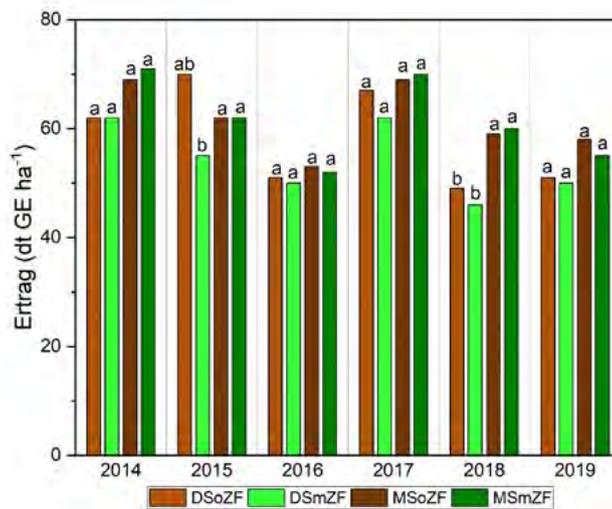


Fotos: Pilz

29

www.hfwu.de

Zeitliche Entwicklung der Erträge in Getreideeinheiten (GE)



Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede aus dem Mittelwertsvergleich (Tukey-Test, $p < 0,05$).

30

www.hfwu.de

Zusammenfassung

- **pflanzenbaulich lösbar:**
 - Herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz
 - Wurzelunkräuter, auch ohne Glyphosat
 - Blattkrankheiten im Weizen
- **keine pflanzenbaulichen Lösungen:**
 - Insektenschädlinge infolge von Resistenzen oder Wegfall von Wirkstoffen
- **biodiversitäts- und bodenschonender Anbau:**
 - Tendenziell positive Wirkungen auf die Umwelt
 - Ertragseffekte nicht notwendigerweise positiv

31

www.hfwu.de

Schlussfolgerung

 Biodiversitätsfördernde und bodenschonende Maßnahmen

Honorierung von Umweltleistungen notwendig

32

www.hfwu.de



Aktuelle Bestandesführung – Probleme erkennen, Kausalitäten verstehen, Lösungen entwickeln

GERRIT HOGREFE

1 Einleitung

Es ist unstrittig, dass vor dem Hintergrund eingeschränkter Möglichkeiten in Pflanzenernährung und Pflanzenschutz die Widerstandsfähigkeit der ackerbaulichen Systeme steigen muss. Erweiterte Fruchtfolgen, tolerantere Sorten oder weniger ambitionierte Saattermine sollen es nach dem Wunsch von Wissenschaft und Beratung richten. Dabei wird nur allzu oft unterschlagen, dass sich die regional vorherrschenden Regime nicht grundlos entwickelt haben, sondern im Wesentlichen das wirtschaftlich vorzügliche Ergebnis des Zusammenspiels von Boden- und Klimabedingungen ist. Standort- und betriebsspezifische Lösungen sind gefragt, um Problemen zielgerichtet zu begegnen.

2 Hauptteil

Ein trauriger „Klassiker“ im vielfältigen Repertoire der ackerbaulichen Probleme ist „durchgegangener“ Ackerfuchsschwanz, der zum Zeitpunkt des Ährenschiebens des Getreides über den Bestand ragt. In einer langfristigen Perspektive scheint klar zu sein: Die Fruchtfolge muss erweitert und möglichst mit Sommerungen bestückt werden. Wintergetreide sollte später gesät werden, um hohen Auflaufraten des Ungrases aus dem Weg zu gehen. Kurzfristig ist dem betroffenen Landwirt mit diesen Aussagen aber nur wenig geholfen. Dabei kann das Problem unter günstigen Voraussetzungen sofort und ohne tiefgreifende, langfristige Eingriffe in das standortangepasste Produktionsschema gelöst werden. Zu diesen günstigen Voraussetzungen zählen unter anderem langjährige Pfluglos-Systeme, in denen noch keine Durchseuchung des gesamten Bodenhorizontes mit Ackerfuchsschwanz-Samen vorliegt. In diesem Fall kann mit einer tiefen Pflugfurche unter Einsatz von Vorschälern der Ausfallsamen gezielt in tiefe Schichten vergraben werden. Die vorherige Räumung des Stroh ist obligatorisch, um Strohmatte an der Krumensohle zu vermeiden. In den kommenden 8 bis 10 Jahren wird die Grundbodenbearbeitung wieder ausschließlich pfluglos durchgeführt. Dafür sind sehr schmale Werkzeuge (20 bis 40 mm) zu verwenden, die lediglich verdichtete Strukturen durchbrechen, aber den Boden nicht mischen. So bleiben die vergrabenen Samen an Ort und Stelle und können nicht wieder an die Oberfläche gelangen. Ziel ist es, den Samen über seine theoretische Überlebensdauer hinaus in Bodenschichten zu belassen, die keine Keimung ermöglichen. In der Zwischenzeit dürfen selbstverständlich keine weiteren Fuchsschwanz-Kalamitäten auftreten. Flankierende Maßnahmen können dies – je nach Ungrasdruck – am Standort unterstützen.

Ein weiteres Beispiel für oftmals überstürzte tiefe Eingriffe ins Produktionssystem ist das Erstauftreten von Kohlhernie. Besonders in Küstenregionen und Höhenlagen im Inland, die aufgrund der hohen Strahlungsintensität hervorragende klimatische Voraussetzungen für den Rapsanbau besitzen, steht Raps oft in enger Abfolge. Nicht selten kommt es dort in pH-schwachen, humosen Senken nach längerer Nässeperiode zum Ausbruch von Kohlhernie. Eine Erweiterung der Fruchtfolge

scheint dann unumgänglich, um die weitere Verbreitung zu unterbinden. Konsequenter wäre gar ein kompletter Verzicht auf den Rapsanbau. Da für andere Blattfrüchte, die in der Regel Sommerungen sind, die Temperatursumme für hohe Erträge fehlt, ist der Raps als tragende Blattfrucht allerdings alternativlos. Eine etwaige Verlängerung der Anbaupause von 2 auf beispielsweise 5 Jahre ist bei Erregern, deren Überlebensfähigkeit im Boden Jahrzehnte beträgt, nur bedingt hilfreich. Damit ist die Fruchtfolgeerweiterung für viele Betriebe insbesondere vor dem Hintergrund der schweren wirtschaftlichen Folgen, die ein zeitweiser Verzicht auf Rapsanbau in diesen Regionen mit sich bringt, keine verhältnismäßige Maßnahme. Vielmehr muss die Koinzidenzphase und damit die Infektions- und Verbreitungsgefahr reduziert werden. Das heißt, Kreuzblütler sollten nur noch bei möglichst ungünstigen Infektionsbedingungen im Feld stehen. Daraus resultiert der Rat zur späteren Rapsaussaat, wenn die Bodentemperaturen abgesunken sind. Zur Vermehrung des Infektionspotenzials trägt aber vor allem der Ausfallraps bei, der bei höchsten Bodentemperaturen im Hochsommer im Feld steht. Dann genügen kurze Hitzegezeiten, um oberflächliche Wassersättigung herzustellen und optimale Infektionsbedingungen zu schaffen. Konsequentes Ausfallrapsmanagement in Kombination mit späterer Saat einer resistenten Sorte vermögen den Rapsanbau auch in enger Rotation in der Fläche zu halten.

Ein zunehmendes wirtschaftliches Risiko besteht in der verzögerten Aussaatzeit von Getreide nach späträumenden Blattfrüchten wie Zuckerrüben, Kartoffeln oder Körnermais. Insbesondere in Ostdeutschland sind die Ertragsabschläge nach diesen Vorfrüchten oft immens. Die Maßnahmen, wie eine angepasste Sortenwahl, greifen aber meist zu kurz. Probleme sind neben dem erhöhten Hitzerrisiko, das mit einer zwangsläufig verspäteten Abreife einhergeht, auch die absolute Wasserverfügbarkeit. Die Niederschläge im Spätsommer und Herbst haben die Hackfrüchte oftmals noch für die eigene Ertragsbildung benötigt und konnten deshalb nicht dem Auffüllen des Bodenvorrates für das nachfolgende Getreide dienen. Dieses Defizit holen niederschlagsarme Standorte im Osten nicht mehr auf. Hier bedarf es eines tiefen Eingriffs ins Anbausystem in Form einer Fruchtfolgeumstellung, die das späte Blattfruchtgetreide durch eine weitere früher räumende Sommerung ersetzt (beispielsweise Silomais). In niederschlagsreichen, westdeutschen Bördegebieten ist diese Umstellung hingegen nicht notwendig. Oftmals rangieren die Spätsaaten aufgrund ausbleibender Hitze und ausreichender Niederschläge auf dem Niveau der Früh- und Normalsaaten.

3 Fazit

Die Beispiele zeigen, dass die Eingriffsintensität immer vor dem Hintergrund der Boden- und Klimabedingungen des Standortes und des betriebsindividuellen Produktionssystems abgewogen werden muss. Pauschale Empfehlungen beispielsweise zur Fruchtfolgeerweiterung oder Saatzeitverschiebung sind oft wenig zielführend. Vielmehr gilt es differenzierte Entscheidungsbäume für einzelne Problemlagen zu entwickeln, um angepasste und verhältnismäßige Maßnahmen für den Einzelbetrieb bereitzustellen. Hier sind Wissenschaft und Beratung gefordert, Lösungen anzubieten, die neben pflanzenbaulich Wünschenswertem auch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe nicht außer Acht lässt.

N.U. Agrar GmbH

„Aktuelle Bestandesführung – Probleme erkennen, Kausalitäten verstehen, Lösungen entwickeln“

KTBL-Tagung, 16./17. März 2021

Gerrit Hogrefe

eMail-Anschrift: g.hogrefe@nu-agrar.de

Internet: www.nu-agrar.de

22.03.21

1

Fall 1: Ackerfuchsschwanz ist “durchgelaufen“

22.03.21

2



22.03.21

Quelle:
eigene Aufnahme

Quelle:
eigene Aufnahme

N.U. Agrar GmbH
www.nu-agrar.de

3

Ackerfuchsschwanz – Wie richtig vorgehen?

N.U. Agrar GmbH
www.nu-agrar.de

- allgemeine Empfehlungen:
 - Fruchtfolge: erweitern
 - Bodenbearbeitung: intensivieren
 - Saattermin: später
 - Sortenwahl: planophile Sorten
- angepasste Maßnahmen:
 - Stroh räumen
 - Pflug mit Vorschäler so tief wie möglich
 - 8-10 Jahre Bodenbearbeitung auf max. 25 cm
 - ausschließlicher Einsatz schmaler Schare

22.03.21

4

Fall 2: Kohlhernie-Ausbruch

22.03.21

5

Kohlhernie – Wie richtig vorgehen?

- allgemeine Empfehlungen:
 - Fruchtfolge: erweitern
 - Bodenbearbeitung: intensivieren
 - Saattermin: später
 - Sortenwahl: resistente Sorte

22.03.21

6



 **N.U. Agrar GmbH**
www.nu-agrar.de

7



Kohlhernie – Wie richtig vorgehen?

- allgemeine Empfehlungen:
 - Fruchtfolge: erweitern
 - Bodenbearbeitung: intensivieren
 - Saattermin: später
 - Sortenwahl: resistente Sorte
- angepasste Maßnahmen:
 - resistente Sorte
 - Ausfallrapsmanagement!
 - „Ist der Ruf erst ruiniert, ...“

22.03.21

9

Fall 3: Halmbasis-Erkrankungen im Getreide

22.03.21

10



22.03.21

Quelle:
eigene Aufnahme

Quelle:
eigene Aufnahme

N.U. Agrar GmbH
www.nu-agrar.de

11

Halmbasis-Erkrankungen – Wie richtig vorgehen?

N.U. Agrar GmbH
www.nu-agrar.de

- allgemeine Empfehlungen:
 - Fruchtfolge: erweitern (Stoppelgetreide vermeiden)
 - Bodenbearbeitung: intensivieren (Inokulum reduzieren)
 - Saattermin: später (Koinzidenzphase verkürzen)
 - Sorte: geringere Anfälligkeit
- angepasste Maßnahmen:
 - Rückverfestigung verbessern (Bodenbearbeitung extensivieren?!)
 - Ablagetiefe verringern (!)
 - Sorte mit BSL-Einstufung <5 wählen

22.03.21

12

Fall 4: Schwache Erträge im Spätsaatweizen

22.03.21

13

Ertragsschwache WW-Spätsaat – Wie richtig vorgehen?

- allgemeine Empfehlungen:
 - Fruchtfolge: keine (bereits erweitert)
 - Bodenbearbeitung: reduzieren (Wasser sparen)
 - Saattermin: keine (bereits spät)
 - Sortenwahl: trockenolerante Sorte ("Grannenweizen")

- angepasste Maßnahmen:
 - Fruchtfolge: Verzicht auf späträumende Vorfrüchte (→ engere Fruchtfolge)
 - Bodenbearbeitung: intensivieren (Tiefe), extensivieren (Oberfläche)
 - Saattermin: vorverlegen (intensivere Durchwurzelung)
 - Sortenwahl: EÄE-Typ mit früher Reife (Transpiration verringern)

22.03.21

14

Fazit

- Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saattermin und Sortenwahl werden vielfach als Allheilmittel für pflanzenbauliche Probleme verkauft.
- Für die Praxis sind diese Werkzeuge aber weitaus weniger universell als Wissenschaft und Beratung es glauben machen.
- Der Einsatz dieser Instrumente hat oftmals einen großen Effekt auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebe.
- Der Pflanzenbau darf nicht „in Schönheit sterben“, sondern muss angepasste Lösungsansätze für die vielfältigen Problemlagen der Landwirte finden.

Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

EIKE STEFAN DOBERS

1 Einleitung

Der Beitrag nähert sich seinem Thema, indem er untersucht, wie die Fragen der angewandten Bestandsführung heißen, auf welche die Nutzung von Fernerkundungstechnologien hilfreiche Antworten geben könnten. Etwas zugespitzt formuliert ist also von Interesse, was Fernerkundung können muss, damit die angewandte Bestandsführung im Pflanzenbau daraus einen Nutzen ziehen kann – und nicht primär, was die Fernerkundung heutzutage kann. Die Ausführungen geben damit auch Hinweise, welchen Beitrag Fernerkundungstechnologien (FET) bereits heute zur angewandten Bestandsführung leisten (können) und wo die wichtigsten Entwicklungsschritte für den erfolgreichen landwirtschaftlichen Einsatz liegen. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass es Fernerkundung bereits seit über 150 Jahren gibt, so ist es erstaunlich, dass FET im Tagesgeschäft des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus nur vergleichsweise wenig eingesetzt werden, um die Bestandsführung systematisch zu unterstützen.

Nach einer kurzen Darstellung von wichtigen Aspekten der Anforderungen in der Bestandsführung und den Möglichkeiten von Fernerkundungstechnologien werden anhand von Beispielen die Wirkungsmächtigkeit von Fernerkundungstechnologien angedeutet und die Randbedingungen für eine erfolgreiche Nutzung im landwirtschaftlichen Pflanzenbau skizziert.

2 Anforderungen der Bestandsführung

Unter Bestandsführung versteht man nach Diepenbrock et al. (1999) den gezielten Einsatz von Produktionsfaktoren im Nutzpflanzenbestand. Die Autoren verstehen unter Produktionsfaktoren explizit neben den bestandsbegründenden, ertragssteigernden und ertragssichernden, sowohl direkt als auch indirekt wirkenden Betriebsmitteln auch den Boden sowie die Biozönose. Zudem muss betont werden, dass der angewandte landwirtschaftliche Pflanzenbau in einem komplexen – und nicht „nur“ komplizierten – Wirkungsgefüge agiert. Daher „... muss die Betriebsleitung [...] mit Hilfe der „Bestandesführung“ den Bedarf der Nutzpflanze nach Termin und Menge mit dem Angebot der Einflußfaktoren im Biotop in Übereinstimmung bringen. [...] Die Kenntnisse und die Leistungsfähigkeit, die Beobachtungsgabe sowie die Menge und die Qualität der dem Agronomen zur Verfügung stehenden Informationen entscheiden zusammen mit der Faktorausstattung über den Produktionsablauf und dessen Abstimmung mit den Produktionszielen. Die Wirkung dieser Maßnahmen nach Termin, Quantität und Qualität ist nur als Wahrscheinlichkeit vorherzusagen.“ (Hervorhebung und Anführungszeichen im Original, E.S.D) (Diepenbrock et al. 1999, S. 434).

Aus der Sicht der angewandten Bestandsführung ist es von Bedeutung, dass derzeit für vermutlich die weit überwiegende Anzahl von Entscheidungen und Maßnahmen der „Schlag“ die räumliche Aktionsebene ist und schlagintern auftretende Standortunterschiede aus verschiedenen Gründen nur nachgeordnet Berücksichtigung finden. Bestandsführung wirft somit hinsichtlich der eingesetzten Produktionsfaktoren u. a. Fragen nach der Qualität („Was?“), der Intensität („Wieviel?“),

des Zeitpunktes („Wann?“) und des Ortes („Wo?“) auf – und kann sich bei der Beantwortung dieser Fragen durch Fernerkundungstechnologien sinnvoll und effizient unterstützen lassen.

Es erscheint mir wichtig darauf hinzuweisen, dass sich die eigentlichen Fragen der angewandten Bestandsführung nicht nur auf das Ausbringen von Betriebsmitteln fokussieren sollten. Ebenso gehören hierzu die Vorbereitung von Entscheidungen durch gezielte und ressourceneffiziente Gewinnung von Daten und Informationen sowie die Begleitung und Auswertung von getroffenen Entscheidungen hinsichtlich der avisierten Wirkung. Zudem muss sich eine angewandte Bestandsführung immer auch Fragen zum Nichtwissen bzw. der Unschärfe der Informationslage im konkreten Entscheidungskontext stellen und sich damit die Möglichkeit zur Entdeckung von bisher unbekanntem Phänomenen oder Wirkungen eröffnen. Durch diese verschiedenen Gesichtspunkte tauchen Pfade auf, um die betriebs-, standort-, kulturpflanzen- und/oder sortenspezifischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen begründet weiter zu entwickeln bzw. den jeweiligen Möglichkeiten und Notwendigkeiten anzupassen.

3 Möglichkeiten von Fernerkundungstechnologien

Fernerkundung ist definiert als „*the use of sensors installed on aircraft or satellites to detect electromagnetic energy scattered from or emitted by the Earth's surface.*“ (Tso und Mather 2001). Eine FET ist daher charakterisiert durch eine spezielle Trägerplattform (Satellit, bemanntes Flugzeug, unbemannte Drohne), den erfassten Spektralbereich (sichtbares Licht, nahes oder thermales Infrarot, Mikrowellen etc.) sowie sich mehr oder minder daraus ergebende Eigenschaften hinsichtlich der zeitlichen, räumlichen und spektralen Auflösung der Daten. In der Landwirtschaft und Raumforschung sind Methoden der Fernerkundung bereits seit vielen Jahrzehnten im Einsatz, um wichtige Phänomene und Eigenschaften von Böden und Pflanzenbeständen zu erforschen bzw. räumliche Fragestellungen zu bearbeiten (Albertz 1991, Clevers 1986, Troll 1939). Es lassen sich unter Verwendung des sichtbaren Spektralbereichs und des nahen Infrarots und der Kenntnis von spezifischen Absorptions-, Transmissions- und Reflexionseigenschaften von Böden und Pflanzenbeständen in diesen Spektralbereichen wichtige Informationen und Hinweise über Pigmentierung, Wassergehalt, Oberflächenstruktur, Bestandsdichte und aufgewachsene Biomasse gewinnen. Je nach räumlicher Auflösung betreffen diese Informationen einzelne Organe einer Pflanze, einzelne Pflanzen oder größere Areale mit Pflanzengesellschaften. Insofern kann beispielsweise die Farbinformation eines Pixels oder Bildbereiches einerseits durch die (Ver)Färbung eines einzelnen Blattes oder einer Pflanze (Nährstoffversorgung, Krankheitserreger) bedingt sein oder aber durch die räumliche Nachbarschaft und Vergesellschaftung von Pflanzenarten mit unterschiedlicher Blattfarbe oder mit unbedecktem Boden entstehen (Verunkrautung, Grünlandgesellschaften, Bestandslücken/-dichte). Gleichermaßen sind spektrale Informationen oft in verschiedener Hinsicht zu interpretieren. Bei Bodenoberflächen können helle Bereiche eines Bildes, z.B. je nach Situation und in unterschiedlichem Ausmaß, durch den Sandgehalt, die Bodenfeuchte, den Humusgehalt sowie Verschlammungskrusten, den Kalkgehalt oder Erntereste bedingt sein.

Während über viele Jahrzehnte in weit überwiegenderem Maße das analoge Luftbild dominierte, haben Technologien und Systeme der Fernerkundung vor allem unter dem Aspekt von in digitaler Form verfügbaren Daten in den letzten zwei Jahrzehnten eine sehr dynamische Entwicklung erlebt. Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang das heute selbstverständliche Angebot von Satellitendaten über Dienste wie Google Maps oder Bing Maps, welches vor gerade einmal 15 Jahren begann, und die Verfügbarkeit von kleinen, ferngesteuerten Flugzeugen oder Koptern mit eingebauter Kamera (Drohnen), die vor etwa 10 Jahren begann. Auch die frei verfügbaren Satellitendaten der Landsat-Mission der USA (USGS 2021) oder der Sentinel-2-Satelliten des Copernicus-Programm der EU (ESA 2021) gehören gerade mit Blick auf landwirtschaftliche Fragestellungen hierzu. Aber auch die Entwicklungen der ganz normalen Digitalfotografie sind mit Blick auf die Luftbilderstellung und zeitnahe Verfügbarkeit zu nennen.

4 Unterstützung der angewandten Bestandsführung durch Fernerkundungstechnologien

Mit Blick auf die vier Fragen der Bestandsführung (Was? Wieviel? Wann? Wo?) können FET durch ihre meist flächenhafte Abbildung der Landschaft sehr oft und ganz direkt bei der Beantwortung der Frage nach dem Wo? unterstützen. In Verbindung mit der seit einigen Jahren verfügbaren, satellitengestützten Positionierungstechnologie (GNSS) ist eine Umsetzung grundsätzlich möglich. Die volle Wirkungsmächtigkeit von FET in der Bestandsführung mit Blick auf das Wo? kann nur erreicht werden, wenn die computergestützte Verarbeitung von Raumdaten mit Geographischen Informationssystemen (GIS) integriert ist.

Weit anspruchsvoller als die Beantwortung der Frage nach dem Wo? ist die Integration der FET in die angewandte Bestandsführung bei den drei anderen Fragen: Was?, Wieviel?, und Wann? Hier ist umfassendes Fachwissen und viel Erfahrung in den Bereichen Pflanzenbau, Pflanzenernährung, Bodenkunde und Pflanzenphysiologie von Bedeutung. FET sind hier ein reines, nachgeordnetes Werkzeug in Dienstleistungsfunktion. Begreift man den Einsatz von FET im einleitend etwas umfassender skizzierten Sinne, so entstehen viele Optionen zur systematischen Integration dieser teils neuen Werkzeuge in den Alltag und die Weiterentwicklung der Bestandsführung. Die nachfolgenden Beispiele sollen einige eher operativ-taktische, kurzfristige und einige eher strategische, langfristige Nutzungsmöglichkeiten skizzieren.

Einsatz von Wachstumsregler im Getreideanbau

Der Einsatz von Wachstumsreglern im Getreideanbau hat vor allem eine ertragssichernde Funktion. Es soll damit Lagergetreide vermieden werden, was Ertrags- und Qualitätseinbußen der Ernteware nach sich ziehen kann, die Erntearbeiten in der Regel erschwert und ein Risiko für die Unkrautkontrolle und das Ernterückstandsmanagement bedeuten kann. Die Fragen nach dem Was? (Wirkstoffwahl), Wieviel? (Aufwandmenge) und Wann? (Terminwahl) müssen u. a. die Bestandsentwicklung, die Vorfrucht, die N-Verfügbarkeit, die Sorteneigenschaften und das aktuelle Witterungsgeschehen berücksichtigen.

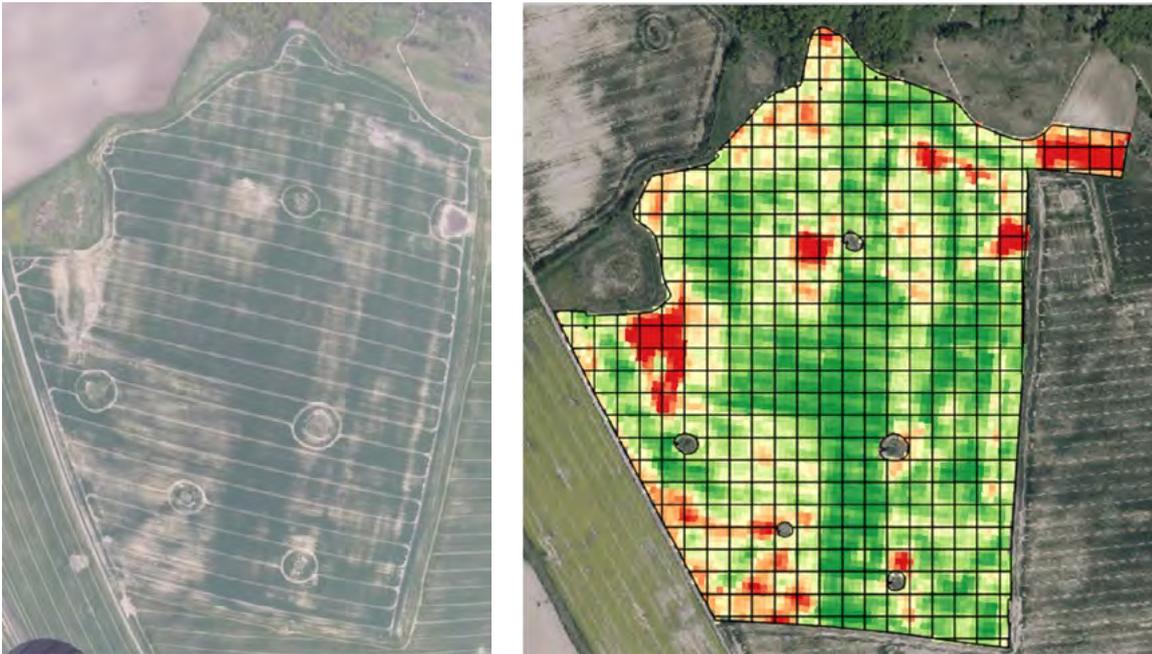


Abb. 1: Farb-Luftbild von Wintergerste vom 02.05.2018 (links) und Sentinel-2-NDVI vom 27.04.2018 mit 36-m-Rasterzellen (rechts, Legende: grün – hoher NDVI, rot – geringer NDVI)
(© Dobers; Satellitendaten: ESA)

Eine operativ-taktische Unterstützung der Bestandsführung kann durch die Erfassung von ortsspezifischen Unterschieden in der Bestandsentwicklung erfolgen, wodurch bei entsprechend ungleichmäßig entwickelten Beständen eine feldinterne Differenzierung der Applikationsmenge möglich wird. Sollen hierfür Fernerkundungsdaten genutzt werden, liegt es nahe, die Intensität der Grünfärbung zu nutzen oder einen Vegetationsindex, gegebenenfalls unter Verwendung von Nahinfrarot-Daten, zu berechnen (z. B. NDVI (*normalized difference vegetation index*), NGRDI (*normalized green red difference index*)). Das folgende Beispiel stammt aus einer Lehrveranstaltung für Masterstudierende an der Hochschule Neubrandenburg aus dem Sommersemester 2018. Die Abbildung 1 zeigt eine Luftbild-Aufnahme und einen aus einem Sentinel-2-Satellitenbild abgeleiteten Vegetationsindex. Es ist deutlich erkennbar, dass die im Luftbild klar erkennbare, feldinterne Variation ebenfalls auf der NDVI-Karte abgebildet wird. Die Umsetzung in eine Karte der relativen Applikationsmengen als Abweichung vom geplanten Feldmittelwert erfolgte durch einfache Klassifikation der NDVI-Daten in Werte zwischen 80 % und 120 %. Um den Effekt der variierten Applikation im Feld überprüfen zu können, wurden einige Applikationsmengen in „Spritzfenstern“ von 36 x 36 m nachträglich gezielt erhöht oder verringert. An diesen Orten konnte im Pflanzenbestand anschließend überprüft werden, wie alternative Applikationsmengen gewirkt haben. Es zeigte sich der angestrebte Effekt: Die nach Vegetationsmenge angepasste Applikationsmenge führte zu einer Angleichung der Wuchshöhen der Gerste.

Eine eher strategische Nutzung von Fernerkundungsdaten beim Einsatz von Wachstumsreglern ist dann denkbar, wenn mehrjährig standortspezifische Unterschiede in der Bestandsentwicklung auftreten. Bilder der Abreife von Druschkulturen können für eine ggfs. mehrjährig nutzbare Zonierung genutzt werden, wenn die Ursachen der Wachstumsdifferenzen beispielsweise in deutlich



Abb. 2: Farb-Luftbild von Winterweizen am 07.07.1999 (links) und von fast unbedeckter Bodenoberfläche am 15.05.2020 (rechts) (© Dobers)

unterschiedlichen und nicht sinnvoll zu behebbenden Unterschieden der nutzbaren Feldkapazität oder der Nährstoffspeicherung begründet sind (Sand- vs. Lehm-Böden, Grundwassernähe etc.) (Abb. 2, links).

Bodenfruchtbarkeitsmanagement und Nährstoffversorgung

Wenn Fernerkundungsdaten offensichtliche Unterschiede von Bodenart oder Humusversorgung zeigen (Abb. 2, rechts) oder aber plausibel darauf schließen lassen (Abb. 2, links), ist es sinnvoll, diese Informationen bei der räumlichen Gestaltung der Beprobung für die Grundnährstoffversorgung und den pH-Wert zu berücksichtigen. Die Bodenproben erlangen dadurch eine höhere Glaubwürdigkeit und einen gesteigerten Informationswert. Die Grunddüngung kann als indirekt wirksame Maßnahme der Bestandsführung eingeordnet werden. Das effiziente Management der Bodenfruchtbarkeit ist für konventionell wie auch ökologisch wirtschaftende Betriebe von großer Bedeutung.

Bestandsbegründung

Aussaatkarten auf Basis von Fernerkundungsdaten haben in den letzten Jahren vor allem mit Blick auf die Nutzung von Satellitendaten verstärkte Aufmerksamkeit erfahren. Es gibt bereits kommerzielle Anbieter, v. a. Mais ist hier die Zielkultur, und die Algorithmen basieren auf einer Anpassung der Zielbestandsdichte an die meist durch die Wasserverfügbarkeit limitierte Ertragsfähigkeit. Letztere wird aus Vegetationsdaten (z. B. NDVI) der Vorjahre abgeleitet. Die Komplexität des Systems zeigt sich aber darin, dass die Bestandsdichte nicht nur durch die Saatstärke, sondern maßgeblich durch den Erfolg der Bestandsbegründung und damit den Feldaufgang bestimmt wird – und dieser wiederum von der Verfügbarkeit von Keimwasser, der Bodentemperatur und der Ablagetiefe abhängt. Bei Winterkulturen allgemein kommt noch die Auswinterung, bei Getreide speziell die Bestockungsintensität hinzu. Hat man für diese Faktoren begründete Schätzwerte, gewinnen FET an Bedeutung in der Regionalisierung (Abb. 2). Gibt es diese Schätzwerte noch nicht, bieten FET die Möglichkeit, gezielt eigene Daten zu den gewünschten Parametern an unterschiedlichen Standorten zu erheben – oder Versuche anzulegen (*On Farm Research*). Hierdurch würden FET die Bestandsführung perspekti-

visch darin unterstützen, die Reaktionsnorm von Pflanzenbeständen betriebs- und standortspezifisch zu erkunden und gezielte Adaptionen von Produktionsverfahren (z.B. an mögliche Auswirkungen des Klimawandels) ressourceneffizient zu begleiten.

5 Fazit

Die angewandte Bestandsführung beeinflusst gezielt die unterschiedlichen Produktionsfaktoren, um leistungsfähige Pflanzenbestände zu etablieren und zur Ernte zu begleiten und gleichzeitig negative Umwelteffekte zu vermeiden. Dabei agiert sie in einem sehr komplexen System über dessen Reaktion manchmal lediglich grobe Schätzungen bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeiten vorhanden sind. FET können ein wertvolles Werkzeug für die weitere Optimierung der Maßnahmen mit Blick auf die feldintern auftretende Variabilität von Wachstumsfaktoren sein und zudem dabei unterstützen, das Systemverständnis durch gezielte Probennahme, effizientes Monitoring oder die zerstörungsfreie Begleitung von Versuchsanstellungen zu verbessern.

Literatur

- Albertz, J. (1991): Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern: Eine Einführung in die Fernerkundung. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Clevers, J. G. P. W. (1986): Application of remote sensing to agricultural field trials. Agricultural University Wageningen Papers
- Diepenbrock, W., Fischbeck, G., Heyland, K.-U., Knauer, N. (1999): Spezieller Pflanzenbau. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 3., neubearbeitete und ergänzte Auflage
- ESA (2021): <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>, Zugriff am 31.01.2021
- Troll, C. (1939): Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift d. Ges. f. Erdk. Berlin 7(10), S. 241-298
- Tso, B.; Mather, P. M. (2001): Classification methods for remotely sensed data. London, New York, Taylor and Francis, p. 5
- USGS (2021): <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/>, Zugriff am 31.01.2021



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dovers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Foto: Dovers (2015)

Prof. Dr. Eike Stefan Dovers

Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaft
Email: dovers@hs-nb.de
WWW: www.hs-nb.de

KTBL-Tage 2021

16./17.03.2021
(Online-Konferenz)



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dovers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

Zusammenfassung



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dobers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

Zusammenfassung

Einleitung



Wachstum und Ertragsbildung von Kulturpflanzenbeständen



Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz)

4

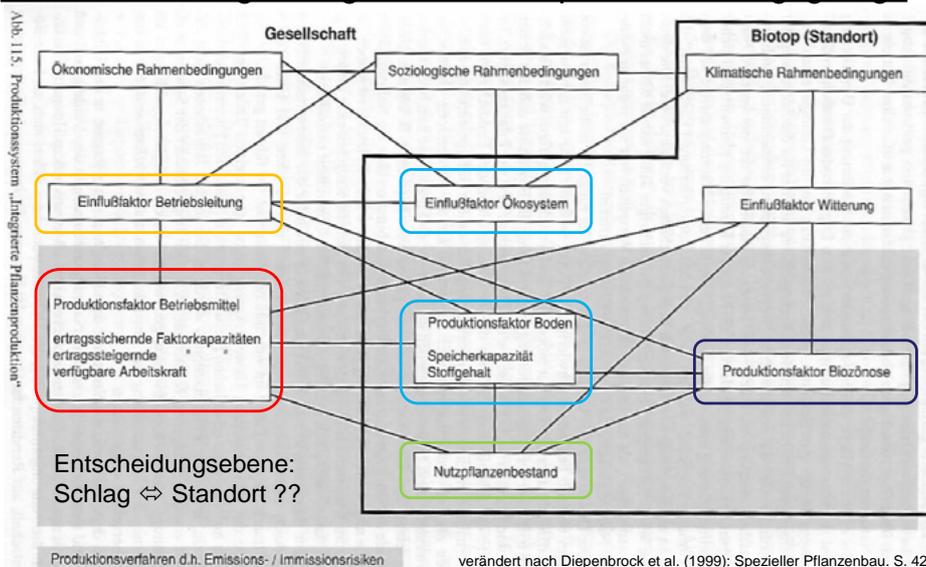
Einleitung

Bestandsführung – Eingriff in ein komplexes Wirkungsgefüge

Daher „... muss die **Betriebsleitung** [...] mit Hilfe der „Bestandesführung“ den Bedarf der Nutzpflanze nach Termin und Menge mit dem Angebot der Einflußfaktoren im Biotop in Übereinstimmung bringen. [...] Die Kenntnisse und die Leistungsfähigkeit, die Beobachtungsgabe sowie die Menge und die Qualität der dem Agronomen zur Verfügung stehenden Informationen entscheiden zusammen mit der Faktorausstattung über den Produktionsablauf und dessen Abstimmung mit den Produktionszielen. Die Wirkung dieser Maßnahmen nach Termin, Quantität und Qualität ist nur als Wahrscheinlichkeit vorherzusagen.“
(Hervorhebung und Anführungszeichen im Original)

Quelle: Diepenbrock et al. 1999: Spezieller Pflanzenbau. S. 434

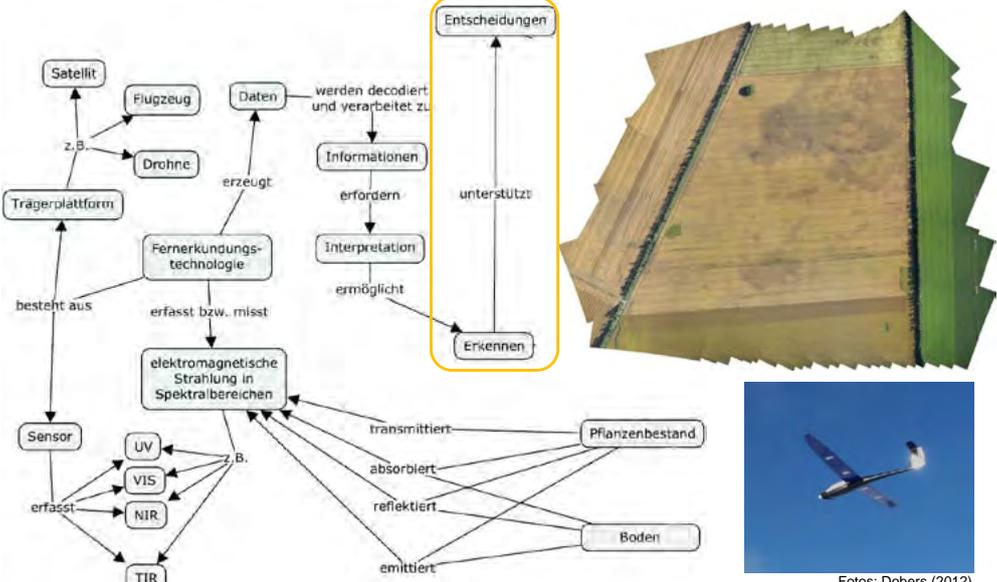
Einleitung

Bestandsführung – Eingriff in ein komplexes Wirkungsgefüge


 Hochschule Neubrandenburg
 University of Applied Sciences

Einleitung

Fernerkundungstechnologien sind Dienstleister im Pflanzenbau



Fotos: Dobers (2012)

Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz) 7


 Hochschule Neubrandenburg
 University of Applied Sciences

Einleitung

Bestandsführung wirft Fragen auf ...

Was?
Wieviel?
Wann?
Wo?

=> Qualität
=> Quantität
=> Zeitpunkt
=> (Stand)Ort

... und kann sich durch Fernerkundung unterstützen lassen.

Wintergerste nahe Eberswalde
 Foto: Dobers 05.06.2015

Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz) 8



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dobers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

Zusammenfassung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)



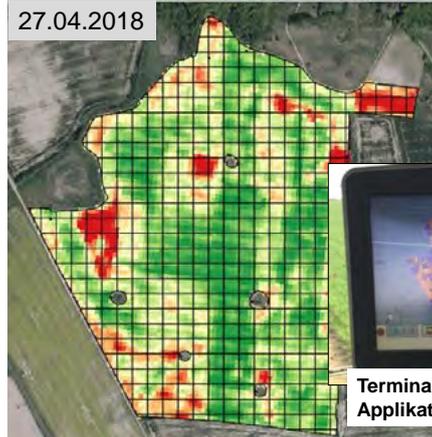
Taktik: Möglichst zeitnah Antworten auf "Wieviel?" und "Wo?"

02.05.2018



Farb-Luftbild von Wintergerste

27.04.2018



Sentinel-2-NDVI mit 36m-Rasterzellen

Legende: grün – hoher NDVI
rot – geringer NDVI



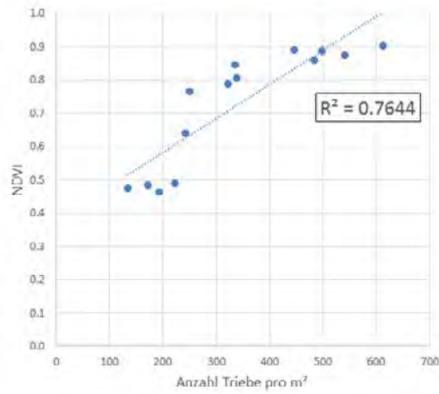
Terminalfoto während der Applikation

Antworten auf "Was?" und "Wann?" => Erfahrung, Berater

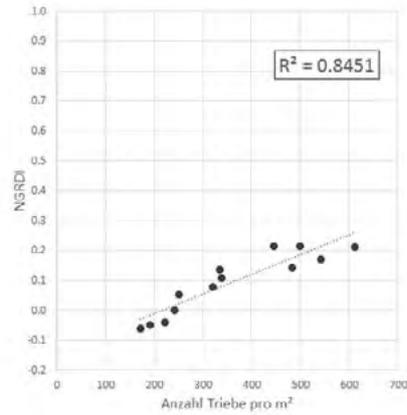
Probleme: zeitliche Verfügbarkeit der Daten, Verunkrautung, ...

Foto: Schramm (2018)

Validierung von Fernerkundungsdaten durch Beobachtungen



$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$



$$NGRDI = \frac{G - R}{G + R}$$

Folie: studentische Arbeit SoSe 2018 / MSc-Modul: „Standortangepasste Landnutzungssysteme“ (verändert)

Strategie : Grundsätzliche Antworten auf "Wieviel?" und "Wo?"



Wintergerste
15.06.1999



Wintergerste
06.07.2017

Sorte 2

Sorte 1

Fotos: Dobers (1999, 2017)



Strategie : Grundsätzliche Antworten auf "Wieviel?" und "Wo?"

Winterweizen 20.06.2016



Wintergerste 06.07.2017



Fotos: Dobers (2016, 2017)



Strategie : Grundsätzliche Antworten auf "Wieviel?" und "Wo?"



Fotos: Dobers (2017)



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dobers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

Zusammenfassung

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)



Effizienz der Informationsgewinnung (Zeit, Geld, Verlässlichkeit)



Farb-Luftbild von Winterweizen in der Abreife

07.07.1999



unbedeckte Bodenoberfläche

15.05.2020

Fotos: Dobers (1999, 2020)



Komplexität der Zeitpunkt-spezifischen Wirkmechanismen
=> "Einschätzung" und "Gefühl" vs. "Wahrscheinlichkeit" und "Kontrolle"

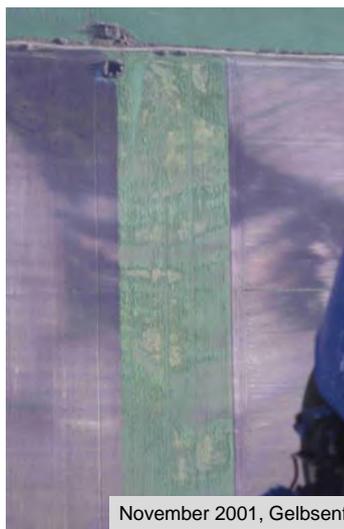


Fotos: Dobers (2000)

Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz)



Komplexität der Zeitpunkt-spezifischen Wirkmechanismen
=> "Einschätzung" und "Gefühl" vs. "Wahrscheinlichkeit" und "Kontrolle"



November 2001, Gelbsenf nach dem 1. Frost

Fotos: Dobers (2001)

Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz)



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dobers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

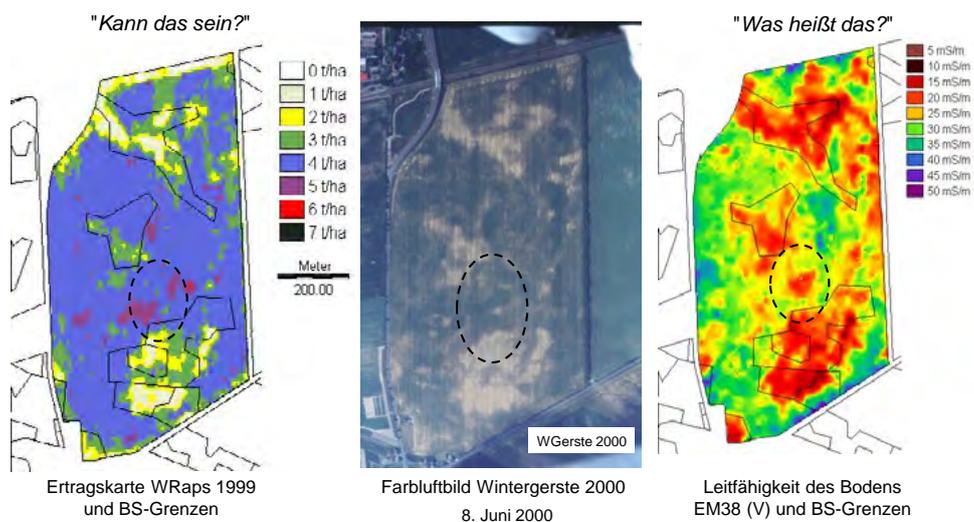
Zusammenfassung

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen



Luftbild-Fernerkundung als Abbild der Erfahrungswelt

=> Plausibilisierung/Einschätzung von alternativen (Geo-)Datenquellen

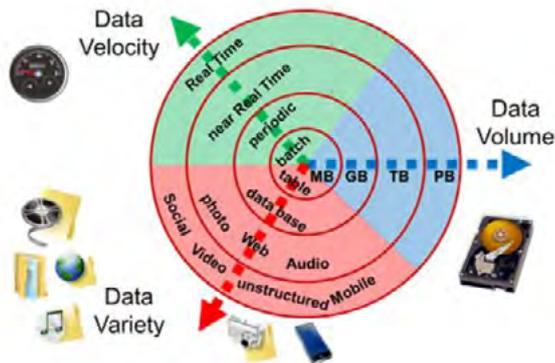


Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz)

20

Fernerkundung und die Gefahr einer "digitalen Arroganz"?

3-dimensionale Herausforderung des Datenwachstums



Schrägluftbild 15.06.1999, Wintergerste (Scan eines Farb-Dias)

3-V-Modell von *Big Data* (nach Gartner 2014)

Quelle: Gesellschaft für Informatik (www.gi.de), letzter Zugriff: Oktober 2015)

Digitales Experimentierfeld: AgriSens – DEMMIN 4.0

=> Fernerkundungstechnologien für die Digitalisierung im Pflanzenbau



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



www.agrisens-demmin.de



Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

Eike Stefan Dobers, Lehrstuhl für Pflanzenbau

Einleitung

Taktik und Strategie (Wachstumsregler)

Ressourceneffizienz (Pflanzenernährung)

Wissen, Unschärfe und (noch) Nicht-Wissen

Zusammenfassung

Zusammenfassung



Bestandsführung fragt nach Was, Wieviel, Wann, Wo ...

Daher „... muss die **Betriebsleitung** [...] mit Hilfe der „Bestandesführung“ den Bedarf der Nutzpflanze nach Termin und Menge mit dem Angebot der Einflußfaktoren im Biotop in Übereinstimmung bringen. [...] Die Kenntnisse und die Leistungsfähigkeit, die Beobachtungsgabe sowie die Menge und die Qualität der dem Agronomen zur Verfügung stehenden Informationen entscheiden zusammen mit der Faktorausstattung über den Produktionsablauf und dessen Abstimmung mit den Produktionszielen. Die Wirkung dieser Maßnahmen nach Termin, Quantität und Qualität ist nur als Wahrscheinlichkeit vorherzusagen.“

... und kann sich durch Fernerkundung unterstützen lassen.

(Hervorhebung und Anführungszeichen im Original) Quelle: Diepenbrock et al. 1999: Spezieller Pflanzenbau. S. 434

Dobers, KTBL-Tage 2021: Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung - 16.03.2021 (online-Konferenz)

24

Zusammenfassung



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fernerkundung in der angewandten Bestandsführung ...

1. ... ermöglicht Überblick und Einblick,
2. ... hilft bei der Optimierung von Maßnahmen
v.a. bei feldinterner Variabilität von Standortbedingungen,
3. ... fördert das Verständnis von komplexen Systembeziehungen,
4. ... unterstützt bei der ressourceneffizienten Wissensgewinnung und
Plausibilisierung von alternativen (digitalen) Datenquellen,
5. ... gibt Halt in einer zunehmend (?) dynamischeren und virtuellen Welt,
6. ... kann Schönheit, Handlungsfreude und Demut vermitteln.



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Nutzung von Fernerkundungstechnologien in der angewandten Bestandsführung

KTBL-Tage 2021

16./17.03.2021 (Online-Konferenz)



Foto: Dobers (2015)

Prof. Dr. Eike Stefan Dobers

Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaft
Email: dobers@hs-nb.de
www: www.hs-nb.de

Agroforstwirtschaft als Chance, Landwirtschaft systemisch und multifunktional zu denken

CHRISTIAN BÖHM

1 Einleitung

Der Begriff Agroforstwirtschaft steht für eine Form der Landnutzung, bei der Gehölzkulturen zusammen mit Ackerkulturen und/oder Grünland auf einer Bewirtschaftungsfläche angebaut und genutzt werden. Auch die Kombination aus Weidetierhaltung und Gehölzanbau zählt hierzu (DeFAF 2020). Die Einbindung von Gehölzstrukturen in pflanzenbauliche und viehwirtschaftliche Entscheidungsprozesse war in der Vergangenheit allgemein weit verbreitet. In den letzten Jahrzehnten sind agroforstliche Nutzungsformen und die hiermit verbundenen Vorteile allerdings zunehmend in Vergessenheit geraten. Hierfür ursächlich ist auch die – vor allem in den letzten Jahrzehnten stattgefundene – starke Fokussierung auf ein einseitiges Effizienzdenken, das mit Blick auf Ertragsmaximierung bei gleichzeitiger flächenbezogener Arbeitszeitminimierung mittelfristig zwar vielfach erfolgreich ist, wichtige ökosystemare Zusammenhänge aber nur ungenügend oder gar nicht berücksichtigt. Wesentliche Merkmale dieser Landnutzungspraxis sind die strikte Trennung zwischen Land- und Forstwirtschaft einerseits sowie die fast ausschließliche Befassung mit Reinkulturen andererseits. Befördert wird diese stark sektorale Sichtweise zusätzlich durch das Beihilfesystem der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union.

Die zahlreichen Herausforderungen, mit denen sich die Landwirtschaft aktuell konfrontiert sieht, sind auch eine Folge der Vernachlässigung von ökosystemaren Zusammenhängen. Insbesondere die sich in den vergangenen Jahren abzeichnenden Klimaänderungen zeigen, dass es nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch sinnvoll sein kann, bei Anbauplänen und Flächengestaltung wieder deutlich mehr Landschafts- und Umweltaspekte in Entscheidungsprozesse einzu beziehen. Auch die gleichzeitig wachsenden gesellschaftlichen Ansprüche an die Landwirtschaft unterstreichen die grundsätzlich zu berücksichtigende Multifunktionalität der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Die Agroforstwirtschaft ist eine Bewirtschaftungsform, die in ganz besonderer Weise systemisches Denken im Sinne der Verbindung von Produktivität, Klimaanpassung und Umweltleistungen befördert. Mit dieser Form der Landnutzung können zahlreiche Herausforderungen gleichzeitig adressiert werden. Sie ermöglicht beispielsweise eine hohe Flächenproduktivität und Ertragsstabilität, gewährleistet parallel einen außerordentlich effektiven Schutz vor Bodenerosion und erhöht die Struktur- und Lebensraumvielfalt in Agrarräumen. Dabei ist die Agroforstwirtschaft selbst äußerst vielfältig. Eine gegenwärtig noch vergleichsweise häufig anzutreffende Form der Agroforstwirtschaft sind die Streuobstwiesen. Darüber hinaus gibt es aber zahlreiche weitere Arten der Agroforstwirtschaft, angefangen von mehrschichtigen Waldgärten bis hin zu streifenförmigen Alley-Cropping-Systemen mit Frucht- und Stammholznutzung und/oder Kurzumtriebswirtschaft (Abb. 1). Gerade die Alley-Cropping-Systeme können hervorragend an die betriebsspezifischen Erfordernisse (Arbeitsbreiten, Kulturartenspektrum usw.) angepasst werden, sodass bei solchen Systemen der gegenüber Reinkulturen mögliche Mehraufwand bei der Flächenbewirtschaftung nicht oder nur gering ins Gewicht fällt.



Abb. 1: Beispiele für Agroforstsysteme: kleinstandörtlich differenzierter Anbau von Feldfrüchten mit Obstgehölzen (links; © Burkhard Kayser) und Kombination aus konventionellem Ackerkulturanbau und schnellwachsenden Baumarten (rechts; © Thomas Domin)

Auf die vielfältigen Potenziale der Agroforstwirtschaft wurde in der Vergangenheit – insbesondere von wissenschaftlicher Seite – vielfach hingewiesen (Böhm und Hübner 2020). Nun steigt erfreulicherweise auch das Interesse seitens der Praxis und der Politik (Hinrich 2020, Michel 2021), sodass davon auszugehen ist, dass die Agroforstwirtschaft künftig deutlich an Bedeutung gewinnen wird. Dies ist zugleich eine Chance, Landwirtschaft wieder systemisch und verstärkt multifunktional zu denken.

2 Verbindung von Produktivität, Klimaanpassung und Umweltleistungen

2.1 Produktivität

Auch wenn in der öffentlichen Debatte zum Thema Agroforstwirtschaft hierzulande häufig die Umweltleistungen im Vordergrund stehen, so stellt in der landwirtschaftlichen Praxis vor allem die Produktivität eines der Hauptargumente für die Umsetzung von Agroforstsystemen dar. Dies wird insbesondere in Ländern deutlich, in denen agroforstliche Nutzungsformen zur gängigen landwirtschaftlichen Praxis gehören. Aber auch in Deutschland kann die Flächenproduktivität durch Agroforstwirtschaft gesteigert werden, insbesondere dort, wo ungünstige Witterungsbedingungen (z.B. längere Trockenperioden, starke Winde) allgemein zu einer Verringerung der Ertragsstabilität führen.

Als Beispiel seien die Untersuchungen von Böhm et al. (2020b) angeführt, die auf einem 40 ha großen, konventionell bewirtschafteten Ackerschlag in Südbrandenburg positive Ertragseffekte bei Wintergerste nachwiesen. In dem hier vorgestellten Agroforstsystembeispiel waren die aus Pappel bestehenden, circa 10 m breiten Gehölzstreifen knapp 50 m voneinander entfernt. Das Flächenverhältnis zwischen Gehölzkultur- und Ackerkulturbereichen betrug 17 zu 83 %. Der Kornertrag im Agroforstsystem war im Mittel um 8 % höher als auf der benachbarten Reinkultur-Referenzfläche, wobei höhere Erträge vor allem in einiger Entfernung zu den Gehölzstreifen auftraten. Wird dieser Mehrertrag der durch die Gehölze verringerten Ackerkulturfläche gegenübergestellt, so ergibt sich ein Defizit von 9 %. Folglich konnten im Agroforstsystem auf 83 % der Fläche 91 % des Reinkultureertrages an Wintergerste produziert werden. Bei schmalere Gehölzstreifen wäre in diesem Beispiel gegebenenfalls sogar eine vollständige Kompensation der Gehölzfläche denkbar. Nach anderen Studien ist dies selbst bei einem solchen Gehölz-Ackerkultur-Flächenverhältnis möglich (Kanzler et al. 2019, Mirck et al. 2017).

Auch die Gehölze weisen in Agroforstsystemen – insbesondere aufgrund des höheren Lichtgenusses – häufig eine höhere Zuwachsrate als in Reinbeständen auf. In der erwähnten Studie von Böhm et al. (2020b) betrug der durchschnittliche Mehrertrag bei Pappel 20 %. Mittels dieser Werte lässt sich für das erwähnte Beispiel ein Land-Äquivalent-Verhältnis von 1,1 errechnen. Dieses Verhältnis beschreibt die relative Landfläche, die für eine Einzelkultur bei einem Anbau in Reinkultur erforderlich ist, um den gleichen Biomassertrag wie bei einem Mehrfruchtanbau bzw. bei einer agroforstlichen Nutzung zu erzielen. Bei einem Wert von 1,1 wären somit bei einem Anbau in Reinkulturen insgesamt 1,1 ha erforderlich, um die gleichen Erträge wie auf 1,0 ha Agroforstfläche zu erzielen. Dieses Beispiel verweist – wie auch zahlreiche andere Studien aus Europa und Nordamerika – auf eine höhere Flächenproduktivität von Agroforstsystemen hin.

2.2 Klimaanpassung

Die allgemein höhere Flächenproduktivität in Agroforstsystemen hängt wesentlich mit den hier oftmals günstigeren mikroklimatischen Bedingungen zusammen. Hierzu gehören: geringere Windgeschwindigkeiten, weniger Temperaturextreme, geringere potentielle Verdunstung. Diese Effekte tragen gleichzeitig auch zu einer verbesserten Klimaresilienz von landwirtschaftlich genutzten Flächen bei. Insbesondere Trockenheitsphasen können durch die in Bodennähe festzustellende geringere potentielle Verdunstung besser überdauert werden. Einen wichtigen Beitrag hierzu leistet die Windschutzwirkung der Agroforstgehölzstreifen.

Auf der in Abschnitt 2.1 erwähnten Agroforstfläche stellten Kanzler und Böhm (2020) an allen quer über den knapp 50 m breiten Ackerstreifen positionierten Messpunkten signifikant geringere Mengen an verdunstetem Wasser im Vergleich zur Freifläche fest. Unter Berücksichtigung aller Messtermine und der gesamten Ackerstreifenbreite ergab sich im Ackerfruchtbereich des Agroforstsystems eine im Durchschnitt etwa 24 % bis 32 % niedrigere potentielle Evaporation als auf der analog bewirtschafteten Freifläche. Somit stand den Ackerkulturen im Agroforstsystem mehr Wasser zur Verfügung, das sie für die Biomasseproduktion nutzen konnten und sich in den höheren Erträgen widerspiegelte (vgl. Abschnitt 2.1).

Agroforstsysteme bieten folglich eine vielversprechende Option, landwirtschaftliche Flächen klimaresilienter zu gestalten und so die Ertragsstabilität vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Klimaveränderungen zu erhöhen.

2.3 Umweltleistungen

Die Umweltleistungen von Agroforstsystemen sind vielfach wissenschaftlich belegt und international allgemein anerkannt (IPCC 2019). Auch in Deutschland zeigen zahlreiche Studien, dass die Integration von Gehölzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sehr oft mit vielen ökologischen Vorteilswirkungen verbunden ist (Zehlius-Eckert et al. 2020). Diese betreffen alle wichtigen Schutzgüter wie Klima, Boden, Wasser, biologische Vielfalt und Landschaft. Hierbei ist ebenfalls die Multifunktionsweise der Agroforstwirtschaft hervorzuheben. So können in der Regel mehrere Schutzgüter gleichzeitig adressiert werden.

In Agroforstflächen werden beispielsweise in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse sowie durch den langfristigen Aufbau von Bodenhumus zusätzlich große Mengen an CO₂ gebunden (Tsonkova und Böhm 2020). Parallel hierzu können die Emission von N₂O und der Energieverbrauch durch die extensive Bewirtschaftung der Gehölzbereiche je Flächeneinheit gesenkt werden (Kanzler et al. 2020). Neben diesen Klimaschutzwirkungen können auch Wind- und Wassererosion effektiv – und bei großflächiger Umsetzung der Agroforstwirtschaft sogar auf Landschaftsebene –

vermindert bzw. je nach Gestaltung des Agroforstsystems sogar vollständig vermieden werden (Böhm und Tsonkova 2018). An Gewässerrändern bewirken Agroforstgehölzstreifen zudem eine deutliche Reduzierung des Stoffeintrages in Oberflächengewässer (Böhm et al. 2020a) und haben bei entsprechender Ausrichtung (Beschattung) zudem positive Effekte auf die Gewässerökologie. In Agroforstsystemen erstrecken sich Gehölzareale über den gesamten Schlag. Hierdurch entsteht ein dichtes Netz an Ökotonen und Ruhezonon, die sich positiv auf die Abundanz vieler Arten auswirken (Böhm 2020). Allgemein erhöht die Agroforstwirtschaft die Strukturvielfalt in Agrarlandschaften und bewirkt so auch eine Zunahme der Lebensraumvielfalt. Dieser Aspekt ist für die biologische Vielfalt insbesondere in großflächigen, strukturarmen Regionen von großer Bedeutung. In solchen Landschaften haben Agroforstsysteme auch den größten Vorteileffekt für das Landschaftsbild (Hübner et al. 2020).

Den Umweltleistungen von Agroforstsystemen sind angesichts der vielseitigen, gravierenden Probleme in den Agrarlandschaften (Bodenabtrag, Rückgang der biologischen Vielfalt, Gewässerqualität) eine sehr hohe Relevanz beizumessen. Diese Form der Landwirtschaft sollte daher in Überlegungen und Strategien (z. B. Ackerbaustrategie des BMEL), die sich mit Fragen einer zukunftsfähigen Landwirtschaft befassen, als gewichtige Komponente unbedingt mitgedacht werden.

3 Fazit

Die Agroforstwirtschaft bietet die Möglichkeit, ein Mehr an Flächenproduktivität mit einem Mehr an Umweltleistungen zu verbinden und dabei noch eine verbesserte Klimaanpassung zu erreichen. Es ist eine Form der Landwirtschaft, die ein äußerst hohes Maß an Multifunktionalität aufweist und dabei auch eine standort- und flächenspezifische Gewichtung unterschiedlicher Funktionen gestattet. Gleichzeitig erfordert die Planung und Bewirtschaftung eines Agroforstsystems jedoch auch komplexere Entscheidungsfindungen, die an eine systemisch orientierte Denk- und Wirtschaftsweise gekoppelt sind. Die Einbeziehung ökosystemarer Zusammenhänge in pflanzenbau-liche und viehwirtschaftliche Überlegungen ist aber keinesfalls nachteilig zu bewerten, sondern birgt die Chance, das Verständnis für komplexere Prozesse in Agrarökosystemen zu fördern und dadurch eine auf langfristige Sicht sowohl ökonomisch als auch ökologisch stabile Landwirtschaft aufzubauen bzw. zu stärken.

Vor diesem Hintergrund ist es dringend erforderlich, dass politische Vertreter und Agrarverwaltungen sich intensiv mit dieser Form der Landwirtschaft auseinandersetzen, die Landwirtschaftsbetriebe bei der Etablierung und Bewirtschaftung solcher Systeme unterstützen, für rechtliche Sicherheit sorgen und den Aufbau von agroforstlichen Wertschöpfungsketten begleiten. Lange Zeit hat sich diesbezüglich wenig bis nichts getan. Umso erfreulicher ist es, dass die Landwirtschaftsministerien einiger Bundesländer, der Bundestag und auch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sich seit einiger Zeit verstärkt mit Möglichkeiten der Umsetzung und Förderung von Agroforstsystemen befassen. Damit sich allerdings diese Art der Bewirtschaftung in der landwirtschaftlichen Praxis durchsetzt, müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, die eine größtmögliche Vielfalt an unterschiedlichen Ausprägungen der Agroforstwirtschaft ermöglichen und rechtlich absichern. Nur so ist es den Landwirtschaftsbetrieben möglich, die Agroforstsysteme auf ihre betriebsspezifischen Ziele und Bedarfe auszurichten und vielschichtige Wertschöpfungspfade aufzubauen.

Literatur

- Böhm, C. (2020): Multifunktionale Landnutzung – Mit Agroforstwirtschaft zu einer strukturreicheren Agrarlandschaft. naturmagazin 1, S. 20–21
- Böhm, C.; Tsonkova, P. (2018): Effekte des Agrarholzanbaus auf mikroklimatische Kenngrößen. In: Veste, M.; Böhm, C. (Hg.): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft, Berlin, Springer-Verlag, S. 335–389
- Böhm, C.; Hübner, R. (Hg.) (2020): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland. Cottbus, Innovationsgruppe AUFWERTEN
- Böhm., C.; Kanzler, M.; Domin (2020a): Gewässerschutz durch Agroforstwirtschaft – Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer. Loseblatt # 05, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- Böhm., C.; Kanzler, M.; Pecenka, R. (2020b): Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen. Loseblatt # 35, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- DeFAF – Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (2020): Agroforstwirtschaft – Die Kunst, Bäume und Landwirtschaft zu verbinden. Informationsbroschüre, https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2020/12/2020_DeFAF_Brosch%C3%BCre_final_Web.pdf
- Hinrich, N. (2020): Starke Impulse für Agroforstsysteme. top agrar online, 09.12.2020; https://www.topagrar.com/energie/news/starke-impulse-fuer-agroforstsysteme-12425446.html?utm_campaign=related&utm_source=topagrar&utm_medium=referral
- Hübner, H.; Härtl, J.; Pukall, K.; Augenstein, I.; Zehlius-Eckert, W. (2020): Agroforst und Landschaftsbild – Teil 1: Sicht der Bevölkerung – Einführung zur Landschaftsbildbewertung und Ergebnisse einer Umfrage mit Fotomontagen. Loseblatt # 15, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2019): IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen. <https://www.de-ipcc.de/254.php>
- Kanzler, M.; Böhm, C.; Mirck J.; Schmitt D.; Veste, M. (2019): Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry Systems* 93, pp. 1821–1841
- Kanzler, M.; Böhm, C. (2020): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel am Beispiel von Untersuchungen zum Verdunstungsschutz in Süd-Brandenburg. Loseblatt # 07, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- Kanzler, M.; Böhm, C.; Domin, T. (2020): Vergleich von Agroforstwirtschaft und konventioneller Ackerbewirtschaftung bezüglich Energiebilanz und bewirtschaftungsbedingter Treibhausgasemission am Beispiel des Landwirtschaftsbetriebes Domin in Südbrandenburg. Loseblatt # 08, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- Michel, J. (2021): Regierung soll Agroforst unterstützen. agrarheute online, 14.01.2021, <https://www.agrarheute.com/politik/regierung-agroforstwirtschaft-unterstuetzen-577078>
- Mirck J.; Kanzler M.; Böhm C. (2017): Ertragsleistung eines Energieholz-Alley-Cropping-Systems. In: Böhm, C. (Hg.): Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis. Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, 30. November bis 01. Dezember 2016 in Senftenberg, Deutschland, S. 47–50
- Tsonkova, P.; Böhm, C. (2020): CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz. Loseblatt # 06, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN
- Zehlius-Eckert, W.; Tsonkova, P.; Böhm, C. (2020): Umweltleistungen von Agroforstsystemen. Loseblatt # 02, Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN

KTBL-Tage 2021: Boden gut machen - neue Ackerbausysteme
16. und 17. März 2021, online

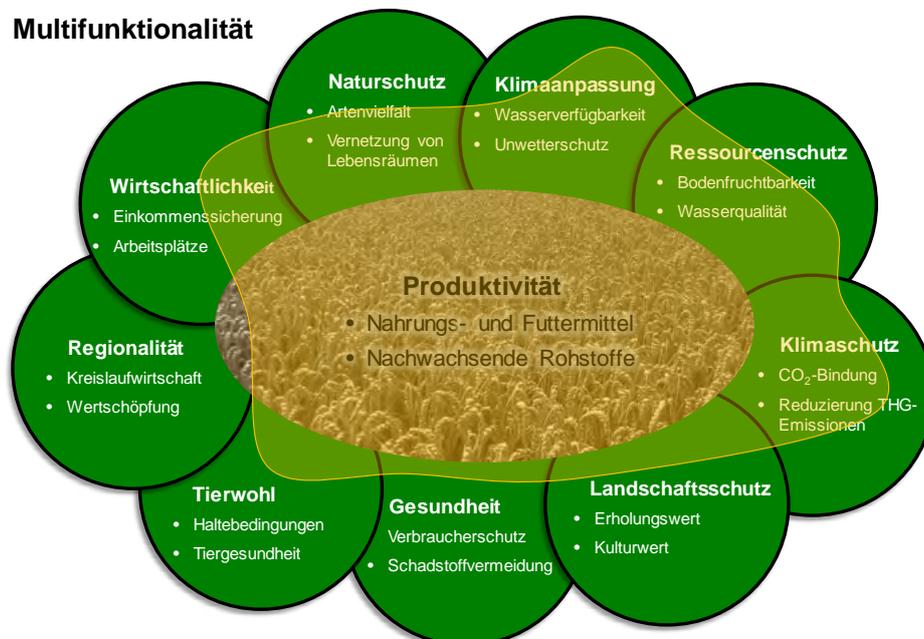
Agroforstwirtschaft als Chance, Landwirtschaft systemisch und multifunktional zu denken

Dr. Christian Böhm
Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V.
Kontakt: T: 0355 75213243 --- E: boehm@defaf.de

BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung
Kontakt: T: 0355 694145 --- F: 0355 692323 --- E: boehmc@b-tu.de



Multifunktionalität



www.defaf.de --- info@defaf.de

2

Agroforstsysteme (Beispiele)



b-tu

Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de

3

Agroforstsysteme (Beispiele)

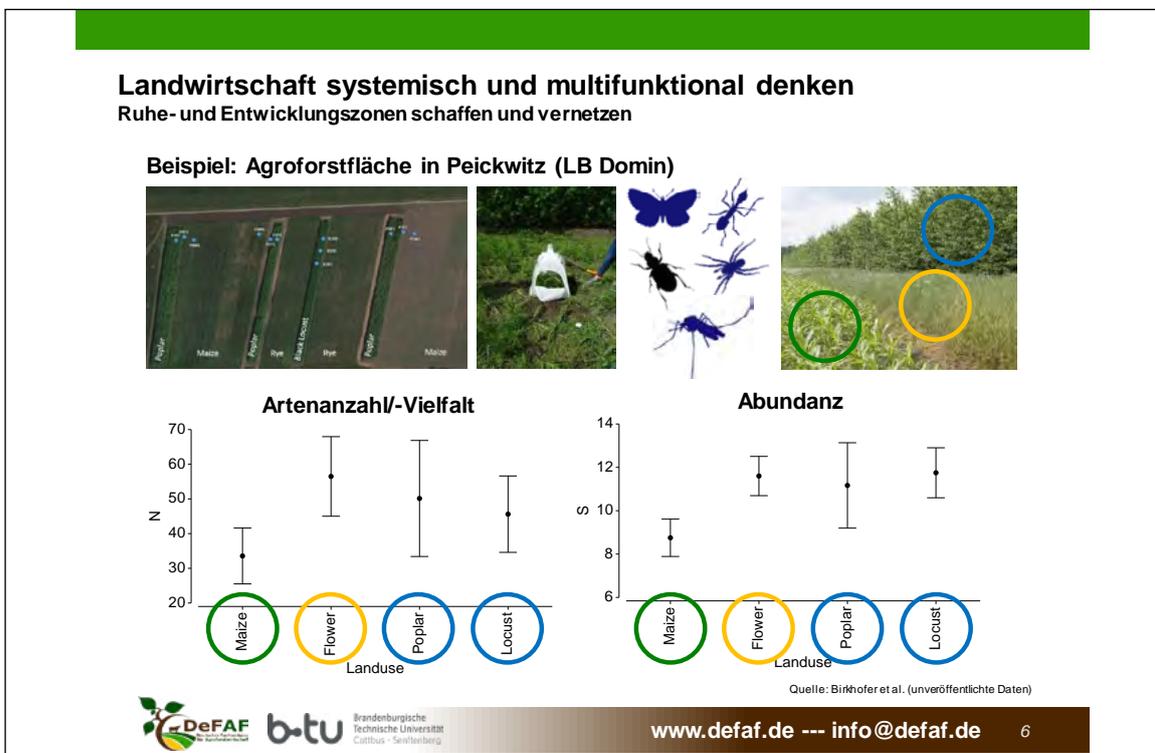
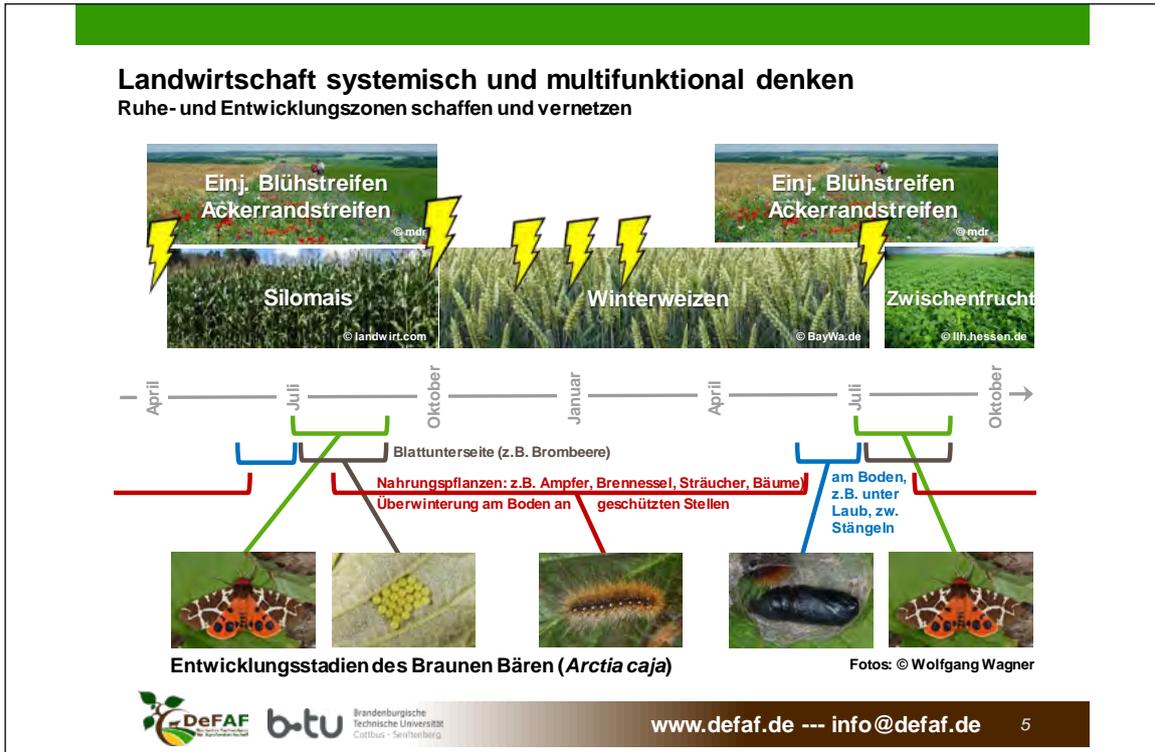


b-tu

Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

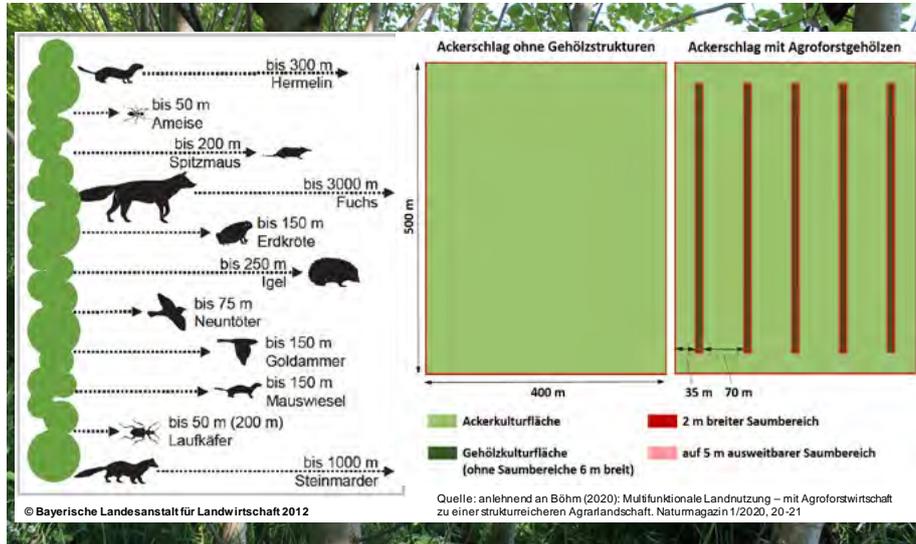
www.defaf.de --- info@defaf.de

4



Landwirtschaft systemisch und multifunktional denken

Ruhe- und Entwicklungszonen schaffen und vernetzen



b-tu

Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Saarland

www.defaf.de --- info@defaf.de

7

Landwirtschaft systemisch und multifunktional denken

Beeinflussung von abiotischen Umweltfaktoren und Produktivität



b-tu

Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Saarland

www.defaf.de --- info@defaf.de

8

Beispiel Agroforstfläche Neu Sacro (Südbrandenburg)



Kreisfreie Städte
 1 Brandenburg an der Havel
 2 Cottbus
 3 Frankfurt (Oder)
 4 Potsdam

- Bewirtschafter: Agrargenossenschaft Forst; ca. 40 ha, Agroforst angelegt im Frühjahr 2010;
- **Gehölzstreifen:** Pappel, Robinie; Nord-Süd-Richtung; 8 m breit, ca. 4 m hoch; Umtriebszeit: 4-5 Jahre
- **Ackerstreifen:** 24, 48 oder 96 m breit

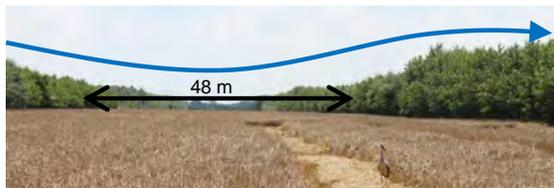


b-tu Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

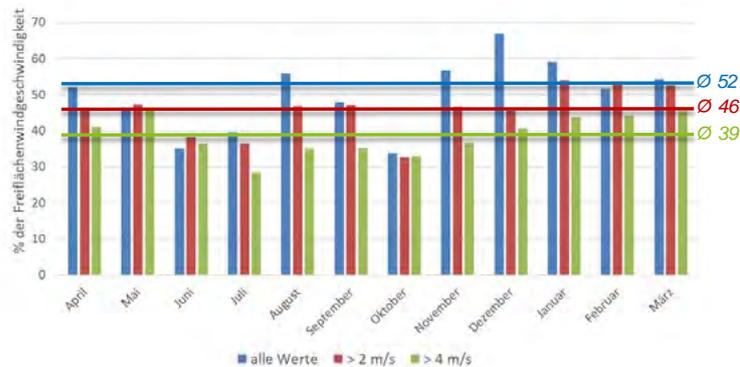
www.defaf.de --- info@defaf.de

9

Reduzierung der Windgeschwindigkeit; Vermeidung von Bodenabtrag



Mittlere Reduktion der Windgeschwindigkeit auf einem 48 m breiten Ackerfruchtstreifen in Bezug zur Freifläche (Referenz) in Abhängigkeit des Monats (Messzeitraum = 20. April 2017 bis 20. März 2018)



Quelle: Böhm C., Kanzler M., Domin T. (2020): Auswirkungen von Agrarholzstrukturen auf die Windgeschwindigkeit in Agrarräumen. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 3



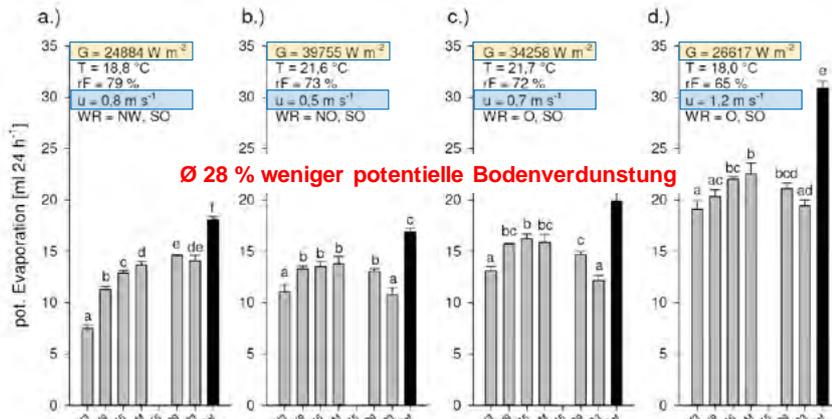
b-tu Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de

10

Reduzierung der pot. Verdunstung im Bereich der Ackerkulturen Beitrag zur Erhöhung der Klimaresilienz

Evaporationsmessungen nach Piché (24 h-Werte) am a.) 18. b.) 19. c.) 20. Juli sowie am d.) 31. August 2016 (G = Summe der Globalstrahlung; T = Mittelwerte der Lufttemperatur; rF = relative Luftfeuchtigkeit; u = Windgeschwindigkeit; WR = Hauptwindrichtung(en); alle Klimawerte beziehen sich auf die Freifläche; unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$); W = leeseitig bzw. westlich, O = luvseitig bzw. östlich von der Ackermitte (M) aus gesehen, Ref = Freifläche)



Quelle: Kanzer M., Böhm C. (2020): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel am Beispiel von Untersuchungen zum Verdunstungsschutz in Süd-Brandenburg. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 7

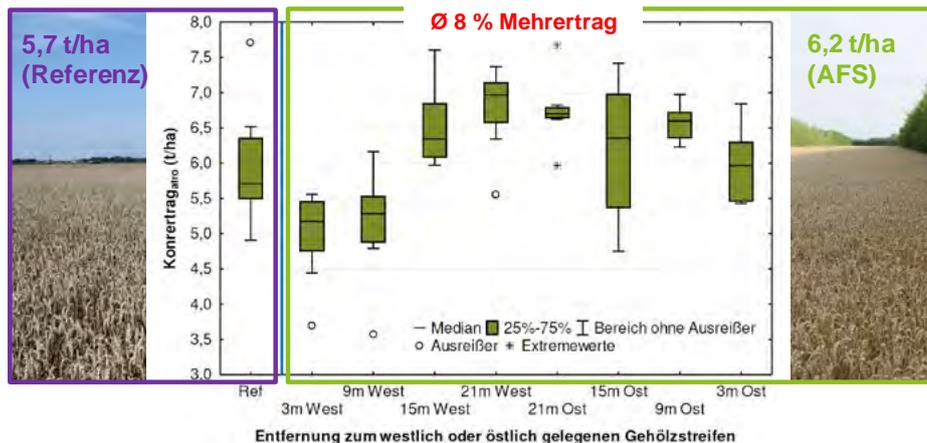


b-tu
Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de 11

Höhere Flächenproduktivität durch verbessertes Mikroklima

Kornertrag Wintergerste auf 48 m breitem Ackerstreifen



Flächenverhältnis: 83 % (Ackerkulturen) : 17 % (Gehölzkulturen) → auf 83 % der Fläche konnten fast 91 % des Reinkulturertrages an Gerste angebaut werden; LER = 1,1

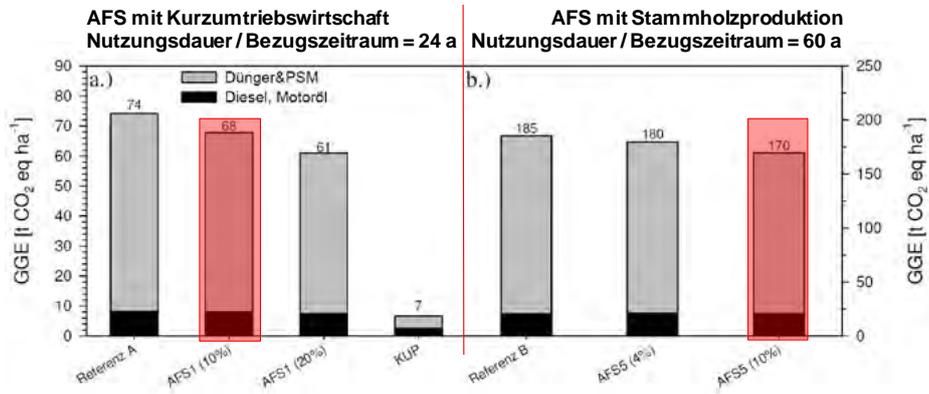
Quelle: Böhm et al. (2020): Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen. Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblatt # 35



b-tu
Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de 12

Minderung der verfahrensbedingten THG-Emissionen (GGE) ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten



Bei 10 % Gehölzflächenanteil = 0,25 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ Einsparung durch partielle Extensivierung

Quelle: Kanzler M., Böhm C., Domin T. (2020): Vergleich von Agroforstwirtschaft und konventioneller Ackerbewirtschaftung bezüglich Energiebilanz und bewirtschaftungsbedingter Treibhausgasemission am Beispiel des Landwirtschaftsbetriebes Domin in Südbrandenburg. Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblatt # 8



Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de 13

Klimaschutz durch Bindung von CO₂ in ober- und unterirdischer Holzbiomasse



Beispielszenario:

- Agroforstsysteme auf 50 % der Ackerfläche Deutschlands
- Gehölzflächenanteil = 10 % = 588.000 ha Gehölzfläche

Systembeispiel / Flächenanteil an Agroforstsystemen	CO ₂ -Bindungspotential		
	Oberirdisch	Unterirdisch	Gesamt
	Millionen t CO ₂ -Äq Gehölzfläche a ⁻¹		
Beispiel I / 50 %	4,37	1,99	6,36
Beispiel II / 30 %	2,32	0,56	2,88
Beispiel III / 20 %	0,50	0,12	0,62

ca. 10 Millionen t CO₂-Äq a⁻¹ werden in Holzbiomasse gebunden entspricht ~ 14 % der THG-Emissionen aus Landwirtschaft (2014)

Quelle: Tsankova P., Böhm C. (2020): CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 6



Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

www.defaf.de --- info@defaf.de 14

Fazit und [agrar(förder)rechtlicher] Ausblick

► Agroforstsysteme

- Können aktuell nur unter Inkaufnahme von Beschränkungen, rechtlicher Unsicherheit und hohem bürokratischen Aufwand umgesetzt werden

Es besteht Hoffnung, dass Agroforstflächen ab 2023 (neue GAP) auch in Deutschland rechtssicher umsetzbar und förderfähig sind

- Förderung der „Beibehaltung einer agroforstlichen Bewirtschaftungsweise“ als Maßnahme der Öko-Regelung (Eco Schemes)
[nach Entwurf des GAP-Konditionalitäten-Gesetzes]
- Förderung der Etablierung und Bewirtschaftung über Länderförderprogramme (als investive Maßnahme oder AUKM)
[nach Aussage einiger Bundesländer: Brandenburg, Mecklenburg-Vorp., ...]
- Förderung als Klimaschutzmaßnahme im Bereich Humusaufbau?
[gemäß Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung]



Interessensvertretung, Information, Vernetzung, ...



www.defaf.de --- info@defaf.de 17



Danke für Ihr Interesse



Multifunktionale Ackerbausysteme im ökologischen Landbau

Status Quo: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Tab. 2: Ertragsleistungen des ökologischen Landbaus (Ergebnisse verschiedener Meta-Analysen, Abweichung von konventioneller Bewirtschaftung in %)

Bereich	Indikatoren	
BMEL 2019	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 23,6 %
Treu et al. 2017	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 20%
Noleppa 2016	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 43,2%

aus: Haller et al. 2020

9

Status Quo: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Tab. 2: Ertragsleistungen des ökologischen Landbaus (Ergebnisse verschiedener Meta-Analysen, Abweichung von konventioneller Bewirtschaftung in %)

Bereich	Indikatoren	
BMEL 2019	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 23,6 %
Treu et al. 2017	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 20%
Noleppa 2016	Mittel der Fruchtarten, Deutschland	- 43,2%
Poniso et al. 2015	Mittel der Fruchtarten, weltweit	-19%
Seufert et al. 2012	Mittel der Fruchtarten, weltweit	-25%
De Ponti et al. 2012	Mittel der Fruchtarten, weltweit	-20%
Wilbois & Schmidt 2019	Mittel der Fruchtarten, weltweit	-9 bis - 25%

aus: Haller et al. 2020 und Wilbois & Schmidt 2019

10

Status Quo: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

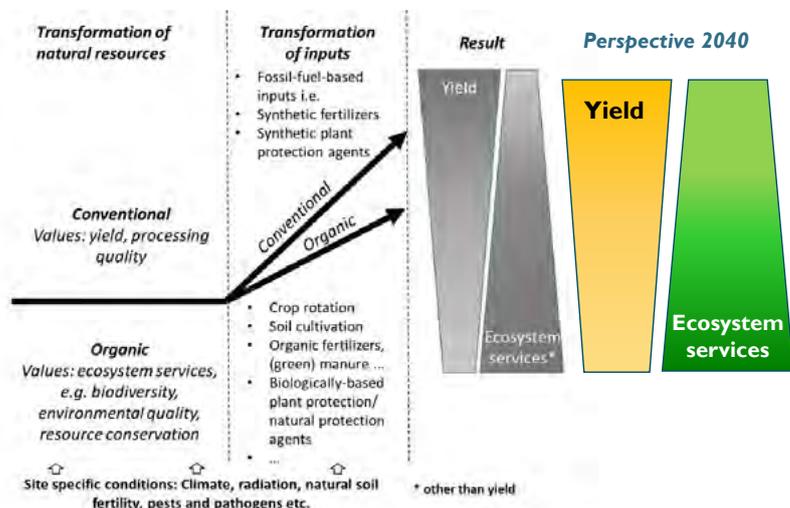


Abb. 2: Vereinfachtes Modell zur Beschreibung eines Anbausystems als einen Prozess der Transformation (Wilbois & Schmidt 2019)

11

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Tab. 3: Ökologischer Ackerbauversuch Gladbacherhof (Leithold et al. 2015)

Fruchtfolge-Feld (Jahr)	Gemischt (Rinder)	Marktfrucht mit Grünbrache	Marktfrucht ohne Grünbrache
1	Luzerne-Klee gras (LKG)	Hafer	Hafer
2	LKG	Grünbrache LKG	Ackerbohnen
3	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
4	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln
5	Winterweizen	Erbsen	Erbsen
6	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
Ertrag (dt TM je ha)	98 (= 100 %)	89 (90 %)	73 (75 %)
N im Aufwuchs (kg je ha)	191 (= 100%)	166 (87 %)	140 (73 %)
Δ N im Boden (kg je ha /Jahr)	+ 7	-20	-57
Humusvorrat (t je ha)	93 (=100 %)	88 (95 %)	83 (89%)

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

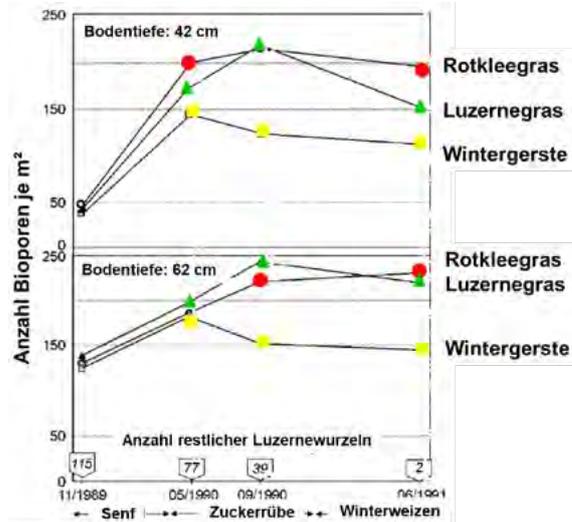


Abb. 3: Dichte von Bioporen im Boden als Funktion der Vorfrucht, der Bodentiefe und der Zeit (Quelle: Dreesmann 1993)

13

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Einwachsen einer Malvenwurzel in eine Biopore in den Boden

Eindringen einer Malvenwurzel aus der Biopore in den Boden



Abb. 4: Wurzelwachstum in Bioporen (Ø 10 mm) ermittelt über in situ-Endoskopie mit einem Einwachsen der Wurzeln der Malve in eine Biopore (links) und Eindringen einer Malvenwurzel aus der Biopore in den Boden (Quelle: Altmann et al. 2012)

14

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

1. Ertragsleistung und Ertragsstabilität des Ackerbaus über Schnitt genutzte, überjährig angebaute Futterleguminosen steigern
2. Strategisch durch Tiefwurzler die Resilienz gegenüber Trockenheit im Ackerbau erhöhen

15

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Winter- und Sommerackerbohne Görlitz 11. Mai 2016



Foto: Tzschoch 2016

16

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

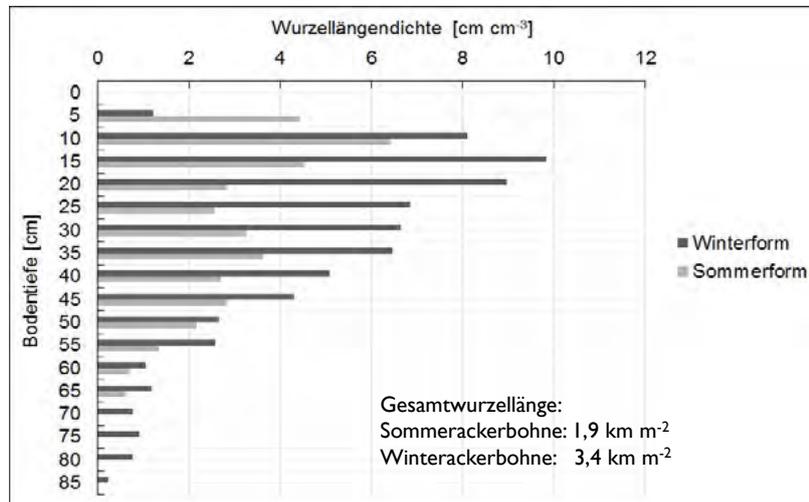


Abb. 4: Wurzellängendichte von Sommer- und Winterackerbohne zu BBCH 77 bzw. 81 (Tzschoch 2017)

17

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

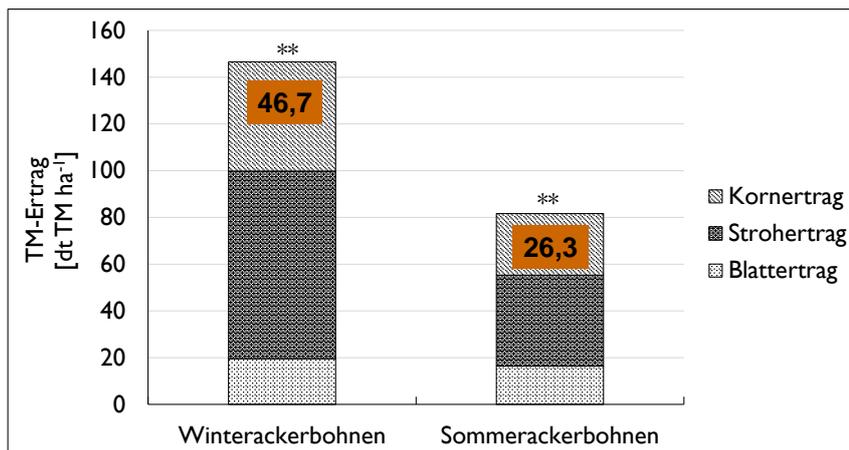


Abb. 5: Sprossertrag von Winter- und Sommerackerbohne ** = $P < 0,01$ (Tzschoch 2017)

18

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional Nutzung neuer digitaler Instrumente

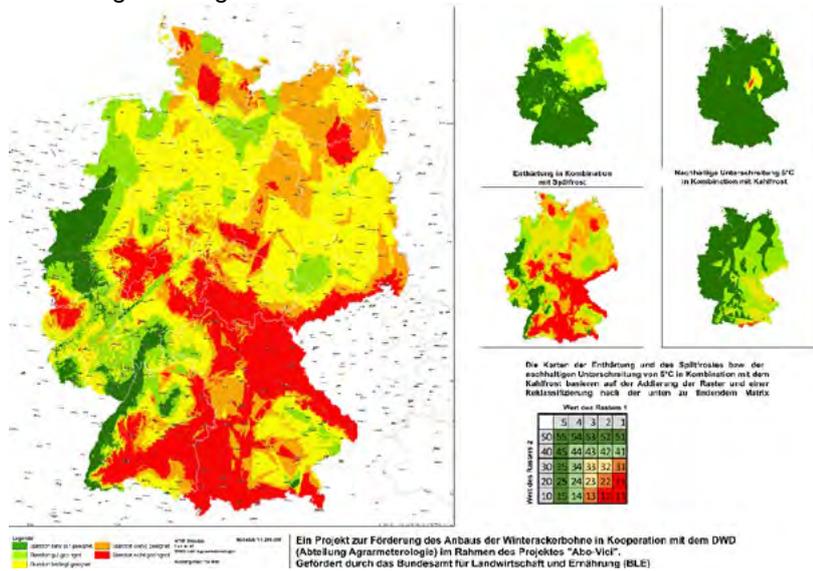


Abb. 5: Karte der Anbaueignung für Winterackerbohnen in Deutschland (Schmidtke et al. 2020)

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

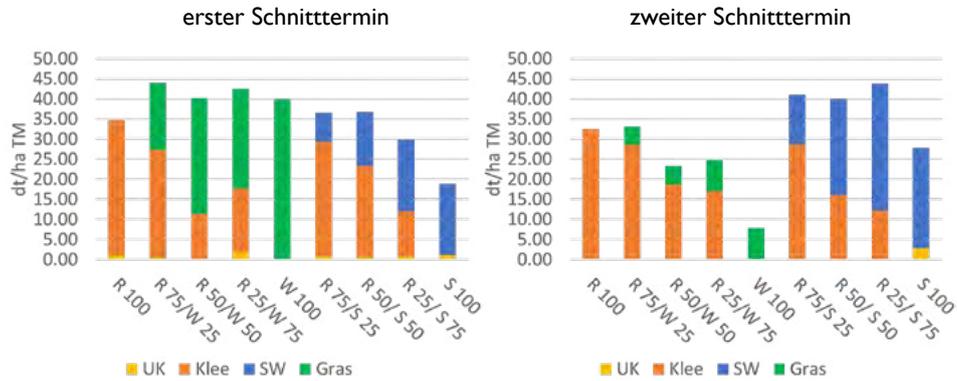


Abb. 6: Schnittguterträge von Rotklee (R), Welschem Weidelgras (W) und Spitzwegerich (S) in Rein- und Gemengesaat zum ersten und zweiten Schnitttermin im Jahr 2020 (Tröber & Schmidtke 2020)

22

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Gegen Unterbodenverdichtung konsequent vorsorgen



23

Quelle: Herlitzius, 2016

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



<http://www.innovations-report.de>

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



Diagnose und intelligent reagieren

1. Kulturpflanze/Unkräuter (nach Dichte, Rote Liste-Arten)
2. Georeferenzierte Dokumentation der
 - Wildpflanzenarten
 - Bestandsdichte
 - Nährstoffstatus der Kulturpflanze/des Bodens
 - Befall mit Schaderregern

25

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



26

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

1. Ertragsleistung und Ertragsstabilität des Ackerbaus über Schnitt genutzte, überjährig angebaute Futterleguminosen steigern
2. Strategisch durch Tiefwurzler die Resilienz gegenüber Trockenheit im Ackerbau erhöhen
3. Multifunktionalität durch Digitalisierung fördern
4. Multifunktionalität durch autonome, leichtgewichtige und regenerativ angetriebene Maschinen stärken
5. Landbau energetisch regenerativ

27

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional
Agrophotovoltaik



(Fraunhofer Gesellschaft 2019)

28

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional
Agrophotovoltaik-Versuchsfeld HTW Dresden



Scholz 2018

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



30
Scholz 2018

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

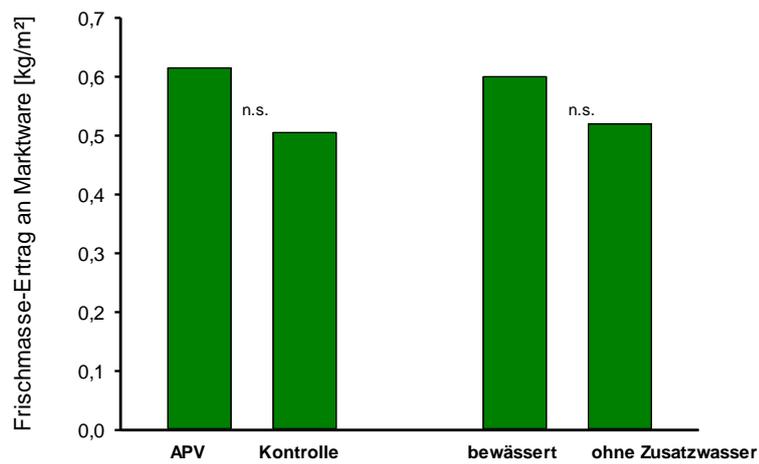


Abb. 7: Einfluss von Agrophotovoltaik (APV) und Bewässerung auf den Ertrag von Spinat 2018 (Scholz 2018)

31

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

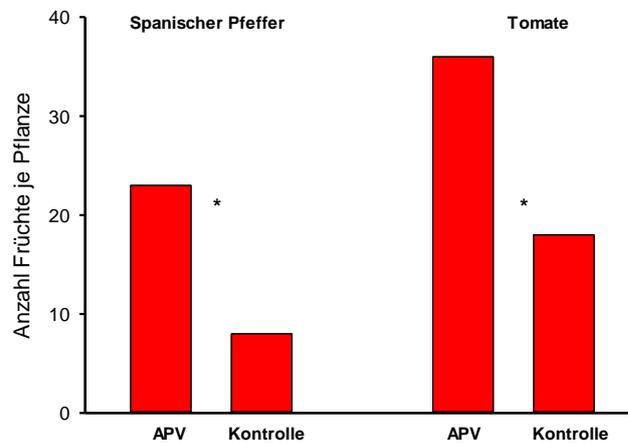


Abb. 8: Einfluss einer Agrophotovoltaikanlage (APV) auf Fruchtbildung von Spanischem Pfeffer und Tomate in Zentral-Nordamerika (Barron-Gafford et al. 2019)

32

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional
Agrophotovoltaik



(Fraunhofer Gesellschaft 2019)

(Next2Sun 2021)

33

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

1. Ertragsleistung und Ertragsstabilität des Ackerbaus über Schnitt genutzte, überjährig angebaute Futterleguminosen steigern
2. Strategisch durch Tiefwurzler die Resilienz gegenüber Trockenheit im Ackerbau erhöhen
3. Multifunktionalität durch Digitalisierung fördern
4. Multifunktionalität durch autonome, leichtgewichtige und regenerativ angetriebene Maschinen stärken
5. Landbau energetisch regenerativ – Klimaneutralität des ÖL
6. Multifunktionalität im Ackerbau durch mehr Diversität gewährleisten

34

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



Bildquellen: oekolandbau.de; Taifun Gut Döllnitz



35

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Artendiversität im Körnerleguminosenbau



Bild: Carolin Weiler, Rhizo-Linse

Lux 2015

Schmidtke 2009

Perspektive 2040: Acker- and Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

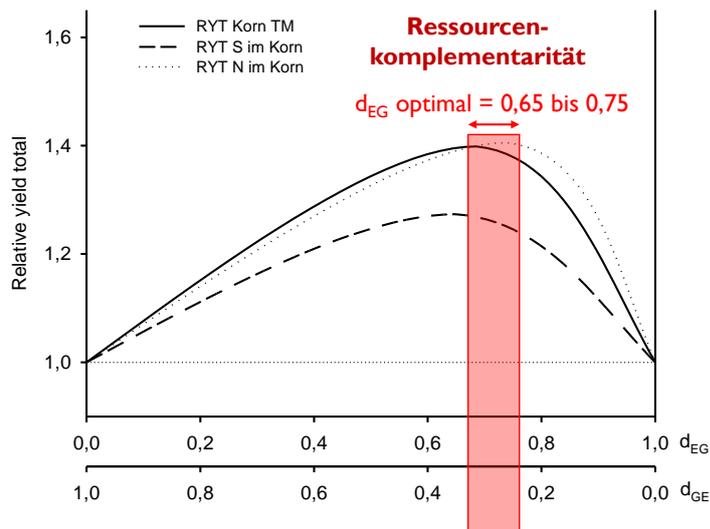


Abb. 9: Relativerträge bezogen auf den Trockenmasse (TM) –Kornertrag sowie die S- und N-Akkumulation im Korn eines Erbse/Gerste-Gemenges (Pöttsch et al. 2019)

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional
Artendiversität im Feldfutterbau

dt. Weidelgras	12%
Wiesenschwingel	4%
Wiesenschweidel	12%
Lieschgras	4%
Knautgras	2%
Rohrschwingel	2%
Weißklee	2%
Rotklee	17%
Luzerne	17%
Schwedenklee	4%
Gelbklee	5%
Bokharaklee	1%
Hornklee	3%
Esparsette	6%
Kleiner Wiesenknopf	2%
Spitzwegerich	2%
Wegwarte	2%
Wiesenkümmel	2%
Pastinake	1%



Abb. 10: Zusammensetzung artenreiches Gemenge „Mehrjähriges Klee gras“ (König 2019)

38

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional
Artendiversität im Zwischenfruchtbau



Bildquelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mücke 2019

39

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Agroforstsysteme



FiBL Westschweiz

40

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



Beckhoff, BLE 2019



COOP CH 2019



Dierauer, FiBL 2019

41

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

20. Juli



23. August



Abb. 10: Spitzwegerich-Untersaat in Kartoffeln (Aufnahmen Liebenau, 2002)

Einsaat von Spitzwegerich: 44 (2002) bzw. 21 Tage (2004) nach dem Pflanzen der Kartoffeln

43

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

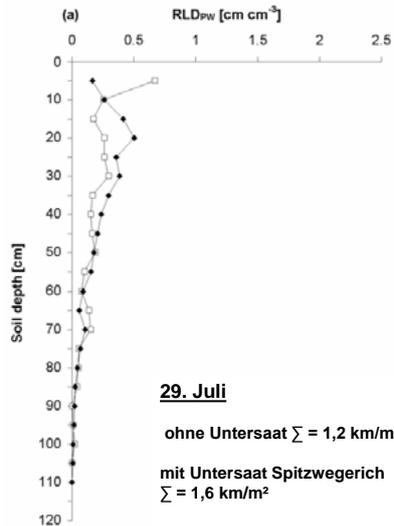


Abb. 11: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf die Durchwurzelungsintensität des Bodens (Rauber et al. 2008)

44

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

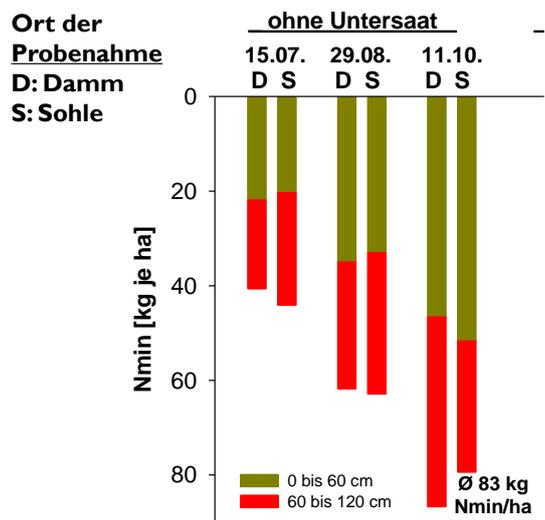


Abb. 12: Einfluss einer Untersaat mit Spitzwegerich in Kartoffeln auf Nmin-Vorrat im Boden im Jahr 2002 (Rauber et al. 2008)

45

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

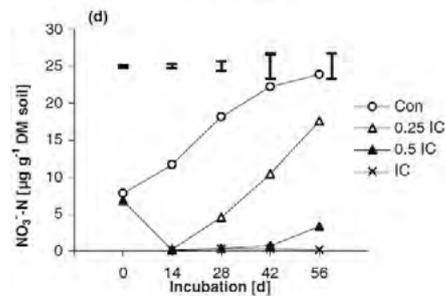


Inhibitory effects of *Plantago lanceolata* L. on soil N mineralization

Marko Dietz, Susanne Machill,
Herbert C. Hoffmann &
Knut Schmidtke 2013:
Plant and Soil 368, 445-458

46

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



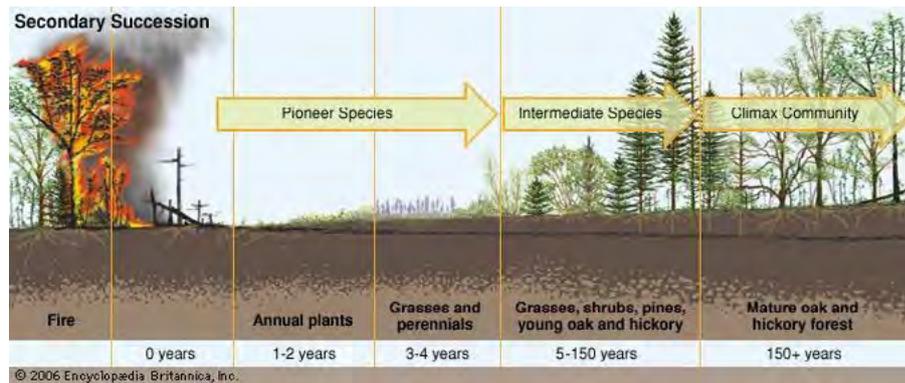
Aucubin wirkt
nitrifikations-
hemmend

Abb. 13: Einfluss der Zugabe von Pflanzenpresssaft von Spitzwegerich auf die N-Mineralisation im Boden (Dietz et al. 2013)

47

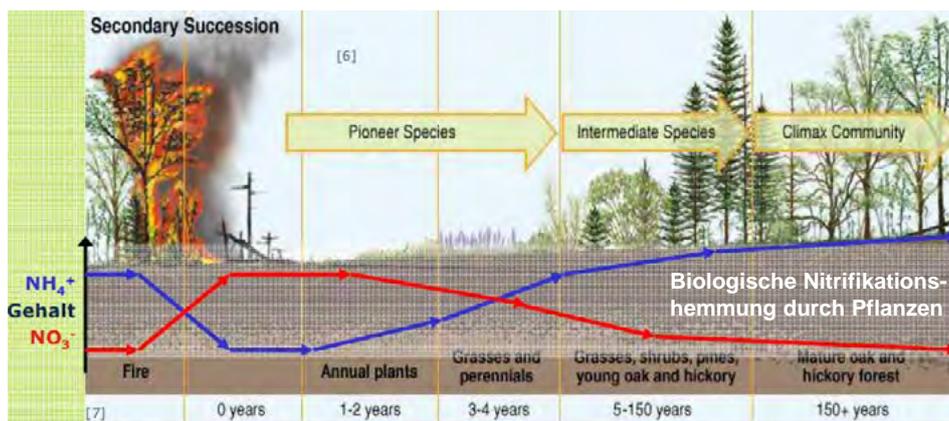
Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Einfluss der Sukzession natürlicher Pflanzenbestände auf den N-Haushalt im Boden



48

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional



49

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Biologische Nitrifikationshemmung durch Pflanzen

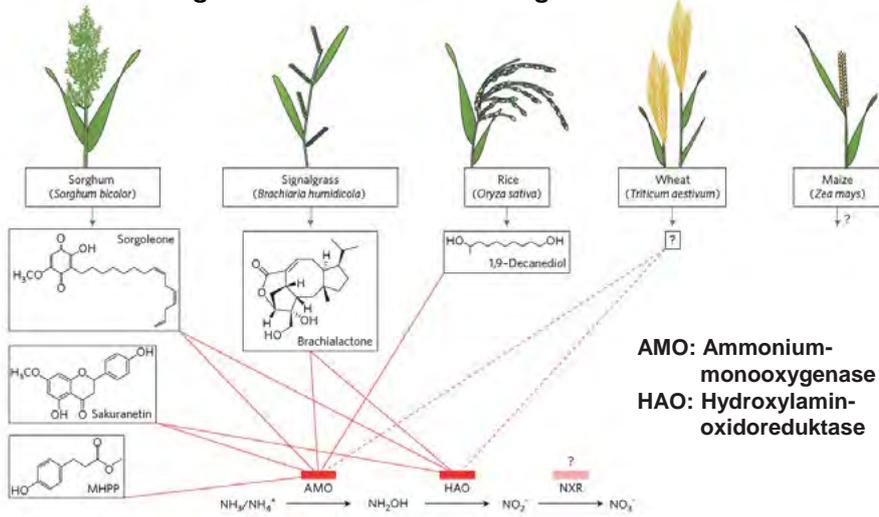


Abb. 14: Biologische Nitrifikationshemmer aus Wurzelabscheidungen verschiedener Pflanzenarten und deren Zielenzyme (Coskun et al. 2017)

50

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Umsetzung der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI) im Freistaat Sachsen



Saxony⁵

Co-Creation Lab
Landwirtschaft und Biodiversität



HOCHSCHULE FÜR
TECHNIK UND WIRTSCHAFT
DRESDEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biologische Nitrifikationshemmung zum Schutz des Grundwassers nach Luzerneumbruch – Bionitrat-Schutz

Hannah Scharfstädt, Tsvetelina Krachunova & Knut Schmidtke



51

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Multifunktionalität im Ackerbau durch mehr Diversität gewährleisten
Biologische Innovationen generieren

Suppression von
Darmparasiten bei
Wiederkäuern



Reduktion der
N₂O-Entbindung aus
dem Boden

nitrifikations-
hemmend durch
Aucubin

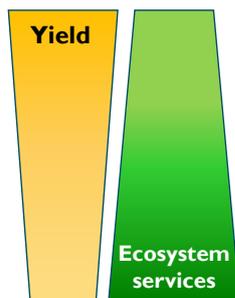
Resilienz gegen
Trockenheit

Hohe
Aneignungsfähigkeit
für Nitrat im
Unterboden

52

Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Perspective 2040



Durch Forschung die Multifunktionalität
des Acker- und Pflanzenbaus systematisch
ausbauen.

**Multifunktionale Agrikultur ist
Diversitätsmanagement auf höchstem Niveau.**



53



Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Multifunktionale Ackerbausysteme im ökologischen Landbau

I Status Quo: Acker- und Pflanzenbau im ÖL – multifunktional

II Perspektive 2040: Acker- und Pflanzenbau im ÖL - multifunktional

Knut Schmidtke, FiBL Schweiz

KTBL-Tage 2021: Boden gut machen - neue Ackerbausysteme

Darmstadt, den 16. und 17. März 2021

Kontakt

Prof. Dr. Knut Schmidtke

Direktor Forschung, Extension und Innovation

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL

Ackerstrasse 113 / Postfach 219

5070 Frick, Schweiz

Telefon +41 62 8657-272

direkt +41 (0)79 872 02 31

E-Mail: knut.schmidtke@fibl.org

info.suisse@fibl.org

www.fibl.org

Zukünftige Technologien im Ackerbau – KI und Robotik auf dem Weg zu vollautomatischen Prozessen

JOACHIM HERTZBERG

1 Das Thema

Künstliche Intelligenz (KI) und die KI-basierte Robotik erfuhren in letzter Zeit hohe Aufmerksamkeit als eine Zukunftstechnologie – oder als eine Sammlung aktuell bereits verwendeter Werkzeuge – in der Landtechnik. Das gilt für Aussagen von Maschinenherstellern wie für Ausschreibungen von Projekten zur Förderung Angewandter Forschung. Zur Stützung dieser Behauptung könnte man auf zahlreiche programmatische Aussagen aus Wirtschaft und Politik verweisen. Beispiele sind die Agritechnica-Präsentation der Firma John Deere (2019), aktuelle Förderprogramme des BMEL (2020) oder das DFG-Exzellenzcluster PhenoRob in Bonn (UBN o. J.).

Gleichzeitig nehmen wir aus der Praxis Ungeduld hinsichtlich der Umsetzung KI-basierter Funktionen oder Prozesse im Ackerbau wahr: Nun reden wir schon länger darüber – wo bleiben denn die praktischen Resultate? Dieser Beitrag soll sortieren: KI und ihr Potenzial, unterschiedliche Stufen von Umsetzung von KI-Methoden in Maschinen und Prozessen im Ackerbau und Visionen von „Agrarsystemen der Zukunft“ (um ein früheres BMBF-Förderprogramm zu zitieren) mit KI-Beiträgen. Dazu wird im Schnelldurchgang der Bogen von einer Standortbestimmung des Wissenschaftsgebiets KI über das Verhältnis von KI und Digitalisierung über KI-basierte Assistenzsysteme hin zu KI in vollautomatisierten („autonomen“) Systemen gespannt. Als Beispiele dienen aktuelle Projekte, an denen der Autor beteiligt ist, nämlich Agri-Gaia (o. J.), resKIL (o. J.) und ZLA (o. J.). In den vorgegebenen Grenzen kann dieser Text allerdings nicht mehr leisten als das Thema im Sinne einer erweiterten Zusammenfassung anzureißen.

2 KI im Ackerbau

2.1 Von welcher KI sprechen wir?

Über die Frage, was KI genau ist, existieren umso mehr Vorstellungen, je populärer die subjektive Überzeugung ist, KI stelle mächtige Werkzeuge zum Bau „intelligenter“ Systeme bereit. Hier ist nicht der Raum, das ausführlich zu diskutieren. Stattdessen sei auf das weltweit vermutlich verbreitetste KI-Lehrbuch (Russell and Norvig 2020) verwiesen, das gerade in vierter Auflage erschienen ist. Dort wird keine im weitesten Sinne technische oder gar formale Definition des Gebiets gegeben. Die Darstellung bezieht sich aber eindeutig auf Methoden zur „schwachen“ KI, die Algorithmen und Formalismen zur anwendungsspezifisch zielgerichteten Steuerung von Systemen („agents“) in den Vordergrund stellt – im Gegensatz zur „starken“ KI, der es um die Simulation menschlicher Kognition geht.

Als Annäherung der in Russell and Norvig (2020) dargestellten Sicht des Gebiets verwenden wir in der eigenen Universitätslehre die informelle Definition, KI behandle „Informatik-Methoden und -Techniken zum Bau künstlicher Systeme, die in Umgebungen zielgerichtet agieren, welche unvollständig kontrollierbar und/oder dynamisch und/oder vorab ungenau bekannt sind“. Darunter

fallen unter anderem Methoden zum Problemlösen durch Suche, zum Deduzieren (z.B. logisch, probabilistisch) von Wissen oder zur Generalisierung allgemeiner Aussagen aus Beispielen. Die letztgenannten Methoden haben unter der Bezeichnung „Maschinelles Lernen“ oder „Big Data“ in jüngster Zeit besondere Aufmerksamkeit: Das ist erklärbar durch neuerdings verfügbare, sehr großvolumige Datenkorpora, verbreitet sehr leistungsfähige Rechenressourcen (einschließlich GPU-Parallelrechner) und einige neuere Algorithmenentwicklungen. Die letztere verbreitete Gleichsetzung von KI mit „Maschinellern Lernen“ ist mit Sicht auf die Geschichte des Gebiets KI als eine Modeerscheinung zu charakterisieren. Auch in früheren Jahren hat es solche Moden gegeben, etwa die „Expertensystem“-Welle der 1970er- bis 1980er-Jahre. Die lange Erfahrung mit der Entwicklung von Anwendungssystemen in Umgebungen und Problemstellungen der genannten Art (unvollständige Kontrolle, Dynamik, unvollständige Information) zeigt, dass letztlich integrierte Kombinationen von Methoden zum Anwendungserfolg führen – wobei über die Jahre der Entwicklung der KI als Wissenschaftsgebiet ein durchlaufender Trend von heuristischen Ad-hoc-Methoden zu solchen mit tiefer algorithmischer und mathematischer Grundlegung klar erkennbar ist.

2.2 KI und Digitalisierung

Im Kontext des Zukunftslabors Agrar (ZLA o. J.) des Zentrums für Digitale Innovationen Niedersachsen haben wir Digitalisierung der Landwirtschaft charakterisiert als „umfassende Vernetzung und Integration von Maschinen, Prozessen und Akteuren im Rahmen des (landwirtschaftlichen) Wertschöpfungsnetzes“ (Hertzberg et al. 2020). Ohne die Digitalisierung in diesem Text ausführlich thematisieren zu können, ist klar, dass es sich dabei um etwas völlig anderes als KI handelt. Dennoch werden KI und Digitalisierung gern im Zusammenklang genannt (und werden, wie es uns scheint, dabei gelegentlich vermischt).

An dieser Korrelation ist insofern ein Kern von Plausibilität als KI und Digitalisierung sich gegenseitig fördern: Die Datenakkumulation, die aus Digitalisierung folgt, schafft die Grundlage zur Anwendung datengetriebener Methoden der KI, wie beispielsweise „Maschinelle Lernverfahren“ oder allgemeiner Datenanalyseverfahren. Umgekehrt erlauben solche KI-Verfahren, aus den entlang der digitalisierten Wertschöpfungskette aggregierten Daten Information und Wissen zu extrahieren, die letztlich die Basis für die Effizienz- und Nachhaltigkeitsgewinne bilden, die mit der Digitalisierung allgemein und insbesondere in der Landwirtschaft versprochen werden. Abgesehen von akademisch-begrifflichen Abgrenzungen ist aber praktisch hoch relevant: Die Realisierung von KI und von Digitalisierung in der Landwirtschaft muss von völlig unterschiedlichen Akteuren getrieben werden! Digitalisierung, wie oben charakterisiert, ist ein anspruchsvolles Thema auf mehreren Ebenen: organisatorisch, technisch, rechtlich, betriebswirtschaftlich. Große Player in der Agrar-Wertschöpfungskette müssen dazu gebracht werden, ihre proprietären Systeme füreinander in klar definierten Grenzen zu öffnen und Daten herein-, hinaus- und durchzulassen; kleine Player müssen Vertrauen haben, dass ihre Daten von allen, auch den Großen, sorgsam behandelt werden und dass der mögliche gemeinsame Nutzen der Datendurchlässigkeit fair über alle Player verteilt wird.

Wie gesagt, ein anspruchsvolles Problem. Aber primär kein Forschungsproblem für die Wissenschaft – von Detailspekten, etwa rechtlicher Art, abgesehen. Technisch ist klar, wie Daten über unterschiedliche Teilnehmer sicher und verlässlich fließen können – das Internet macht uns eine mögliche Lösung alltäglich vor. Sich durch eine Wertschöpfungskette hindurch zusammenzuschließen, stellt die oben genannten diversen Fragen. Aber für alle informatisch-tech-

nischen Fragen gibt es erprobte Lösungen. Gerade in der Landtechnik werden solche Lösungen sogar verbreitet praktisch genutzt – Beispiele sind auf Bus-Ebene der Isobus (ISO 2017) und auf Datenebene der Agri-Router (DKE-data o. J.). Die Nutzung dieser Lösungen ist aktuell praktisch auf einen Teil der agrarischen Wertschöpfungskette beschränkt, aber dass Datenaustausch auch zwischen unterschiedlichen proprietären Systemen technisch funktioniert, ist hier täglich im Feld zu beobachten.

In der KI sieht die Situation anders aus. Hier gibt es neben vielen inzwischen in täglichem Gebrauch bewährten Lösungen früherer Forschungsfragen (Spracherkennung, Navigationssysteme, Recommender-Systeme, Gaming-Software usw.) eine große Zahl von Problemen, die bis heute entweder noch nicht robust gelöst werden konnten oder deren Lösung mit bekannten Algorithmen und Systemen noch Expertenwissen über deren Anwendung erfordert. Und in der Landwirtschaft mit ihren teils harschen Anwendungsbedingungen und inhärenten Unsicherheiten über die Umgebung von Maschinen sind Fälle solcher noch nicht sicher lösbarer Probleme weit verbreitet. Hier geht es derzeit noch nicht ohne Forschung, um beispielsweise eine robuste automatische Umfelderkennung einer Landmaschine im Betrieb, eine zuverlässige Erkennung der Arten aller Einzelpflanzen auf einem Schlag oder eine robuste optimierte automatische Steuerung einer Erntekampagne zu realisieren.

Für die KI-Forschung stellt sich das Problem, verfügbare KI-Algorithmen und -Systeme für die Nutzung in Ackerbauanwendungen so bereitzustellen, dass sie ohne tiefes KI-Wissen eingesetzt werden können, um so zum einen die schnelle Verbreitung von Erkenntnissen der KI-Entwicklung zu fördern und zum anderen neue KI-Methoden durch Erfahrungen in der Anwendung in Ackerbauanwendungen zu härten. Um für den KI-Einsatz Anschluss an große Datenvolumina zu bekommen, sollten die KI-Systeme zudem in möglichst weit gehenden Daten-„Ökosystemen“ betrieben werden. Um genau diese Situation zu erzielen, arbeiten wir aktuell am Projekt Agri-Gaia (o. J.). Für den Aspekt der Nutzbarkeit von KI-Methoden im Ackerbau entwickeln wir dort eine KI-Softwareplattform speziell für Agraranwendungen, die in Agrar-Usecases demonstriert wird. Ziel ist, auf diese Weise KI-Entwickler und Landtechnikhersteller in einem B2B-Modell zusammenzubringen. Den Anschluss an eine digitalisierte Wertschöpfungskette realisieren wir durch Anschluss an das in Entwicklung befindliche europäische Daten-Ökosystem GAIA-X (o. J.). Dadurch betrachten und entwickeln wir KI und Digitalisierung gemeinsam, trennen aber die Probleme einer wertschöpfungskettenübergreifenden Digitalisierung von denen der Entwicklung einer domänenspezifisch ausgeformten KI-Softwareplattform.

2.3 KI-basierte Assistenz

Anfang 2020 schrieb das BMEL (2020) als einen Baustein der Umsetzung der KI-Strategie der Bundesregierung ein Förderprogramm „Leuchtturm Künstliche Intelligenz“ aus. Schwerpunkte der Förderung sollten liegen in (1) Mustererkennung, -analyse und -vorhersage, (2) Maschinellem Lernen, (3) Deep Learning, (4) Wissensbasierten Systemen, (5) Intelligenten Maschinen (Robotik) und (6) Maschinellem Planen und Handeln; Praxistransfer stand ausdrücklich im Fokus. Ein Jahr später sind die entsprechenden Projekte bewilligt und starten gerade.

Soweit uns zum jetzigen Zeitpunkt Details der geförderten Projekte bekannt sind, sehen wir hier – ganz in Übereinstimmung mit der Transferabsicht des Calls – eine Betonung dessen, was wir KI-basierte Assistenz nennen: Wir betrachten, in diesem Fall in der Landwirtschaft, klassische Prozesse und/oder Maschinen, die typischerweise durch Menschen kontrolliert werden, und

verbessern sie durch punktuellen Einsatz von KI-Teilsystemen. „Verbessern“ hat unterschiedliche Aspekte: Durchsatz, Robustheit, Standardisierbarkeit, Bedienerfreundlichkeit oder Kombinationen von diesen. Es geht also um Evolution der im Feld schon zuvor eingesetzten Maschinen und Prozesse. Das hat offensichtliche Vorteile gegenüber einer revolutionären Zielrichtung, um die es im nächsten Abschnitt gehen wird: Klare Randbedingungen für die angestrebten Innovationen, schnelle Umsetzbarkeit, leichtere Akzeptanz durch die Betroffenen und mit alledem besser kalkulierbare Marktbedingungen.

Nicht nur in der Landwirtschaft, aber eben auch hier, werden derzeit solche KI-basierten Assistenzkomponenten mit großem Elan entwickelt. Die genannten sechs KI-Themen greifen für Gelegenheiten in der Landwirtschaft die KI-Charakteristika aus 2.1 (unvollständige Kontrolle, Dynamik, unvollständige Information) auf. Landwirtschaft mit ihren vielen Quellen von Dynamik und unvollständiger Kontrolle (Wetter, Boden, Tiere, Marktpreise und mehr) passt auf KI – das ist hier gespiegelt. Was aber heißt nun KI-basierte Assistenz? „Wieviel Prozent KI“ wird in einer Landmaschine mit KI-basierten Assistenzfunktionen sein und damit: Wie verändern sich Maschinen und Prozesse, in welche die Erträge aus diesen Förderprojekten im Idealfall eingehen?

Die Frage ist mit einer Analogie zu beantworten: Wieviel Prozent Informatik steckt in einer Landmaschine? Oder auch: Wieviel Werkstofftechnik? Wieviel Physik? Offensichtlich unsinnige Fragen. Es ist klar, dass heutige Maschinen ohne Informatik nicht denkbar wären – und ohne Werkstofftechnik und Physik auch nicht. Mähdrescher gab es auch schon vor der Informatik und die heutigen „mit“ sind besser als die früheren „ohne“. Den Prozess von Mähen und Dreschen gab es übrigens auch schon vor Mähdreschern. Und in dieser Linie von Technikentwicklung geht es weiter, wenn nun KI-Module zum Beispiel zum Maschinellen Lernen oder zur automatisierten Prozessplanung verfügbar werden: die Maschinen und die Prozesse werden besser – wenn sie es nicht werden, werden diese Module nicht verkaufbar sein. Es geht nicht um KI, es geht um Maschinen und Prozesse mit höherem Nutzen. Und es besteht Grund zur Annahme, dass die Verwendung moderner KI-Algorithmen an vielen Stellen den Nutzen erhöhen kann. Tatsächlich sehen wir das bereits in einigen Produkten, wenn etwa in Echtzeit durch die Auswertung von Kamerabildern Prozessparameter optimiert werden. In diesem Sinne: Das Gebiet KI bietet eine neue Familie von Softwarebausteinen, die unter Randbedingungen von schwacher Kontrollierbarkeit der Maschinenumgebung funktionieren und die daher nützlich für die Landwirtschaft sein können.

Der evolutionäre, auf Integration in derzeit übliche Maschinen zielende Charakter KI-basierter Assistenz wird am Beispiel des Projektes „Ressourceneffiziente KI für eingebettete Systeme in Landmaschinen“ (resKIL o. J.) deutlich, das, in der oben genannten BMEL-Förderlinie gefördert, Anfang 2021 begonnen hat. Es geht um eine abgestimmte Auslegung von eingebetteter Rechnerhardware, KI-Software und Funkkommunikation, um die KI-Software auf Landmaschinen (in der „edge“) lauffähig zu haben. Manche KI-Verfahren, beispielsweise einige maschinell trainierte Klassifikationssysteme, sind ressourcenhungrig. Das ist in stationären Standorten mit performanter Datenanbindung kein Problem, aber auf dem Feld schon. Ziel des Projekts ist daher, ein Ensemble von Algorithmen sowie cloud-, edge-Computing und Kommunikation zu entwickeln, dass die KI-Verfahren bruchlos einsetzbar sind. Dabei ist eine Anbindung an das oben genannte Agri-Gaia (o. J.) beabsichtigt.

2.4 KI und „Agrarsysteme der Zukunft“

Autonome/vollautomatische Agrarroboter (Bergerman et al. 2016) kommen in Erörterungen über das Potenzial von KI und Robotik in einer zukünftigen Landwirtschaft fast schon naturnotwendig vor. Zu ihrer Steuerung sind natürlich KI-Softwarekomponenten erforderlich, um mit den unvermeidlichen Effekten von Unkontrollierbarkeit und Informationsmangel auf Ackerflächen in der Robotersteuerungssoftware umzugehen. Auch innovative oder futuristische Messepräsentationen wie die von John Deere (2019) auf der Agritechnica 2019 stellte KI und Robotik ins Zentrum der Zukunftsvision.

Mit Fachhintergrund in KI und Robotik würden wir der Betonung des Potenzials dieser Technologien für zukünftigen Ackerbau uneingeschränkt zustimmen. Beim Weg dorthin sehen wir aber KI und Robotik in der Rolle wichtiger Mitspieler, nicht als Takt- oder Richtungsgeber. Auch Agrarsysteme der Zukunft – seien sie im Freiland, in oder auf Gebäuden, horizontal, vertikal oder in Ebenen – sind in erster Linie Agrar- oder im Fokus dieses Textes Pflanzenbausysteme. KI und Robotik haben hier in der Entwicklung eine dienende Rolle. Gleichzeitig sind wir der Überzeugung, dass diese Rolle wichtig ist, wenn neue effiziente Pflanzenbausysteme entwickelt werden sollen, die im Sinne ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit zum fälligen Transformationsprozess der Landwirtschaft beitragen – nur eben nicht die Führungsrolle.

Im Lichte dieser Vorrede ist der Stand der Forschung in Agrarrobotik zu interpretieren. Es ist wichtig, Prototypen von Agrarrobotern zu entwickeln, langzeitautonom zu betreiben und sie dabei im Sinne von Agrarwirtschaft plausible Prozesse ausführen zu lassen. In letzter Zeit wird Un-/Beikrautbehandlung als Prozess häufig dargestellt (Bergerman et al. 2016, Sec. 56.3.2), weil er zum einen aus Sicht von KI und Robotik die volle technische Herausforderung eines langzeitautonomen realen Agrarprozesses bietet und zum anderen hinsichtlich Ressourceneffizienz, Reduktion von Bodenbelastung und pflanzenbaulicher Notwendigkeit plausibel ist. Diese Roboter und die dahinter stehenden Projekte sind aus unserer Sicht derzeit in erster Linie nach innen Versuche zur Entwicklung und robusten Integration von Robotik, KI und Informatik und nach außen Technologiedemonstratoren, um der Agrartechnik und der Öffentlichkeit ein realistisches Bild von den Möglichkeiten vollautomatischer Langzeit-Agrarprozesse zu geben. Ob, in welcher Form und in welchen Prozessen Jätroboter in zukünftigen Pflanzenbauprozessen genau eingesetzt werden und wie sie daher physisch und funktional zu gestalten sind, kann dabei aus unserer technischen Sicht zunächst offen bleiben.

Es gibt eine Reihe von Beispielen, wo zukünftige Pflanzenbausysteme unter ausdrücklicher Berücksichtigung der vorhandenen oder in naher Zukunft erwartbaren Technik neu gedacht werden. Eines dieser Beispiele ist das Spot Farming (Wegener et al. 2019). Es geht hierbei darum, landwirtschaftliche Flächen in Abhängigkeit von räumlich hoch aufgelösten Kontextbedingungen hinsichtlich Bepflanzung und Bestellung hoch präzise und hoch differenziert (also in der Regel unter Einsatz kleiner Robotersysteme) zu behandeln, um Ertrag und Biodiversität gleichermaßen hoch zu halten. Die Entwicklung des Spot Farming ist nicht abgeschlossen und seine dauerhafte Tragfähigkeit nach unserem Verständnis noch nicht bewiesen. Schon jetzt ist es jedoch ein Musterbeispiel für eine primär aus pflanzenbaulicher Sicht getriebene Entwicklung eines alternativen Pflanzenbausystems, das auf Möglichkeiten neuer Technik gleichzeitig beruht und sie potenziell treibt.

KI (auch in Anwendungen aus der Linie der Assistenzsysteme) kann und wird in solchen Agrarsystemen der Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Im Projekt Zukunftslabor Agrar (ZLA o. J.) analysieren wir interdisziplinär Technikentwicklungen einerseits und Anforderungen durch nachhalti-

ge Agrarprozesse andererseits, um das Verständnis für potenziell revolutionäre Entwicklungen wie das Spot Farming sowohl in den beteiligten Wissenschaftsdisziplinen wie auch in der Öffentlichkeit zu verbessern.

3 Fazit

KI im Sinne von Informatikmethoden zum zielgeleiteten Umgang mit Unsicherheit passt gut zu Digitalisierung und KI passt gut zu Landwirtschaft – für die schon jetzt hochgradig digitalisierte Landwirtschaft bietet sie perfekte Möglichkeiten. Diese Erkenntnis ist in der Landtechnik wie in der Forschung angekommen. Entsprechend lebendig ist die aktuelle Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. Auf kurze und mittlere Sicht wird die KI zum Bau von Assistenzsystemen Landmaschinen und Agrarprozesse beitragen. Bei der Entwicklung neuer Agrarsysteme im Kontext der erwünschten Transformation der Agrar- und Ernährungswirtschaft kann sie eine wichtige Rolle spielen, wenn sie von vornherein in einem Gesamtbild dieser neuen Systeme mitgedacht wird.

Literatur

- Agri-Gaia (o. J.): Agri-Gaia – ein agrarwirtschaftliches KI-Ökosystem. <https://www.dfki.de/web/forschung/projekte-publikationen/projekte-uebersicht/projekt/agri-gaia/>, Zugriff am 27.1.2021
- Bergerman, M.; Billingsley, J., Reid, J.; van Henten, E. (2016): Robotics in Agriculture and Forestry. In: Springer Handbook of Robotics, Hg. Siciliano, B.; Khatib, O., Berlin/Heidelberg, Springer, Kap. 56
- BMEL (2020): Leuchtturm Künstliche Intelligenz – Startschuss für Förderungen im Bereich Forschung und Innovation. Pressemitteilung vom 26.2.2020, <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/041-leuchtturm-kuenstliche-intelligenz.html>, Zugriff am 27.1.2021
- DKE-data (o. J.): agrirouter: Die herstellerübergreifende Lösung für den Austausch Deiner Daten. <https://my-agrirouter.com>, Zugriff am 28.1.2021
- GAIA-X (o. J.): GAIA-X – Eine vernetzte Datenstruktur für ein europäisches digitales Ökosystem. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>, Zugriff am 28.1.2021
- Hertzberg, J.; Heijne, D.; Kisiuk, B.; Scheuren, S.; Stiene, S. (2020): Geschützte Transparenz. Über technische und andere Voraussetzungen für die Digitalisierung der Landwirtschaft. In: Digitalisierung, Automatisierung, KI und Recht. Festgabe zum 10-jährigen Bestehen der Forschungsstelle RobotRecht, Hg. Beck, S.; Kusche, C.; Valerius, B., Baden-Baden, Nomos
- ISO (2017): ISO 11783-1:2017 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network – Part 1: General standard for mobile data communication. <https://www.iso.org/standard/57556.html>, Zugriff am 28.1.2021
- John Deere (2019): John Deere zeigt seine Vision der Zukunft. <https://www.deere.de/de/blog/articles/technik/Future-Technology-Zone-Agritechnica/>, 14.11.2019, Zugriff am 27.1.2021
- resKIL (o. J.): Ressourceneffiziente KI für eingebettete Systeme in Landmaschinen. Förderprojekt BMBF/BLE, Start 1.1.2021. Zur Drucklegung (27.1.2021) unveröffentlicht; web-Link wird zugänglich gemacht auf <https://www.dfki.de/web/forschung/forschungsbereiche/planbasierte-robotersteuerung/projekte-pbr/>
- Russell, S.; Norvig, P. (2020): Artificial Intelligence: a modern approach. Pearson, 4. Auflage
- UBN (o. J.): PhenoRob – Robotik und Phänotypisierung für Nachhaltige Nutzpflanzenproduktion. <https://www.uni-bonn.de/forschung/exzellenzcluster/phenorob-robotik-und-phaenotypisierung-fuer-nachhaltige-nutzpflanzenproduktion>, Zugriff am 27.1.2021

Wegener, J.-K.; Urso, L.-M.; von Hörsten, D.; Hegewald, H.; Minßen, T.-F.; Schattenberg, J.; Gaus, C.-C.; Witte, T. d.; Nieberg, H.; Isermeyer, F.; Frerichs, L.; Backhaus, G.F. (2019): Spot farming – an alternative for future plant production. *Journal für Kulturpflanzen* 71(4), pp. 70–89, DOI: 10.5073/JfK.2019.04.02

ZLA (o. J.): Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen – Zukunftslabor Agrar. <https://www.zdin.de/zukunftslabore/agrар>, Zugriff am 27.1.2021

Danksagung

Das DFKI Labor Niedersachsen (DFKI NI) wird gefördert im Niedersächsischen Vorab durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur und die VolkswagenStiftung. Der Text beruht auf Arbeiten im Projekt Zukunftslabor Agrar. Dieses wird gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur unter Fördernummer 11-76251-14-3/19 (ZN3490) im Niedersächsischen Vorab der VolkswagenStiftung und betreut vom Zentrum für digitale Innovationen (ZDIN). Die Förderung wird dankbar anerkannt.

Zukünftige Technologien im Ackerbau – KI und Robotik auf dem Weg zu vollautomatischen Prozessen



Joachim Hertzberg
Universität Osnabrück
und
DFKI Labor Niedersachsen, Osnabrück



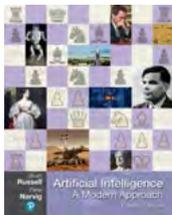
1

© Joachim Hertzberg, UOS&DFKI



(Schwache) Künstliche Intelligenz ...

... **Informatik**-Methoden und -Techniken
zum Bau künstlicher Systeme,
die in Umgebungen **zielgerichtet agieren**,
welche **unvollständig kontrollierbar**
und/oder **dynamisch**
und/oder **vorab ungenau bekannt** sind .



Russell/Norvig:
Artificial Intelligence: a modern approach.
4. Aufl., Pearson 2020



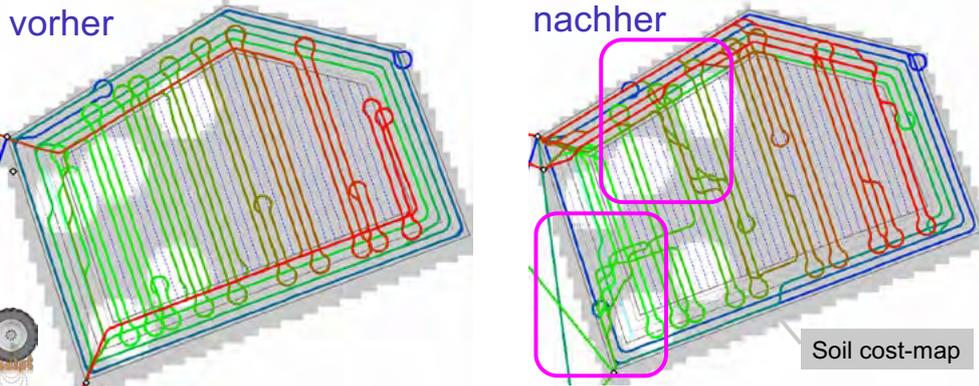
2

© Joachim Hertzberg, UOS&DFKI



Lokale Prozessoptimierung: SoilAssist (Phase 2)

Szenario: Ernteprozess 2 Überladefahrzeuge (z.B. Silomais) bei verdichteten Bodenregionen. Automatisch geplante Trajektorien der Ü-Fahrzeuge



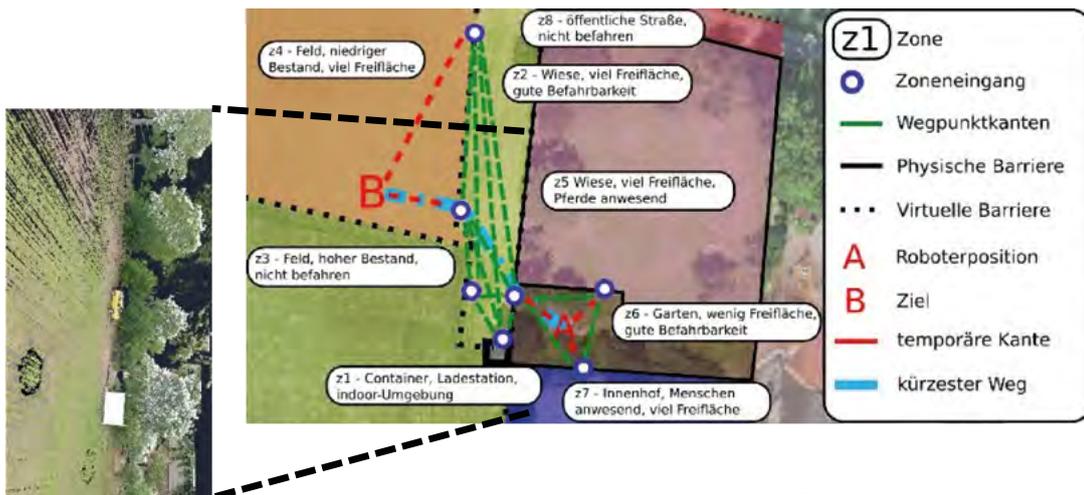
3

© Joachim Hertzberg, UOS&DFKI

S. Focke, Th. Wiemann, J. Hertzberg: Overview of a route-planning tool for capacitated field processes in arable farming. Proc. GIL-2021



Semantische Karten für (neue) Agrarsysteme



4

© Joachim Hertzberg, UOS&DFKI

B. Kisiuk et al.: Erste Schritte zu einer kontextsensitiven Navigation in einem langzeitautonomen Field-Monitoring-System. Proc. GIL-2021



Potentiale der Digitalisierung für die Nachhaltigkeit



Digitale Transformation als Wegbereiter einer nachhaltigen Landwirtschaft?

Prof. Dr.-Ing. Cornelia Weltzien

KTBL Jahrestagung 2021

17.Mar.2021, virtuell



Paradigmenwechsel

- Kennen Sie Harari?
Sapiens – Ein kurze Geschichte der Menschheit?
- Das Grundprinzip der landwirtschaftlich Revolution vor 12.000 Jahren gilt bis heute:
 - ➔ Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Vielfalt
=> Standardisierung
 - ➔ Nachteil: Mangel an Resilienz
 - ➔ Und jetzt?
- Re-Diversifizierung
- Wechsel zu hoch diversen, von dem Bedarf der naturräumlichen und Umweltbedingungen bestimmten Produktionsweisen.
- aber wie?
- Diversität ermöglichen durch präzise Steuerung

Harari (2011): Yuval Noah Harari, Eine kurze Geschichte der Menschheit (Deutsch, 36. Auflage, 2015, Pantheon Verlag, Random House GmbH, München)

17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien



2

Industrielle Automatisierung → Industrie 4.0

4. Industrielle Revolution



17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien



3

Potential der Industrie 4.0

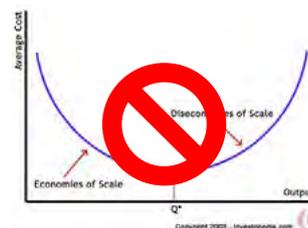
- Digitale Verfügbarkeit von Wissen immer und überall
- Kognitive, selbst konfigurierende, Cyber-Physische-Systeme

→ Technologische Revolution !

- Adaptive Flexibilität für volatile Marktanforderungen
 - Individualisierung unter Beibehaltung der Effektivität der Massenproduktion
 - Setzt 'economy of scales' außer Kraft
- Ökonomische Revolution !



Kao et al (2015)



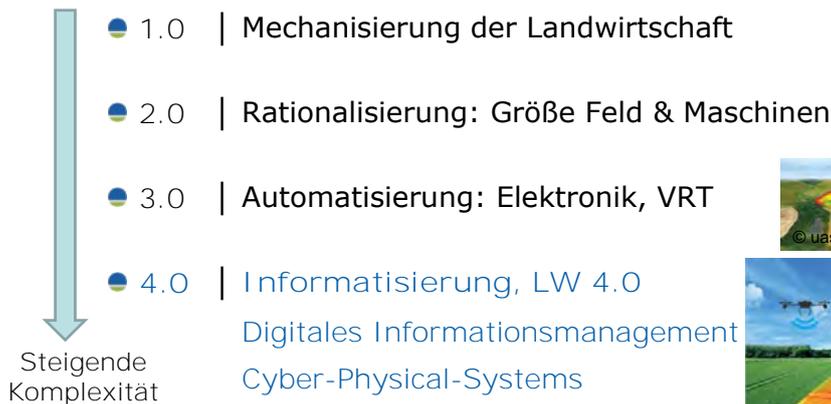
17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

4

Prinzipien der Industrie 4.0 ~ Entwicklungsstufen in der Landtechnik = Landwirtschaft 4.0?

4. Industrielle Revolution



17.03.2021 Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

Unterschiedliche Zielstellungen Industrie 4.0 im Vergleich zu Landwirtschaft 4.0

Industry 4.0
Hohe Komplexität



- Controlled Environment Agriculture (CEA)
- Management der Komplexität

Landwirtschaft 4.0
Sehr hohe Komplexität



- Environment Controlled Agriculture (ECA)
- Managementziel Diversität

Bilder: <http://www.algaeindustrymagazine.com/algae-101-part-37/>; www.cema-agri.org



17.03.2021 Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

Managementziel Diversität durch wissensbasierte Präzisionslandwirtschaft

Präzisionslandwirtschaft nachhaltige Bewirtschaftung



Wissens Basis ↔ On-Farm Versuche

Wissenszuwachs & Wissensmanagement



Data Science, Data Fusion, Knowledge Generation
Decision based on Mass Data (Big Data)
Sharing of Experience Man ↔ Machine

Automatisierung und Robotik Datenerfassg. & Arbeitsprozesse



Smart Sensor Technology, Smart Products, Machine Control Systems, Automation Systems

Wissens & Datentransfer ↔ Meta Daten

Verfügbarkeit Information Vernetzung



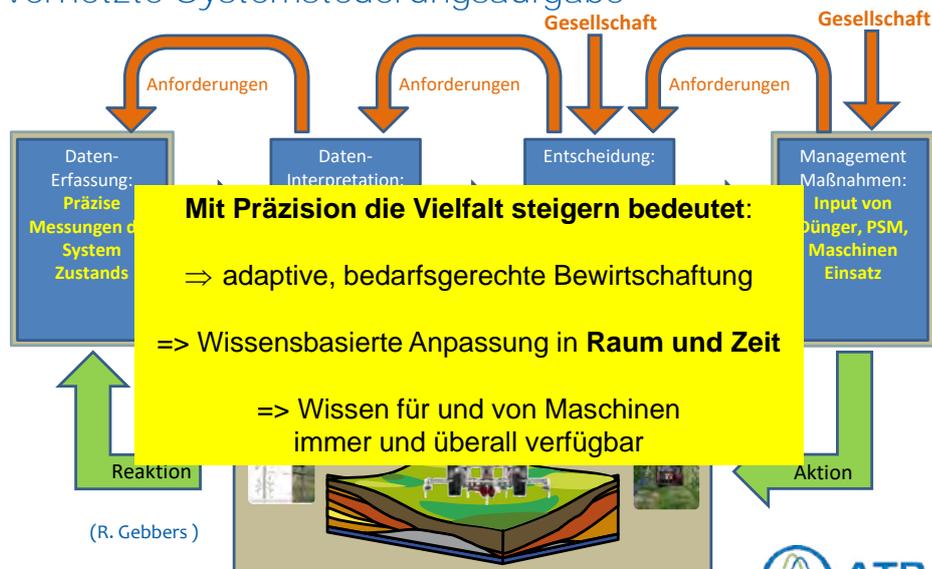
Digital Data Exchange, Compatibility, Infrastructure, Smart Data, Data Ethics, Data Ownership, Legal Frameworks



Image: <http://www.claas-e-systems.com/de/ herausforderungen/precision-agriculture/>



Der landwirtschaftliche Produktionsprozess als vernetzte Systemsteuerungsaufgabe



Gesellschaftliche Anforderungen nach einer nachhaltigen Landwirtschaft

Beitrag zu den 17 UN Nachhaltigkeitszielen: Sustainable Development Goals



- Bereitstellung von verschiedenen Ökosystemleistungen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016)
- Habitat diverser schützenswerter Pflanzen- und Tierarten (Binder et al. 2010, Fritsche et al. 2017)
- Ressourceneffizienz (Zander et al. 2017)

Teilweise sehr simple Bewertungsschemata
Keine Dynamik abbildbar
Ortsspezifische Bedingungen nicht verknüpft



Anwendung Evaluations Methoden
 SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agricultural Systems, FAO 2014)
 RISE (Response-Inducing Sustainability Evaluation, Grenz et al. 2014)
 KSNL (Criteria system for sustainable farming, KTBL 2009)

(Bellingrath-Kimura 2019)



Challenge: Connected Environment

Umweltmonitoring

- 1 Rainfall radar
- 2 Remote sensing satellite
- 3 Measurement airplane
- 4 UAV
- 5 3D-Lidar
- 6 Soil sensor network
- 7 Radiometer
- 8 Deposition collector
- 9 Atmospheric profiler
- 10 Eddy-Covariant-System
- 11 Groundwater measurement
- 12 River level
- 13 Automat. Sample collector
- 14 Optical sensors
- 15 Position sensor
- 16 TDR-probes
- 17 Tensiometer
- 18 LAI Sensor
- 19 Gas exchange sensor



Very divers and very different fields of application, many different sources of information, different resolution in time and space

DFG (2014)



Big Data der Bodencharakterisierung wie sähe das aus?



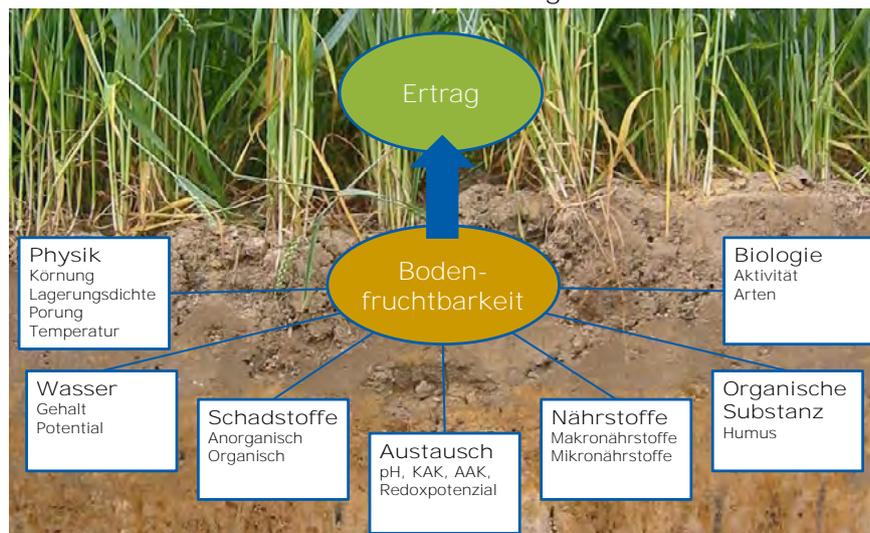
17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

11

Sensor-Daten-Fusion

- Boden ist Grundlage der Agrarproduktion
- Bodenfruchtbarkeit kann nicht direkt gemessen werden



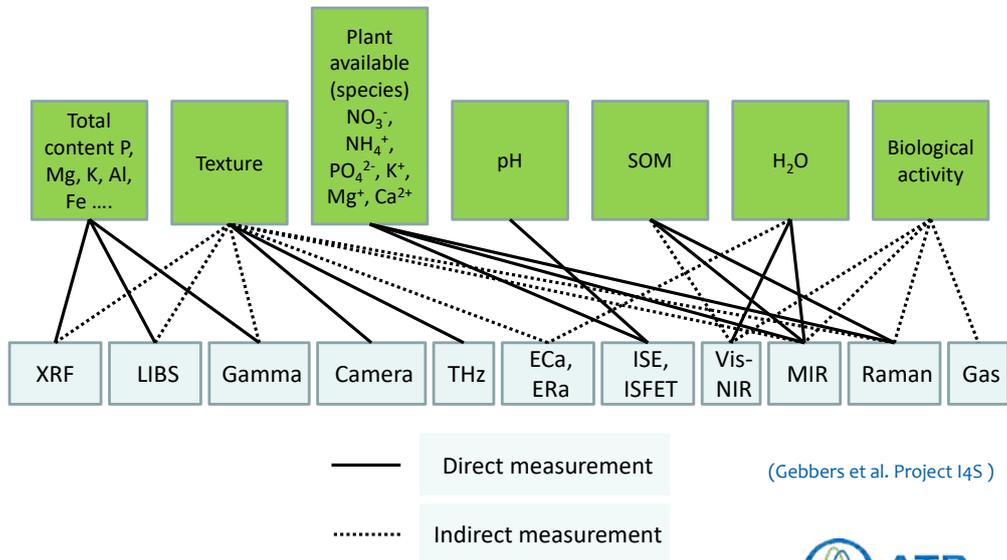
17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

(R. Gebbers)

12

Target soil parameters and their sensors

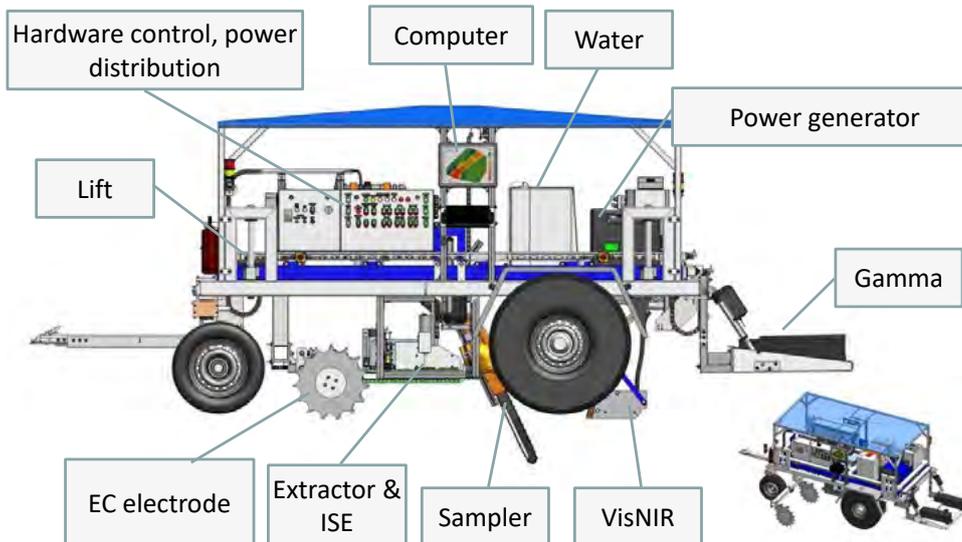


17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

13

Sensor platform: I4S RapidMapper



(Gebbers et al. I4S)

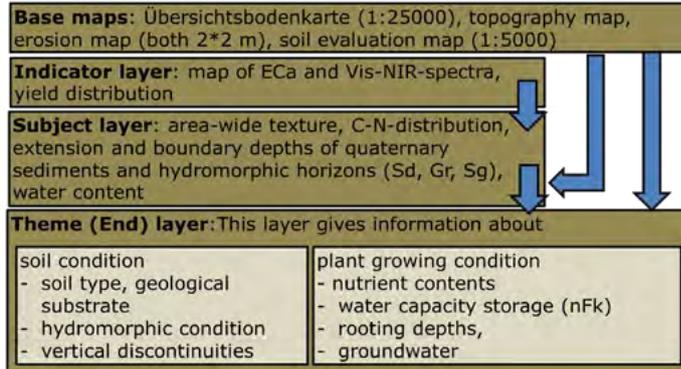
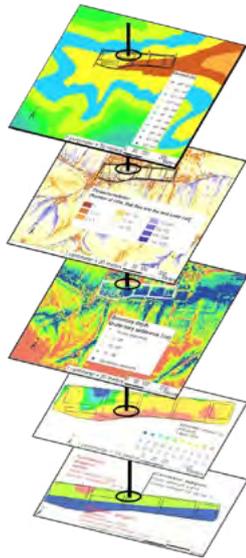


17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

14

Modeling: Data fusion for spatial interpretation of LTFE Dürnast



(Wallor et al. Project I4S)



17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

15

Vision vernetzte Feldroboterschwärme



MARS/Xaver Concept www.fendt.com, Sensors: Veris, Geophilus, Horiba, Analyticon, ATB

17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien

16

Vision hochdiverse Anbausysteme

von der Standardisierung zur Diversifizierung

Landwirtschaftliche Produktion als hochdiverse agrarökologische Produktionssysteme



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/PI_odozmian.jpg

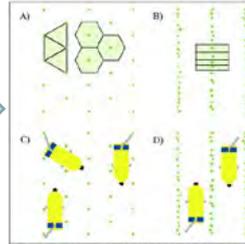


Fig. 2. Comparison of a uniform seed pattern with a non seed pattern. A–D. Growth space in a uniform seed pattern (A) and in a non seed pattern (B), machine directions in a uniform seed pattern (C) and in a non seed pattern (E).

https://www.researchgate.net/figure/The-concept-for-crop-cultivation-in-spot-farming-taking-into-account-small-scale_fig1_331651042



https://de.wikipedia.org/wiki/Mischkultur#/media/Datei:Intercropping_coffee_tomatoes.jpg

Entwicklung von Wissen und Technologie zum Management hochdiverser Produktionssysteme



Die Kunst des diversen Landbaus

Beispiel Oman

3 Produktions Ebenen



Bewässerungssysteme



Terrassenanbau



Take Home Messages

- Diversifizierung statt Standardisierung bedeutet erheblichen Aufwand in der Wissensgenerierung
- Diversifizierung & Präzision bedeutet enormen Aufwand im Management der Systeme

- Forschung muss neue messbare Indikatoren ermitteln
- Messverfahren & Datenanalyse aus vielen Quellen kombinieren
- Adaptive Systeme = Flexibel Reagieren auf Bedingungen

- Praxiserfahrungen von Experten einbringen
- Expertenwissen mit Hilfe der Technik ausbauen
- On-Farm Experimente auch als Mensch-Maschine-Lernzyklus

- Digitalisierung ist nicht die Lösung des Problems
sie stellt aber sehr potente Werkzeuge zur Verfügung

17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien



19

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt: cweltzien@atb-potsdam.de

17.03.2021

Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Weltzien



20

Moderne Pflanzenzüchtung – Fundament zukünftiger Ackerbausysteme

FRANK ORDON

1 Einleitung

Die Landwirtschaft der Zukunft muss dem Anspruch der Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung und dem größtmöglichen Schutz der von ihr genutzten natürlichen Ressourcen vor dem Hintergrund des Klimawandels gerecht werden. Der Klimawandel in Deutschland ist – regional unterschiedlich – vor allem durch mildere und feuchtere Winter bzw. trockenere und wärmere Fröhsommer- und Sommermonate gekennzeichnet (Kaspar et al. 2017). Dies hat einerseits Auswirkungen auf die Erntemenge und die Qualität der Ernteprodukte selbst und andererseits auf das Auftreten von Schaderregern (White et al. 2011). Darüber hinaus ist eine Veränderung der Produktionsbedingungen durch eine zunehmende Reduktion der Managementoptionen gegeben, d.h. eine Verringerung der zur Verfügung stehenden Pflanzenschutzmittel und die Begrenzung des Düngemittleinsatzes. Die Pflanzenproduktion befindet sich zudem in einem steten ökonomischen und ökologischen Konflikt, welcher aktuell in der Gesellschaft als Politikum diskutiert wird und zu berücksichtigen ist. Der Ackerbau steht somit vor erheblichen Herausforderungen.

Am Beginn der pflanzlichen Produktionskette steht das Saat- oder Pflanzgut und damit dessen genetisch fixiertes Potenzial, unter den gegebenen Umweltbedingungen und den entsprechenden Managementmaßnahmen hohe und stabile Erträge mit der geforderten Qualität der Ernteprodukte zu erbringen. Der Pflanzenzüchtung bzw. der vorgelagerten Pflanzenzüchtungsforschung kommt im Hinblick auf die Bewältigung der Herausforderungen an zukünftige Ackerbausysteme, d.h. diese unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu entwickeln und den unterschiedlichen Anforderungen an Produktivität, effiziente Bewirtschaftung, Ressourcenschonung sowie Erhalt und Förderung der Biodiversität gerecht zu werden, eine besondere Bedeutung zu. Vor diesem Hintergrund gilt es – wie in dem Diskussionspapier Ackerbaustrategie 2035 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) dargelegt – (i) unsere Kulturpflanzen insbesondere im Hinblick auf Ressourceneffizienz sowie Resistenz- und Toleranzeigenschaften züchterisch zu verbessern, (ii) das Kulturartenspektrum zu erweitern sowie (iii) innovative Züchtungs- und Selektionsmethoden weiter zu entwickeln und zu nutzen. Eine Schlüsselrolle kommt in diesem Zusammenhang der Nutzbarmachung pflanzengenetischer Ressourcen bzw. der gerichteten Erzeugung neuer Allele zu.

2 Pflanzenzüchtung: Historie – Zukunft

Unter Nutzung klassischer Selektionsverfahren konnten in der Vergangenheit erhebliche züchterische Erfolge erzielt werden, und diese klassischen Pflanzenzüchtungsverfahren bilden nach wie vor zu einem maßgeblichen Teil das Rückgrat auch der modernen Pflanzenzüchtung. So konnte gezeigt werden, dass es der Pflanzenzüchtung in den vergangenen sechs Jahrzehnten gelungen ist, die Ertragsfähigkeit und das Resistenzniveau bei Weizen simultan unabhängig vom Pflanzenschutz- und Düngemittelaufwand zu steigern (Voss-Fels et al. 2019) und, dass die Verbesserung

des Resistenzniveaus ein wichtiger Motor für die Ertragssteigerung unter reduziertem Dünge- und Pflanzenschutzmittelaufwand ist (Zetzsche et al. 2020).

Wurden diese Erfolge in der Vergangenheit im Wesentlichen durch klassische Selektionsverfahren erzielt, z. B. die Pedigree Selektion bei Weizen, so stehen mittlerweile eine Vielzahl biotechnologischer und molekularer Verfahren zur Verfügung, welche die Züchtung neuer, angepasster Sorten beschleunigen bzw. effizienter gestalten und im Bereich der Züchtungsforschung die systematische Nutzbarmachung der in Genbanken lagernden genetischen Diversität erlauben (Milner et al. 2018). In diesem Zusammenhang ist zu nennen: die Verfügbarkeit von Hochdurchsatzmarkertechnologien (Comadran et al. 2012, Poland et al. 2012), welche die schnelle und kostengünstige Genotypisierung biparentaler Populationen oder einer großer Anzahl an Genotypen für assoziationsgenetische Studien und gemeinsam mit effizienten Phänotypisierungsverfahren die Entwicklung molekularer Marker für die Etablierung markergestützter Selektionsverfahren erlauben. Entsprechende Markertechniken ermöglichen auch die Nutzung genomischer Selektionsverfahren in der Pflanzenzüchtung (Heffner et al. 2009, Herter et al. 2019), welche aufgrund der deutlichen Reduktion des Aufwandes für die Phänotypisierung zu einer erheblichen Verkürzung des Zuchtanges führen. Darüber hinaus ist heute bei vielen Kulturarten, z. B. bei Weizen und Gerste, das gesamte Genom entschlüsselt (IBGSC 2017, IWGSC 2018), sodass eine effektive Markerabsättigung von Zielregionen im Rahmen der Genisolation bzw. die beschleunigte Isolation von Kandidatengenomen möglich ist. Ein „Gamechanger“ im Bereich der Pflanzenzüchtung stellt die Möglichkeit dar, durch die Nutzung von Endonukleasen, z. B. sogenannten Zink-Finger-Nukleasen oder TALENs und insbesondere CRISPR/Cas9, gezielt in bekannten Genen Mutationen auszulösen, d. h. neue Allele zu schaffen (Puchta und Fausner 2014). Während diese Technik weltweit vermehrt genutzt wird, da sie im Gegensatz zur klassischen Mutations- oder Kreuzungszüchtung die Möglichkeit eröffnet, andere agronomisch wichtige Eigenschaften unverändert zu erhalten, wird dieses Verfahren in Europa aufgrund des EuGH-Urteils als Gentechnik betrachtet und ist daher in der Sortenzüchtung nicht einsetzbar. Weltweit wird jedoch in erheblichem Umfang an der Erzeugung marktreifer Sorten gearbeitet, erste Produkte sind bereits zugelassen (Menz et al. 2020).

Unter Nutzung der oben beschriebenen Technologien, konnte das Julius Kühn-Institut gemeinsam mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern beispielsweise Genomregionen der Gerste identifizieren, die in die Trockenstresstoleranz involviert sind (Wehner et al. 2015). Gleiches gilt für eine Verbesserung der Resistenzeigenschaften unserer Kulturpflanzen gegen biotischen Stress. Hier konnten z. B. im Weizen Marker für ein Gen identifiziert werden, welches Resistenz gegen die Orange Weizengallmücke vermittelt (Kassa et al. 2016) oder in assoziationsgenetischen Studien an genetischen Ressourcen der Gerste-Genomregionen, welche an der Ausprägung der Netzfleckenkrankheit beteiligt sind (Novakazi et al. 2019). Diese können nun genutzt werden, um die genetische Basis der Resistenz zu verbreitern. Für eine Erweiterung des Kulturartenspektrums sind insbesondere die Leguminosen, d. h. die Sojabohne, die Ackerbohne und die Lupine, von Bedeutung. Im Hinblick auf die mangelnde Kühltoleranz der Sojabohne (Jähne et al. 2019), die mangelnde Trockentoleranz der Ackerbohne (Ali et al. 2016) und die fehlende Anthraknoseresistenz der Lupine (Fischer et al. 2015) konnten molekulare Marker für entsprechende Toleranzen/Resistenzen entwickelt werden, welche eine züchterische Nutzung dieser Eigenschaften im Rahmen der Sortenzüchtung und damit eine Anbauausweitung dieser Kulturarten ermöglichen. Weiterhin können heute unter Verwendung von Sequenzinformationen beschleunigt Gene für einfach vererbte Merkmale isoliert werden, z. B. für Resistenz gegen die Gelbmosaikvirose der Gerste (Yang et

al. 2014, Jiang et al. 2020). Die Kenntnis dieser Gene kann genutzt werden, um große Genbankkollektionen auf neue, eventuell wirkungsvollere Genvarianten (Allele) zu durchsuchen (Jiang et al. 2020) oder mittels z.B. CRISPR/Cas9 gezielt neue Genvarianten in Hochleistungssorten zu erzeugen (Hoffie et al. 2021), wodurch der Zuchtgang erheblich verkürzt wird.

3 Fazit

Die methodischen Fortschritte, d.h. die Verfügbarkeit von Hochdurchsatzmarkertechnologien, die Kenntnis der Genome unserer Kulturarten sowie die Möglichkeit, identifizierte Gene gezielt mittels Endonukleasen zu verändern, haben die Pflanzenzüchtungsforschung und -züchtung in ein neues Zeitalter geführt. Vor dem Hintergrund der Anforderungen an neue Ackerbausysteme und der politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen wird die Züchtungsforschung und Züchtung weiter an Bedeutung gewinnen und kann aufgrund der methodischen Weiterentwicklung schneller als bisher einen erheblichen Beitrag zur Anpassung der Landwirtschaft an die Herausforderungen der Zukunft leisten.

Literatur

- Ali, M. B. M.; Welna, G. C.; Sallam, A.; Martsch, R.; Balko, C.; Gebser, B.; Sass, O.; Link, W. (2016): Association analyses to genetically improve drought and freezing tolerance of faba bean (*Vicia faba* L.). *Crop Science* 56, 1-13
- Comadran, J.; Kilian, B.; Russel, J.; Ramsay, L.; Stein, N.; Ganai, M.; Shaw, P.; Bayer, M.; Thomas, W.; Marshall, D. et al. (2012): Natural variation in a homolog of *Antirrhinum CENTRORADIALIS* contributed to spring growth habit and environmental adaptation in cultivated barley. *Nature Genetics* 44, 1388-1392
- Fischer, K.; Dieterich, R.; Nelson, M. N.; Kamphuis, L. G.; Singh, K. B.; Rotter, B.; Krezdorn, N.; Winter, P.; Wehling, P.; Ruge-Wehling, B. (2015): Characterization and mapping of *LanrBo*: a locus conferring anthracnose resistance in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 128, 2121-2130
- Heffner, E. L.; Sorrells, M. E.; Jannink, J. L. (2009): Genomic selection for crop improvement. *Crop Science* 49, 1-12
- Herter, C. P.; Ebmeyer E.; Kollers, S.; Korzun, V.; Miedaner, T. (2019): An experimental approach for estimating the genomic selection advantage for *Fusarium* head blight and *Septoria tritici* blotch in winter wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 132, 2425-2437
- Hoffie et al. (2021): Unveröffentlicht, in Vorbereitung
- IBGSC (2017): A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature* 544(7651), 427-433
- IWGSC (2018): Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Science* 361, 6403
- Jähne, F.; Balko, C.; Hahn, V.; Würschum, T.; Leiser, W. L. (2019): Cold stress tolerance of soybeans during flowering: QTL mapping and efficient selection strategies under controlled conditions. *Plant Breeding* 138, 708-720
- Jiang, C.; Kan, J.; Ordon, F.; Perovic, D.; Yang, P. (2020): Bymovirusinduced yellow mosaic diseases in barley and wheat: viruses, genetic resistances and functional aspects. *Theoretical and Applied Genetics* 133, 1623-1640

- Kassa, M. T. S.; Haas, E.; Schliephake, C.; Lewis, F. M.; You, C. J.; Pozniak, I.; Krämer, D.; Perovic, A. G.; Sharpe, P. R. et al. (2016): A saturated SNP linkage map for the orange wheat blossom midge resistance gene Sm1. *Theor. Appl. Genet.* 129, 1507-1517
- Kaspar, F.; Mächel, H.; Jacob, D.; Kottmeier, C. (2017): Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland, In: Klimawandel in Deutschland, Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Hg.: Brasseur, G. P., Jacob D., Schuck-Zöller, S., Berlin, Springer
- Menz, J.; Modrzejewski, D.; Hartung, F.; Wilhelm, R.; Sprink, T. (2020): Genome edited crops touch the market: A view on the global development and regulatory environment. *Frontiers in Plant Science* 11(588027)
- Milner, S.; Jost, M.; Taketa, S. et al. (2018): Genebank genomics highlights the diversity of a global barley collection. *Nature Genetics* 51, 319-326
- Novakazi, F.; Afanasenko, O.; Anisimova, A.; Platz, G. J.; Snowdon, R.; Kovaleva, O.; Zubkovich, A.; Ordon, F. (2019): Genetic analysis of a worldwide barley collection for resistance to net form of net blotch disease (*Pyrenophora teres f. teres*). *Theoretical and Applied Genetics* 132, 2633-2650
- Poland, J. A.; Brown, P. J.; Sorells, M. E.; Jannik, J. (2012): Development of high density genetic maps for barley and wheat by using a novel two enzyme genotyping by sequencing approach. *PloS ONE* 7, e32253
- Puchta, H.; Fauser, F. (2014): Synthetic nucleases for genome engineering in plants: prospects for a bright future. *Plant Journal* 78, 727-741
- Voss-Fels, K.; Stahl, A.; Wittkop, B.; Lichthardt, C.; Nagler, S.; Rose, T.; Chen, T.-W.; Zetzsche, H.; Seddig, S.; Majid Baig, M. et al. (2019): Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants* 5, 706-714
- Wehner, G.; Balko, C.; Enders, M.; Humbeck, K.; Ordon, F. (2015): Identification of genomic regions involved in tolerance to drought stress and drought stress induced leaf senescence in juvenile barley. *BMC Plant Biol.* 15, 125
- White, J. W.; Hoogenboom, G.; Kimball, B. A.; Wall, G. W. (2011): Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. *Field Crop Res* 124, 357-368
- Yang, P.; Lüpken, T.; Habekuß, A.; Hensel, G.; Steuernagel, B.; Kilian, B.; Aiyadasa, R.; Himmelbach, A.; Kumlehn, J.; Scholz, U.; Ordon, F.; Stein, N. (2014): Protein Disulfide Isomerase Like 5-1 is a susceptibility factor to plant viruses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111, 2104-2109
- Zetzsche, H.; Friedt, W.; Ordon, F. (2020): Breeding progress for pathogen resistance is a second major driver for yield increase in German winter wheat at contrasting N levels. *Scientific Reports* 10(20374)



Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Federal Research Centre for Cultivated Plants

Moderne Pflanzenzüchtung – Fundament zukünftiger Ackerbausysteme

Frank Ordon

www.julius-kuehn.de

Herausforderungen an die Pflanzenproduktion der Zukunft

- Versorgung der Bevölkerung mit einer Vielfalt an qualitativ hochwertigen Lebensmitteln gewährleisten, Bereitstellung geeigneter Futtermittel und biobasierter Rohstoffe
- Schutz der natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft), Verminderung von Risiken und negativen Auswirkungen auf die Umwelt, Entwicklung positiver Wirkungen auf die Umwelt und die Agrarlandschaft
- Erhalt und Förderung der Biodiversität/biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft
- Anpassung des Ackerbaus an den Klimawandel

www.julius-kuehn.de

Pflanzliche Produktionskette



<https://raiffeisen-baumarkt-burgkurstadt.de/sortimente/agrar/saatgut-und-saemeneiev>



http://www.agratechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view_picture&id=711520



https://www.google.com/search?q=Mähdescher&client=firefox-a&source=elem&btnsch=5&a=X&ved=0ahUKEwlpM2358HeAWPN&AKH1YUwG2AQ_AJIDJyC&isw=1680&sh=893&imggr=2yOK&fp=7&MAM



https://www.google.com/search?q=Brötchen&client=firefox-a&source=elem&btnsch=5&a=X&ved=0ahUKEwlpM2358HeAWPN&AKH1YUwG2AQ_AJIDJyC&isw=1680&sh=893&imggr=2yOK&fp=7&MAM

$$Y = G \times E \times M$$

Genotyp
Sorte

Boden
Witterung
.....

Pflanzenschutz
Düngung
.....

PFLANZENZÜCHTUNG 5

AUSGANGSLAGE

Die Pflanzenzüchtung ist eine komplexe Disziplin, die die Entwicklung neuer Sorten ermöglicht. Sie umfasst die Erzeugung von Kreuzungen, die Selektion von Individuen mit erwünschten Eigenschaften und die Erzeugung von Reinerbslinien. Die Züchtung ist ein langwieriger Prozess, der viele Jahre dauern kann, bevor eine neue Sorte auf den Markt kommt.

ZIELE

Die Züchtung zielt darauf ab, Sorten zu entwickeln, die eine hohe Ertragsleistung, eine gute Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge sowie eine gute Anpassung an die Umweltbedingungen aufweisen. Ein weiteres Ziel ist es, die Qualität der Ernte zu verbessern, indem man Sorten mit einem höheren Nährwert oder einer längeren Haltbarkeit entwickelt.

PROBLEMSTELLUNG

Die Züchtung ist mit vielen Herausforderungen konfrontiert, darunter die Erzeugung von Kreuzungen, die Selektion von Individuen mit erwünschten Eigenschaften und die Erzeugung von Reinerbslinien. Ein weiteres Problem ist die Erzeugung von Sorten, die eine hohe Ertragsleistung, eine gute Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge sowie eine gute Anpassung an die Umweltbedingungen aufweisen.

ZIELKONFLIKTE

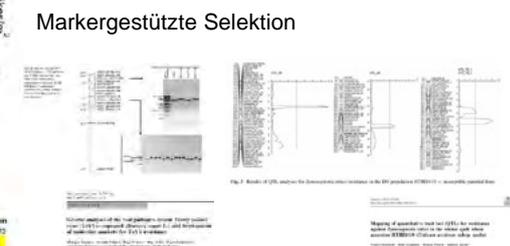
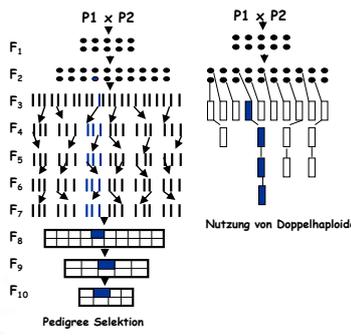
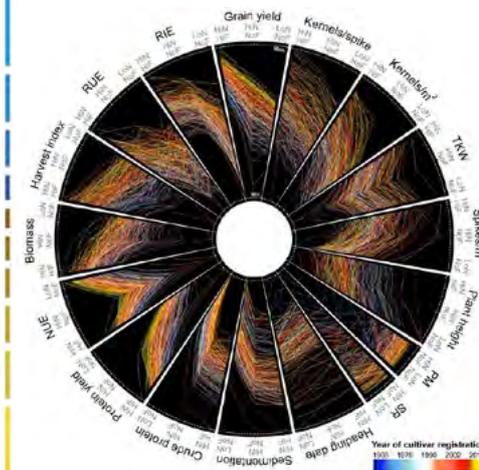
Die Züchtung ist mit vielen Zielkonflikten konfrontiert, darunter die Erzeugung von Kreuzungen, die Selektion von Individuen mit erwünschten Eigenschaften und die Erzeugung von Reinerbslinien. Ein weiteres Zielkonflikt ist die Erzeugung von Sorten, die eine hohe Ertragsleistung, eine gute Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge sowie eine gute Anpassung an die Umweltbedingungen aufweisen.

Züchtungsfortschritt in Winterweizen

Article | Published: 17 June 2019
Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels

Kai P. Visschers, Andreas Stahl, Benjamin Wehage, Carsten Löffelhardt, Sabrina Nagler, Tilo Renz, Yu-Wei Chen, Holger Zentgraf, Sabine Seifried, Mirco Majid Saig, Agim Ballova, Matthias Frech, Elisabeth Ross, Ben J. Hayes, Matthew J. Hayden, Frank Ordon, Jens Loren, Henning Kopp, Wolfgang Friedl, Hartmut Süßdal & Rod J. Snowdon

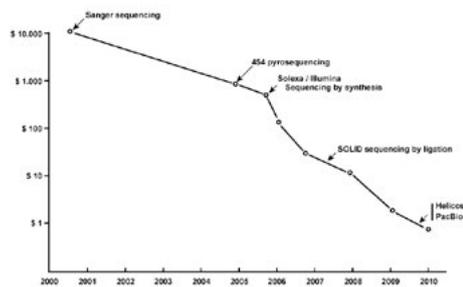
Nature Plants (2019)



Pflanzenzüchterisches Instrumentarium



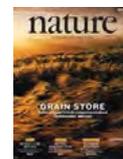
Marker type	RFLPs	Genomic SSRs	AFLPs	EST SNPs/SSRs	DArTs	BOPAs/OPAs	iSelect		Genotyping by sequencing
Throughput	single marker application	single marker application	few marker application	single marker application	6K	1,5K	9K	50K	
Multiplexing	no multiplexing	few markers multiplexing	low multiplexing	few markers multiplexing	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	platform/ simultaneous analysis	simultaneous multiplexing NGS/GBS
Amount of D N A	Large amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount	low amount
Quality of D N A	very good	average	average	average	very good				



M. Delseny et al. (2010) *Plant Sci.* 179: 407-422

ARTICLE

A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome



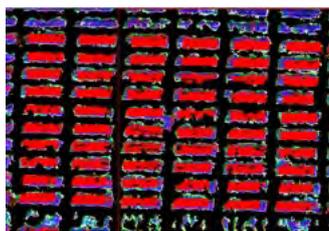
Article
Multiple wheat genomes reveal global variation in modern breeding

Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen



Genomweite Assoziationsstudien GWAS

Phänotypisierung



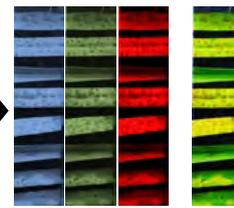
Tattersall M, Reynolds MP, Chapman SC. 2016. A direct comparison of remote sensing approaches for high-throughput phenotyping in plant breeding. *Front. Plant Sci.* 7: 1131.



A. Serfling und U. Beukert



Hochdurchsatzphänotypisierung

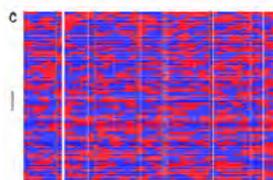


Automatische Detektion der infizierten Blattfläche

- 7%
- 18.5%
- 0%
- 20%
- 25%
- 0%
- 5%
- 3%



<https://www.illumina.com/systems/sequencing-platforms/hiseq-2500.html>



N. Stein

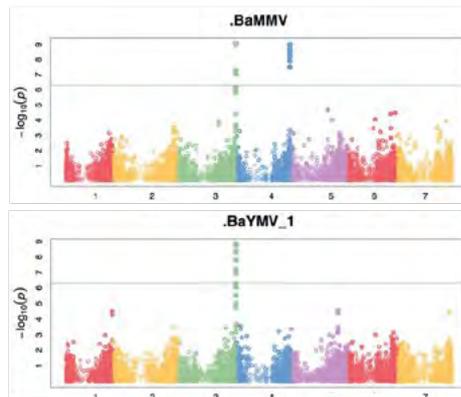


<https://www.illumina.com/products/by-type/microarray-kits/infinitum-i-select-custom-genotyping.html>

Systematische Nutzbarmachung genetischer Ressourcen

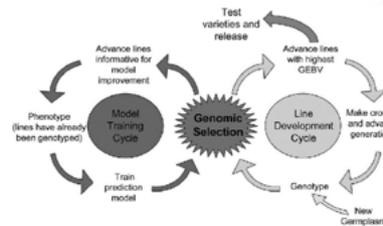
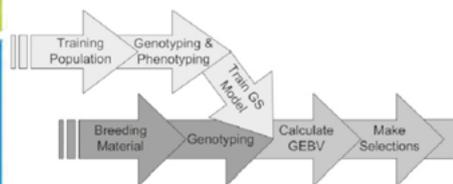


Genomweite Assoziationsstudien GWAS



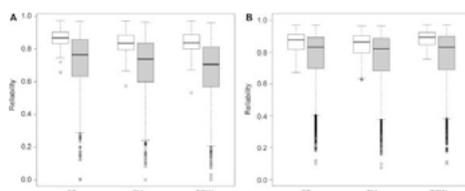
Millner et al. 2018: Nature Genetics

Genomische Selektion



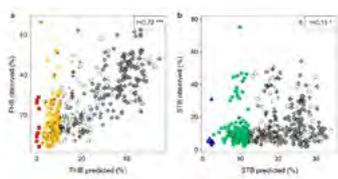
Heffner et al. 2009

Using Genome-Wide Predictions to Assess the Phenotypic Variation of a Barley (*Hordeum sp.*) Gene Bank Collection for Important Agronomic Traits and Passport Information

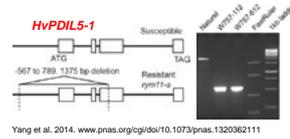
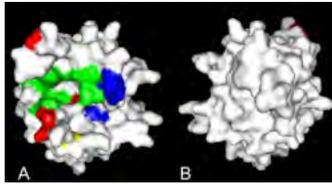


An experimental approach for estimating the genomic selection advantage for Fusarium head blight and Septoria tritici blotch in winter wheat

Caroline Fouace-Horber, Erhard Ebmeyer, Saqib Aziz, Viktor Anzori, Thomas Maierhofer



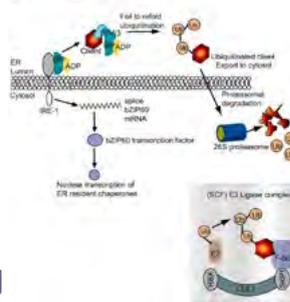
Isolation von Resistenzgenen: *rym4* und *rym11*



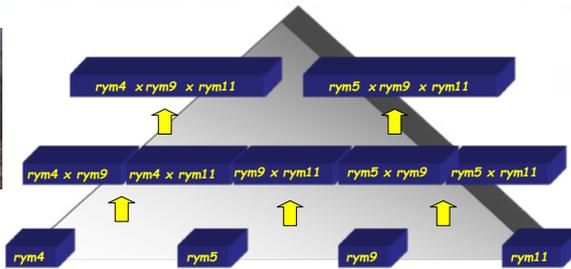
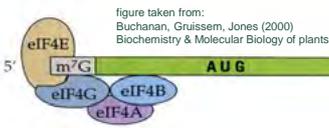
Scanning by **PLANT SCIENCE**

Cellular chaperones and folding enzymes are vital contributors to membrane bound replication and movement complexes during plant RNA virus infection

ER Quality Control Machinery



Stein, N., D. Perovic, J. Kümlehn, B. Pello, S. Stracke, S. Strenig, F. Ordon, A. Graner, 2005. The Plant Journal 42, 912-922

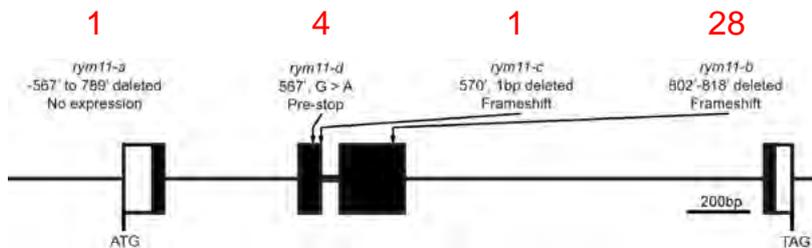


Allele mining: *rym11*



- 365 Wildgersten (*H. spontaneum*)
- 847 Landrassen (*H. vulgare*)
- 559 Sorten (*H. vulgare*)
- 5 *H. agriocrithon*
- Gesamt = 1816 Akzessionen

Anzahl Herkünfte mit verschiedenen resistenzbedingenden Allelen

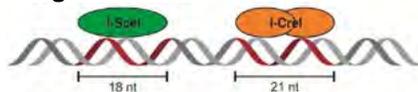


Yang et al. 2014. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1320362111

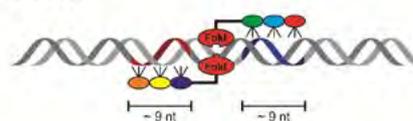
Gerichtete Mutagenese unter Verwendung von Endonucleasen



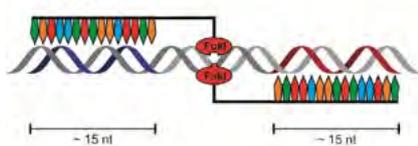
Meganucleases



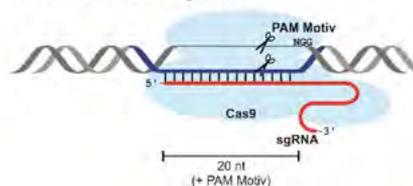
ZFNs



TALENs



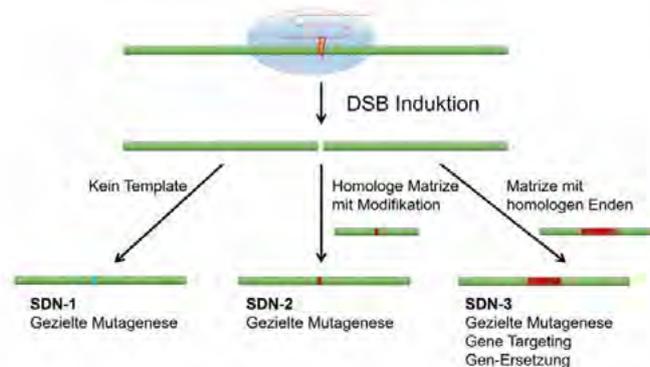
CRISPR/Cas System



- ZFNs Zinc-Finger Nucleases
- TALENs Transcription Activator-Like Effector Nucleases
- CRISPR Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
- Cas CRISPR-associated, RNA-guided endonuclease

Puchta and Fauser (2014) The Plant Journal

Gerichtete Mutagenese unter Verwendung von Endonucleasen



<https://analyticalscience.wiley.com/doi/10.1002/giftach.15867/view-media-gallery/146772bdb7411d806285f15057923f52.jpg>

Urteil des EuGH
25. Juli 2018

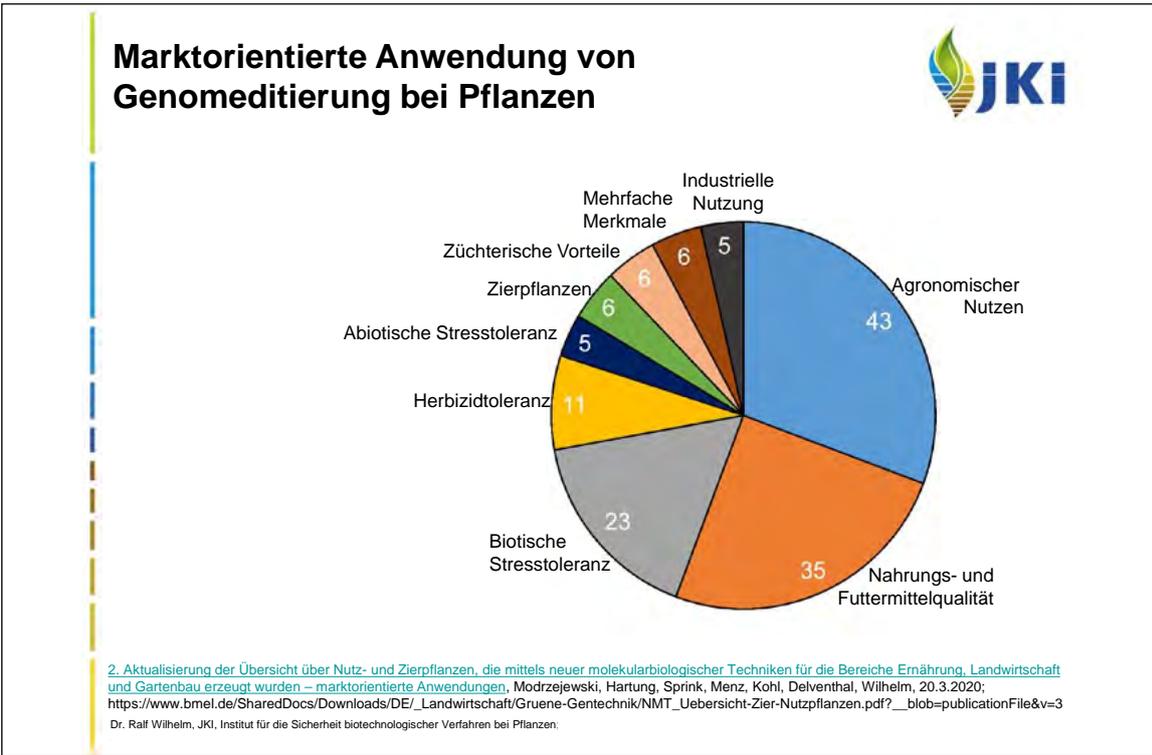
Bericht der EU-Kommission
zu den Auswirkungen
des Urteils erwartet
April 2021



Alle Organismen, die durch gezielte Mutagenese erzeugt werden, sind GVO im strengen Sinne nach RL 2001/18/EG; dies gilt auch bei DNA-freier Genomeditierung

Dr. Ralf Wilhelm, JKI, Institut für die Sicherheit biotechnologischer Verfahren bei Pflanzen

Picture: Court of Justice of the European Union

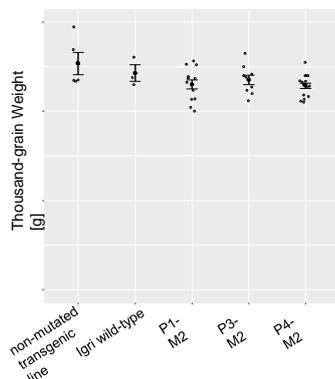
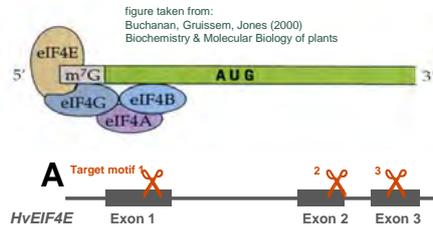


Marktorientierte Anwendung von Genomeditierung bei Pflanzen

Pflanze	Merkmal	Nutzen	Anwendungsbezug und Funktionsnachweis	Bereits von Regulierung ausgenommen in
Verbesserte Nahrungs- bzw. Futtermittelqualität				
Ackerhellerkraut Leindotter Soja Reis	Verbesserte Fettsäurezusammensetzung	Herz-/ Kreislauf	+ 3 Arbeiten in '18/'19	USA USA Vermarktung (Calyxt)
Tomate	GABA	Herz-/ Kreislauf	Lee et al. 2018	Vermarktung JP (Sanatech)
Sorghum-Hirse	Korneiweiß	Verdaulichkeit	Li et al 2019	–
Kartoffel	Verringerte Acrylamidbildung	Schadstoffred.	Clasen et al. 2016	USA
Salat	Erhöhter Vitamin-C-Gehalt	Nährwert	Zhang et al. 2018	–
Weizen	Verbesserter Faseranteil	Nährwert	APHIS-Datenbank	USA
	Geringer Glutengehalt	verm. Allergenität	Sánchez-León et al. 2018	–

Dr. Ralf Wilhelm, JKI, Institut für die Sicherheit biotechnologischer Verfahren bei Pflanzen.

Genomeditierung - Resistenz



Primary mutants	Mutation	No. of M2 plants tested	BaMMV detection by ELISA
P1	+A	13	0/13
P3	+T	9	0/9
P4	+T	16	0/16
Igri wt	none	3	2/3

Hoffie et al. 2021: Plant Biotechnology Journal (eingereicht)



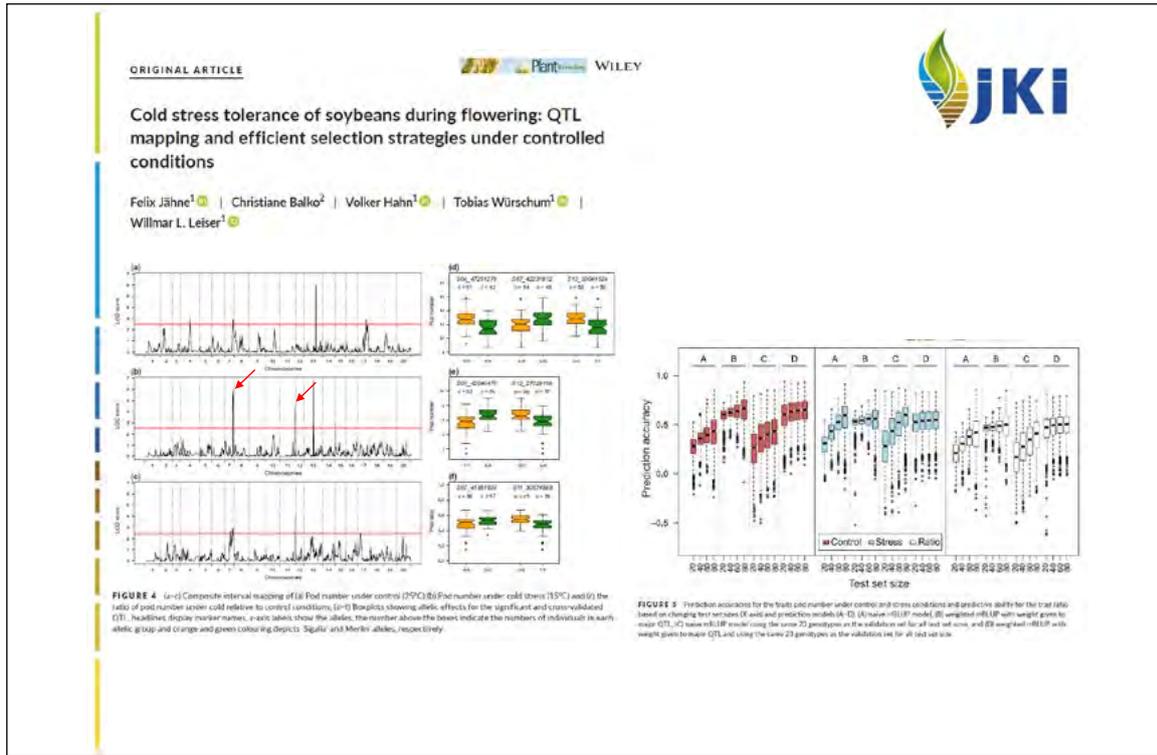
<https://www.youtube.com/watch?v=rAOwsSfApnE>



ZIELE

Widerstandsfähige und standortangepasste Arten und Sorten entwickeln und nutzen

1. Ziel ist die züchterische Verbesserung von Kulturpflanzen, insbesondere im Hinblick auf Ressourceneffizienz sowie auf Resistenz- und Toleranzeigenschaften. Dies ist eine wichtige Maßnahme, um den integrierten Anbau zu fördern. Dabei ist die züchterische Bearbeitung neuer, vernachlässigter oder bisher wenig genutzter Pflanzenarten ein weiteres wichtiges Ziel und sollte durch die öffentliche Forschungsförderung weiterhin unterstützt werden. Dies bietet Möglichkeiten, das **Kulturpflanzen-spektrum zu erweitern**, wenn sich wirtschaftliche Chancen für neue Produkte eröffnen.
2. Um den notwendigen Züchtungsfortschritt zu beschleunigen, sind **innovative Züchtungs- und Selektionsmethoden** weiter zu entwickeln und zu nutzen. Diese ermöglichen es, die Kulturpflanzen schnell an Veränderungen der Anbaubedingungen und des Schadorganismenspektrums anzupassen.



RESEARCH

Association Analyses to Genetically Improve Drought and Freezing Tolerance of Faba Bean (*Vicia faba* L.)

Mohamed B.M. Ali, Gregor C. Welna, Ahmed Sallam, Regina Martsch, Christiane Balko, Björn Gebser, Olaf Sass, and Wolfgang Link*

Table 2. Association analyses results for drought- and freezing-related traits (minor allele frequency 5%; *n* = 189 inbred lines; mixed linear model, Kinship-matrix, FDR 20%).

DNA marker	Linkage group and position	<i>p</i> -value	Effect†	Increase allele‡	<i>R</i> ²		
cM					%		
DROUGHT							
ΔGlycine betaine							
1	E36M48-279	7	94.4	4.72×10^{-6}	1.017	*0*	9.31
2	E41M58-139	–	–	1.81×10^{-4}	0.726	*0*	7.55
%Sugars							
3	E40M48-432	–	–	9.59×10^{-8}	24.23	*1*	14.66
4	E40M62-295	–	–	1.36×10^{-7}	23.41	*0*	14.49
5	E32M51-178	–	–	4.02×10^{-6}	22.47	*0*	11.17
6	E42M48-357	4	154.0	2.25×10^{-1}	21.58	*1*	8.43
7	E40M48-310	–	–	3.57×10^{-4}	15.97	*0*	6.86
FREEZING							
Disposition to survive							
1	E40M58-369	3	128.8	1.02×10^{-4}	9.742	*0*	8.11
2	VL_Mt3 g086600	2	97.0	2.77×10^{-4}	8.859	*G*	7.14

Theor Appl Genet (2015) 128:2121–2130
 DOI 10.1007/s00122-015-2572-3

CrossMark

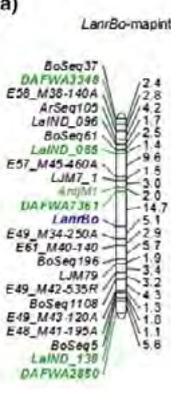
ORIGINAL ARTICLE

Characterization and mapping of *LanrBo*: a locus conferring anthracnose resistance in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.)

Kristin Fischer¹ · Regine Dieterich² · Matthew N. Nelson^{3,4} · Lars G. Kamphuis^{3,5} · Karam B. Singh^{3,5} · Björn Rotter⁶ · Nicolas Krezdorn⁶ · Peter Winter⁶ · Peter Wehling¹ · Brigitte Ruge-Wehling¹



(a) *LanrBo*-mapint

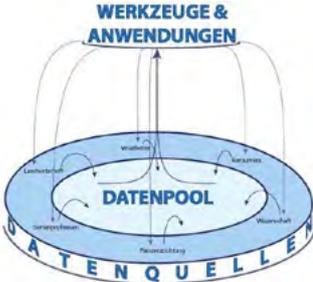


Zusammenfassung und Ausblick



Die methodischen Fortschritte, d.h. die Verfügbarkeit von Hochdurchsatzmarkertechnologien, die Kenntnis der Genome unserer Kulturarten sowie die Möglichkeit, identifizierte Gene gezielt mittels Endonukleasen zu verändern, haben die Pflanzenzüchtungsforschung und –züchtung in ein neues Zeitalter geführt.

Vor dem Hintergrund der Anforderungen an neue Ackerbausysteme und der politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen wird die Züchtungsforschung und Züchtung weiter an Bedeutung gewinnen und kann aufgrund der methodischen Weiterentwicklung schneller als bisher einen erheblichen Beitrag zur Anpassung der Landwirtschaft an die Herausforderungen der Zukunft leisten.



GFPI, unveröffentlicht



Mit Spot Farming in die Zukunft des Pflanzenbaus

JENS KARL WEGENER, DIETER VON HÖRSTEN

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund zahlreicher Herausforderungen, denen sich die Landwirtschaft stellen muss, sind neue zukunftsfähige Konzepte notwendig. Das Julius Kühn-Institut (JKI) beschäftigt sich in seiner institutsübergreifenden AG „Neue Pflanzenbausysteme“ theoretisch und praktisch mit neuen, innovativen Pflanzenbaukonzepten. Ausgehend von der Hypothese, dass sich seit der Mechanisierung der Landwirtschaft der Pflanzenbau zunehmend den Landmaschinen angepasst hat, rückt der am JKI entwickelte Spot-Farming-Ansatz die Pflanze wieder in den Mittelpunkt des Geschehens. Um das Ziel einer nachhaltigen Intensivierung unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Akzeptanz zu erreichen, wurden für den Spot-Farming-Ansatz folgende Ziele festgelegt:

- Verbesserte Zuordnung von Kulturpflanzen zu Standorten
- Optimierte räumliche und zeitliche Nutzung natürlicher Ressourcen
- Effizienterer Gebrauch von Agrarchemikalien
- Stärkung funktionaler Strukturen in der Landschaft

2 Hauptteil

Der Spot-Farming-Ansatz geht prinzipiell davon aus, dass landwirtschaftliche Nutzflächen in vielen Naturräumen in sich heterogen sind und sich in ihren Charakteristika (Bodenart, Erträge, Wasserversorgung, Höhenprofil, geografische Ausrichtung, Erosionspotenzial usw.) kleinräumig unterscheiden. Um eine verbesserte Zuordnung von Kulturpflanzen zu Standorten zu erreichen, können digitale Informationen über Standortbedingungen überlagert werden. Damit lassen sich weitestgehend homogene Spots ermitteln (Abb. 1), die im Sinne einer pflanzenbaulichen Optimierung gleichartig bewirtschaftet werden können. In heutigen Systemen würde man diese Informationen nutzen, um weiterhin den gesamten Schlag mit einheitlichem Kulturpflanzenbestand teil-

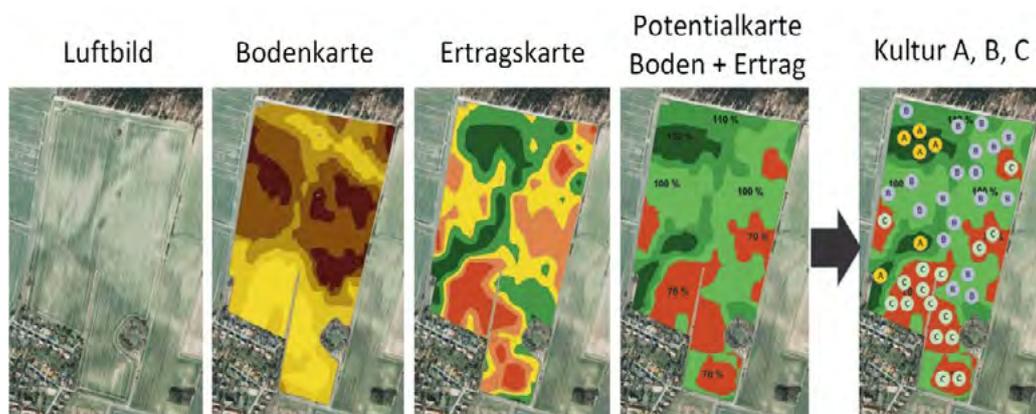


Abb. 1: Definition von Spots durch Informationsüberlagerung an einem einfachen Beispiel mit Informationen über Bodenarten und Erträge (Wegener et al. 2019)

flächenspezifisch zu bewirtschaften. Beim Spot-Farming-Ansatz wird auf jedem gleichfarbigen Spot eine gesonderte Nutzung vorgenommen, die jeweils am besten zu den spezifischen Standortbedingungen passt.

Eine räumliche Optimierung des Pflanzenbaus ist mit der Gleichstandsaat möglich (Abb. 2). Hier bekommt jede Einzelpflanze maximalen ober- und unterirdischen Standraum und hat damit zugleich theoretisch größtmöglichen Zugriff auf die Ressourcen Licht, Wasser, Dünger usw., bei gleichzeitig minimaler Konkurrenz durch die Nachbarn. Des Weiteren geht mit der Gleichstandsaat unter Beibehaltung des Ertrags – grob gesprochen – eine Halbierung der notwendigen Saatgutmenge einher, was dem Ziel der Ressourceneinsparung – weniger Saatgut und weniger Beizmittel – dient. Dünnere Bestände können phytosanitäre Vorteile aufweisen, sodass auch tendenziell weniger Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Zudem ist in einer Gleichstandsaatmatrix das mechanische Hacken in drei unterschiedliche Richtungen möglich. Unkräuter können dadurch nicht nur zwischen den Reihen einfach und effektiv mechanisch bekämpft werden, sondern auch durch eine weitere Überfahrt, in einer anderen Richtung, innerhalb der Reihe. Dazu bedarf es keiner aufwendigen und teuren Technik zur sensorgestützten Unterscheidung von Unkraut und Nutzpflanze. Es werden aber hohe Anforderungen an die Präzision bei der Aussaat und beim Hacken gestellt.

Ein großes Potenzial zur nachhaltigen Ertragssteigerung liegt auch in der Pflanzengenetik. Zum Beispiel sind heutige Getreidesorten für die Bedingungen der Drillsaat gezüchtet worden. Niemand kennt derzeit die optimalen Aussaatstärken sowie die Pflanzeigenschaften, die für eine Gleichstandsaatmatrix vorteilhaft wären. Dies versucht das JKI gerade durch mehrjährige, aufwendige Feldversuche an vier Standorten zunächst beispielhaft am Weizen herauszufinden (Kottmann et al. 2019). Erste Ergebnisse lassen hoffen, dass schon mit heutigen Sorten bei einer Halbierung der Aussaatmenge der Ertrag zumindest nicht schlechter wird. Weitere (teilweise bereits bekannte) Effekte (Heege 1967, Fischer und Miles 1973, Olsen et al. 2005, Olsen et al. 2012) wie geringerer Krankheitsdruck, höhere Standfestigkeit, gleichmäßigere Entwicklung und Abreife sowie besseres Unkrautunterdrückungsvermögen des Bestands werden untersucht und lassen ebenfalls hoffen.

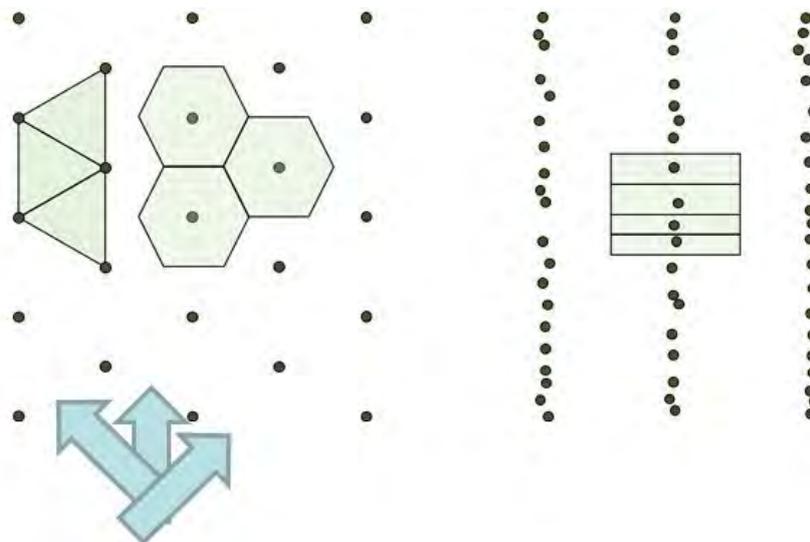


Abb. 2: Prinzipieller Vergleich zwischen Gleichstandsaat (links) und Drillsaat (rechts) (Wegener et al. 2019)

Im Bereich der Düngung und des Pflanzenschutzes steht heute die teilflächenspezifische Behandlung im Fokus. Zukünftig wäre eine Behandlung auf Einzelpflanzenniveau wünschenswert. Ebenso reduzierte, aber gezieltere Düngergaben, die in mehreren Kleinstgaben portioniert z.B. direkt in den Wurzelraum appliziert werden. Damit könnte möglichst viel von den Nutzpflanzen aufgenommen werden, um Nitratfrachten im Grund- und Oberflächenwasser zu reduzieren. Des Weiteren bedarf es integrierter Pflanzenschutzstrategien, die schon bei der Ausgestaltung der Fruchtfolge, der Saatmatrix, der standortangepassten Nutzung usw. starten und alle Optionen – physikalisch, biologisch und chemisch – beinhalten und sinnvoll miteinander kombinieren. Damit können Resistenzen gebrochen und neue Handlungsoptionen erlangt werden.

Auch auf Landschaftsebene ist ein Umdenken gefordert. Der Strukturwandel hat über die Jahrzehnte in vielen Regionen zum Verlust funktionaler Elemente und stellenweise zur Monotonie heutiger Agrarlandschaften geführt. Gräben, Bäume, Hecken, Saumstrukturen erfüllten allerdings in der Regel einen Zweck: Den Schutz des Kulturlandes vor den Einflüssen von Wind und Wasser. Digitale Daten, z.B. über die Erosionsgefahr auf Einzelschlagniveau (Duch 2016, GID), lassen sich gezielt zum Schutz der Kulturpflanzen und Böden nutzen. Im Rahmen des Spot-Farming-Ansatzes sollen funktionale Elemente gezielt in die betriebliche Planung einbezogen werden, um den Anbau von Kulturpflanzen, insbesondere auch unter den neuen Herausforderungen des Klimawandels, im Sinne der Risikominimierung zu unterstützen.

Dazu bedarf es neuer Maschinenkonzepte, die sich nach dem Pflanzenbau richten und diesen nicht definieren. Mit der Agrarrobotik stehen uns dazu neue Möglichkeiten zur Verfügung. Kleine autonome Systeme, die in Schwärmen arbeiten, verschiedene Prozesse verrichten, könnten die Verfahrenstechnik der Zukunft darstellen. Mangelnde Schlagkraft wird durch nahezu permanente Einsatzbereitschaft, größere Arbeitszeitfenster für leichtere Maschinen und kleinräumig optimierte Wirtschaftsweise kompensiert. Die zuvor geforderte Präzision, z.B. bei der Aussaat, beim Hacken oder bei der Ausbringung von Agrarchemikalien auf Einzelpflanzenbasis, lässt sich vermutlich auch nur mit kleinen und vor allem langsam fahrenden Maschinen realisieren. Dass solche Konzepte zumindest aus theoretischer Sicht durchaus gegenüber heutigen Verfahren auch ökonomisch konkurrenzfähig sein können, wurde im Rahmen des BÖLN-Projektes „Mit autonomen Maschinen zu neuen Pflanzenbausystemen“ untersucht (Abb. 3). Die gesamten Annahmen und Ergebnisse dazu finden sich in Wegener et al. (2019).



Abb. 3: Vergleich der Arbeitserledigungskosten pro Hektar zwischen autonomen Landmaschinenkonzepten und heutiger Landtechnik nach Zahlen des KTBL (Wegener et al. 2019)

3 Fazit

Die Ergebnisse aus dem genannten BÖLN-Projekt zeigen bei aller Unsicherheit auf, dass neue Konzepte zumindest theoretisch sowohl aus technischer als auch aus ökonomischer Perspektive darstellbar wären und pflanzenbaulich vielfältige neue Möglichkeiten eröffnen. Es lohnt also, in diese Richtung weiter zu denken und zu forschen. Nicht mehr und nicht weniger sollte auch in die dargestellten Ergebnisse hineininterpretiert werden. Wenn es zudem um die nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft unter gesellschaftlich akzeptierten Nebenbedingungen geht, dann bietet der Ansatz, zunächst den Pflanzenbau statt die Technik in den Mittelpunkt zu rücken, hohe Freiheitsgrade für innovative Ideen. Dies gilt auch für die Anpassung des Pflanzenbaus an die Herausforderungen durch den Klimawandel. Natürlich ist Spot Farming nur eine von vielen zukünftigen Möglichkeiten. Das Konzept wird auch nicht auf alle Landschaftsräume in Deutschland oder gar darüber hinaus passen – darauf erhebt es auch gar keinen Anspruch. Es zeigt aber auf, dass im System Pflanzenbau noch an vielen kleinen Stellschrauben gedreht werden kann, um Effizienz, Nachhaltigkeit und Resilienz zu verbessern.

Literatur

- Duch, H.-J. (2016): Digitaler Gewässerschutzberater, ein Beratungswerkzeug zur Vermeidung der Abschwemmung von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer, 60. Deutsche Pflanzenschutztagung „Pflanzenschutz: Effizienz und Vielfalt“, 20. bis 23. September 2016, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, S. 86
- Fischer, R. A.; Miles, R. E. (1973): The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences* 18(3-4), pp. 335–350
- GID (ohne Datum): Digitaler Gewässerschutzberater. Geoinformationsdienst GmbH, https://www.geoinformationsdienst.de/images/agribusiness/gewaesserschutzberater/downloads/gewaesserschutzberater_handout.pdf, Zugriff am 18.03.2020
- Heege, H. J. (1967): Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. Habilitation, Universität Bonn
- Kottmann, L.; Hegewald, H.; Feike, T.; Lehnert, H.; Keilwagen, J.; von Hörsten, D.; Greef, J. M.; Wegener, J. K. (2019): Standraumoptimierung im Getreideanbau durch Gleichstandsaaat. *Journal für Kulturpflanzen* 71(4), S. 90–94
- Olsen, J.; Kristensen, L.; Weiner, J.; Griepentrog, H.W. (2005): Increased density and spatial uniformity increase weed suppression by spring wheat. *Weed Research* 45(4), pp. 316–321
- Olsen, J.; Griepentrog, ; Nielsen, J.; Weiner, J. (2012): How Important are Crop Spatial Pattern and Density for Weed Suppression by Spring Wheat? *Weed Science* 60(03), pp. 501–509
- Wegener, J.-K.; Urso, L.-M.; von Hörsten, D.; Hegewald, H.; MinBen, T.-F.; Schattenberg, J.; Gaus, C.-C.; Witte, T.d.; Nieberg, H.; Isermeyer, F.; Frerichs, L.; Backhaus, G.F. (2019): Spot farming – an alternative for future plant production. *Journal für Kulturpflanzen* 71(4), pp. 70–89

Danksagung

Wir danken dem ehemaligen Präsidenten des JKI, Herrn Backhaus und dem aktuellen Präsidenten, Herrn Ordon, für die Unterstützung der JKI-internen institutsübergreifenden Arbeitsgruppe „Neue Pflanzenbausysteme“ aus Eigenmitteln des JKI. Selbiges gilt für alle Kolleginnen und Kollegen aus den beteiligten Instituten, die sich mit sehr viel Engagement und Kreativität diese zusätzliche Aufgabe übernommen haben.

KTBL – Tage 2021

Boden gut machen - neue Ackerbausysteme
Online, 16./17.3.2021

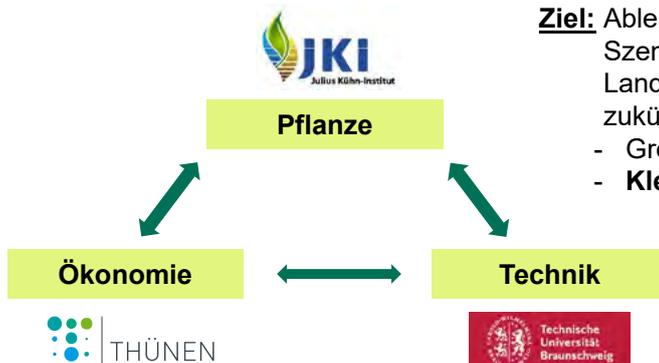


Mit Spot Farming in die Zukunft des Pflanzenbaus



Dieter von Hörstenwww.julius-kuehn.de

Projekt: Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen



Ziel: Ableitung und Bewertung von Szenarien zur Zukunft der Landwirtschaft und Aufzeigen zukünftiger Handlungsfelder:

- Großtechnikszenario
- **Kleintechnikszenario**



Laufzeit: 01.03.2015 – 31.10.2017

Herausforderungen in der Landwirtschaft



Die Landwirtschaft steht vor gewaltigen Herausforderungen:

- Bevölkerungswachstum
- Flächendegradation
- Klimawandel
- Ressourcenverknappung
- ...



Dafür müssen gesellschaftlich akzeptierte Lösungen gefunden werden, was immer schwieriger wird.

3

„Probleme“ der Landwirtschaft



In der **öffentlichen Wahrnehmung** ...

- vergiftet unser Trinkwasser (Nitrat) und unsere Nahrungsmittel (PSM)
- ruiniert unsere Gesundheit (grüne Gentechnik)
- verwüstet unsere Landschaft (Monokulturen, Maiswüsten, Strukturwandel, ...)
- quält die Nutztiere (Initiative Tierwohl)
- macht uns Angst im Straßenverkehr (größere u. schnellere Maschinen)
- verteuert durch ihre Teilhabe den Strom (Biogas, Windkraft und Solarenergie)
- liegt der Gesellschaft auf der Tasche (Subventionen)
- ...
- und leistet am Ende auch noch einen wesentlichen Beitrag zum Klimawandel, unter dem sie selber mit am meisten leidet.

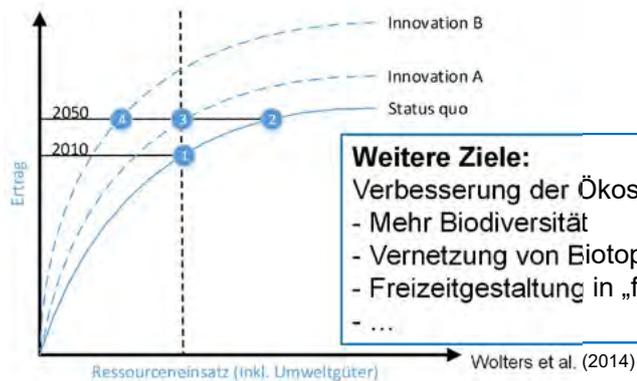
Ein „weiter so“ ist keine Zukunftsstrategie!

4 +

Was wollen wir erreichen?



Ziel: Nachhaltige Intensivierung = mehr Output mit weniger Ressourceneinsatz



Weitere Ziele:

Verbesserung der Ökosystemdienstleistungen:

- Mehr Biodiversität
- Vernetzung von Biotopen
- Freizeitgestaltung in „freier Natur“ (Landschaftsbild)
- ...

Frage: Wie können wir das erreichen?

5 2+

Perspektivenwechsel notwendig?

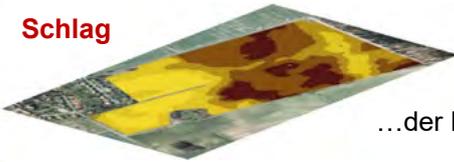


Einzelpflanze



Um die Erträge zu erhöhen, sollten die **Grundansprüche der Einzelpflanze in den Mittelpunkt** gestellt werden,...

Schlag



...der Kulturpflanzenbestand zum Standort passen...

Landschaft

... und funktionale Elemente die Kulturpflanzen schützen!



Anforderungen an ein neues Pflanzenbausystem



Auf Einzelpflanzenebene:

- Ausreichende Bodengüte, -beschaffenheit und -fauna
- Licht
- Standraum / „Platz“ (ober- und unterirdisch)
- Wenig Konkurrenz
- Termingerechte, optimale Wasser- und Nährstoffversorgung
- Gesunde Fruchtfolgen
- Im Bedarfsfall Pflanzenschutz



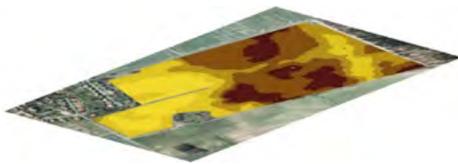
7

Anforderungen an ein neues Pflanzenbausystem



Auf Schlagebene:

- Reduzierung des Einsatzes von Agrarchemikalien
- Vermeidung der Verbreitung von Agrarchemikalien auf Nicht-Zielflächen
- Verstärkter Bodenschutz durch Vermeidung von (Mehrfach-) Überfahrten, insbesondere bei hohen Radlasten
- Stärkere Berücksichtigung von Witterungseinflüssen (Wind, Regen, Sonneneinstrahlung) und zeitlich abhängigen Ereignissen



8

Anforderungen an ein neues Pflanzenbausystem



Auf Landschaftsebene:

- Entwicklung von Strukturen, die auf die natürlichen geografischen und klimatischen Bedingungen abgestimmt sind und der Wind- und Bodenerosion sowie der Stoffverlagerung Einhalt gebieten.
- Schaffung von Refugien und Pufferzonen, die zu einer Vernetzung von Biotopen sowie der Stärkung der Biodiversität und der Ökosystemdienstleistungen in der Agrarlandschaft führen.
- Positive Beeinflussung des Landschaftsbildes (durch kleinere Strukturen!?)



Ein optimales Pflanzenbausystem bringt alle Anforderungen auf Einzelpflanzen-, Schlag- und Landschaftsebene in Einklang

9 +

Wie können wir das erreichen?



Um die Erträge zu erhöhen und gleichzeitig gesellschaftliche Akzeptanz zurück zu gewinnen, sind vier Punkte von Bedeutung:

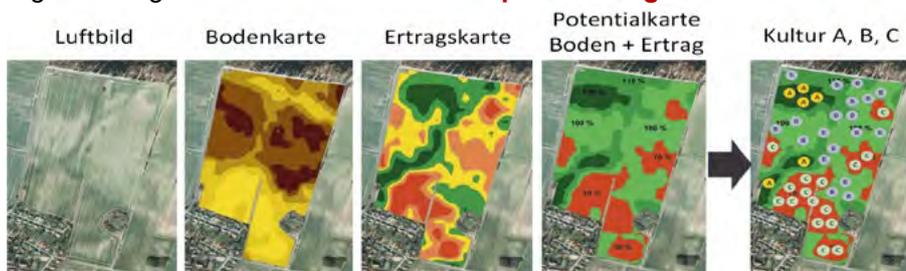
1. **Verbesserte Zuordnung von Kulturpflanzen zu Standorten**
 - Bsp. Kartoffel/Gemüsebau => Frucht „sucht“ den geeigneten Standort
2. **Optimierte räumliche und zeitliche Nutzung natürlicher Ressourcen**
 - Vegetationslänge (z.B. Zuckerrüben)
 - Sortenkombination: Höhe, Bestandesdichte, Blattstellung, Phänologie, ...
3. **Effizienterer Gebrauch von Agrochemikalien**
 - Teilflächenspezifische oder gar Einzelpflanzen-Behandlung
 - Pflanzenschutz und Düngergaben nur nach tatsächlichem Bedarf
4. **Stärkung funktionaler Strukturen auf Landschaftsebene**
 - Gräben, Hecken, Blühelemente

10

Spot Farming: Ein möglicher Lösungsweg?



- Landwirtschaftliche Flächen selten homogen (Bodenart, Erträge, Wasserversorgung, Höhenprofil, Erosionspotenzial, geografische Ausrichtung etc.)
- Berücksichtigung von kleinräumigen Unterschieden durch Informationsüberlagerung
- Definition von „Spots“ mit weitgehend homogenen Eigenschaften, die eigenständig bewirtschaftet werden → **Spot Farming**

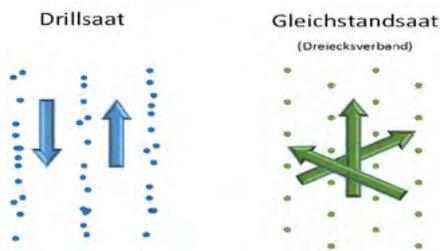


11

Standraumoptimierung



- Maximaler Standraum und Licht für die Einzelpflanze durch **Gleichstandsaat**
- Phytosanitäre Vorteile durch dünnere Bestände
- Einsparung von Pflanzenschutzmitteln
- Bearbeitung in unterschiedliche Richtungen möglich (mech. Unkrautbek.)
- Reduzierung Saatgut- und Beizmengen



Erfordert georeferenzierte Saattechnik mit sehr hoher Ablagegenauigkeit, auch in der Tiefe.

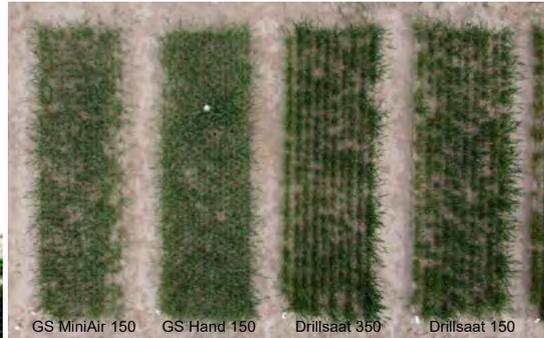
12

Exkurs: Gleichstandsaat – Aktuelle Versuche am JKI



- Erster Vorversuch 2017: Manuelle Aussaat mit Säschablonen
- Basisversuch seit 2018 in Berlin, BS-Bundesallee und Quedlinburg
 - 3 Genotypen
 - Bernstein
 - Memory
 - Eternity
 - Neu ab 2020: Hybridweizen Hyvega*
 - 4 Sätechniken
 - Drillsaat praxisübliche Aussaatstärke (350 Kö/m²)
 - Drillsaat reduzierte Aussaatstärke (150 Kö/m²)
 - Manuelle Gleichstandsaat (150 Kö/m²)
 - Mechanische Gleichstandsaat (150 Kö/m²)
 - 4 Wiederholungen

Exkurs: Gleichstandsaat – Aktuelle Versuche am JKI



Bilder: Herrmann / Kottmann (JKI)

Exkurs: Gleichstandsaat – Aktuelle Versuche am JKI



- Kornertrag 2019 (vorläufig) -



Datengrundlage: Parzellendrusch (4,5 m²)

Kottmann 2019 (JKI)

Pflanzenzüchtung



- Heute: Verwendung genetischer Ressourcen für Toleranz- und Resistenzeigenschaften → i.d.R. geringere Ertragsleistung
- Neues Pflanzenbausystem stärkt natürliche Abwehrmechanismen der Pflanzen und reduziert den phytosanitären Druck → Nutzung genetischer Ressourcen für Ertragsleistung
- Andere Anforderungen an die Kulturpflanze im *Spot Farming*, die von heutigen Sorten nicht erfüllt werden → Neue Züchtungsziele



16

Düngung & Pflanzenschutz



Ziel: Einzelpflanzenbehandlung

- Bedarfsgesteuert über den gesamten Vegetationsverlauf (je nach Kulturart und deren spezifischen Ansprüche)
- Frühzeitiges Erkennen von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall (z.B. Monitoring durch Zeigerpflanzen)
- Gezielte Platzierung, so dass der Dünger möglichst vollständig von den Pflanzen aufgenommen werden kann (Vermeidung von Grundwasser- und Oberflächenabfluss)



Erfordert hochaufgelöste Informationen sowie Technik zur präzisen Ablage von Düngern auf und in den Boden bzw. zur kleinräumigen Applikation von Pflanzenschutzmitteln.

17

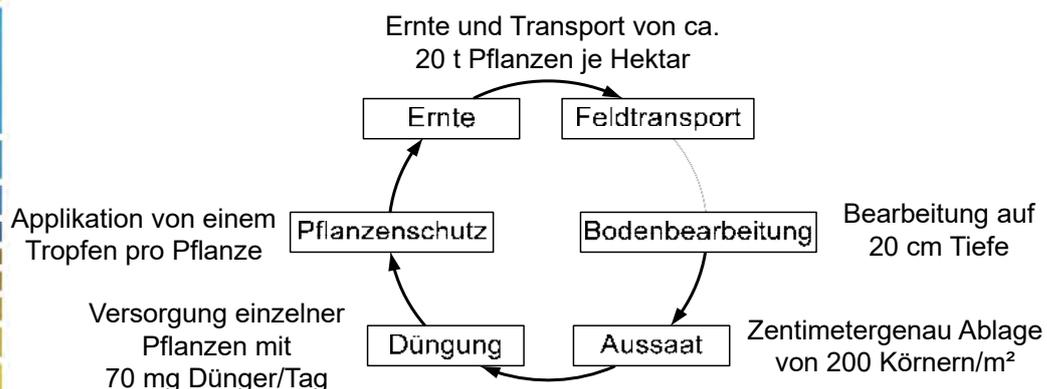
Wie können solche Systeme bewirtschaftet werden?



- Die dargestellten Ansätze – von der Pflanze her gedacht – werden mit heutiger Verfahrenstechnik nicht zu bewirtschaften sein.
- Kleine, autonome Maschinen, die in Schwärmen arbeiten, verschiedene Prozesse verrichten und sich eigenständig koordinieren, könnten die Verfahrenstechnik der Zukunft darstellen.
- Mangelnde Schlagkraft wird durch nahezu permanenter Einsatzbereitschaft, größeren Bearbeitungsfenstern und kleinräumig optimierter Wirtschaftsweise kompensiert.
- Aufgaben, die heute durch Großtechnik erledigt werden (z.B. Ernte), können durch Verfahrensauflösung auch durch Kleinmaschinen erledigt werden.

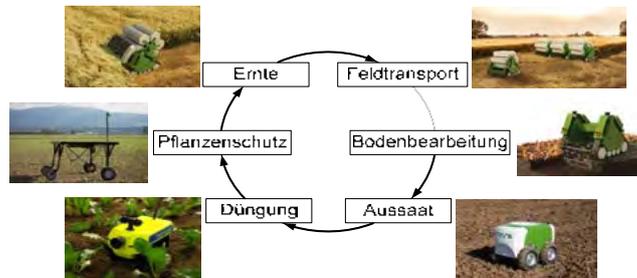
18

Eine Verfahrenskette mit kleinen, autonomen Maschinen?



19

Eine Verfahrenskette mit kleinen, autonomen Maschinen!



Was sind die großen Herausforderungen?

- Optimales Maschinenkonzept und Modularität
- Betrieb in der landwirtschaftlichen Praxis
- Autonomie des Arbeitsprozesses
- Sicherheit autonomer Maschinen
- Energieversorgung und Netzstruktur

20

Wettbewerbsfähigkeit autonomer Kleintechnik – Arbeiterledigungskosten



Arbeiterledigungskosten ergeben sich aus Anzahl und Preise der Roboter:

Grobe Schätzung, Machbarkeit gilt es in der Praxis zu überprüfen.
Getreide stellt besondere Herausforderungen!

	Bodenbearb. und Aussaat	Ernte und Logistik	Düngung	Pflanzenschutz	Unkrautbekämpfung
Szenario	26	52	20 - 34	3 - 15	40
Heute (KTBL 2017)	28 ; 36	107	25	7	55

21 +

Potenzial von Spot Farming mit autonomen Kleinmaschinen



- Erhöhung der verfügbaren Feldarbeitstage /-stunden mit autonomen Kleinmaschinen (Befahrbarkeit, ...)
- Arbeitskraft kann anders verwertet werden
- Risiko und Opportunitätskosten bei Maschinenausfall:
 - Großtechnik: Kette steht
 - Kleintechnik: Schwarm arbeitet mit geringerer Flächenleistung weiter



22

Spot Farming in der Praxis



Aktuelle Situation

(durchschnittliche Schlaggröße: 3,10 ha)

Bewirtschaftung auf Grundlage einer Spotkarte

(durchschnittliche Schlaggröße: 1,50 ha)



Datengrundlage der Spotkarte:
LEB3 (2015): "Kartensystem der Bodenschätzung von Niedersachsen: 1:5000 (B55)", Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
LEB3 (2017): "Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1:50.000 (B50M)", Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
BfG (2015): "Geländedaten - Digitales Geländemodell (DGM10)", Geobase-DE: Referenz für Kartographie und Geodäsie, Leipzig.
Geoinformationsdienst (GID) & Bayer Agri: Deutschland (2020), "Geoinformationsdienst", Rostock.

Zusammenfassung



- Für Spot Farming bedarf es **autonomer Kleinmaschinen**.
- Mit autonomen Maschinen können grundsätzlich **alle landwirtschaftlichen Prozesse** mit vergleichbaren Kosten durchgeführt werden.
- Spot Farming ermöglicht **neue Bewirtschaftungsmethoden**
- **Gleichstandsaa**t bietet gute Voraussetzungen für aktuelle Herausforderungen
- Eine **nachhaltige Intensivierung** der Pflanzenproduktion unter Berücksichtigung **gesellschaftlicher Aspekte** erscheint mit Spot Farming möglich.

24

KTBL – Tage 2021

Boden gut machen - neue Ackerbausysteme

Online, 16./17.3.2021



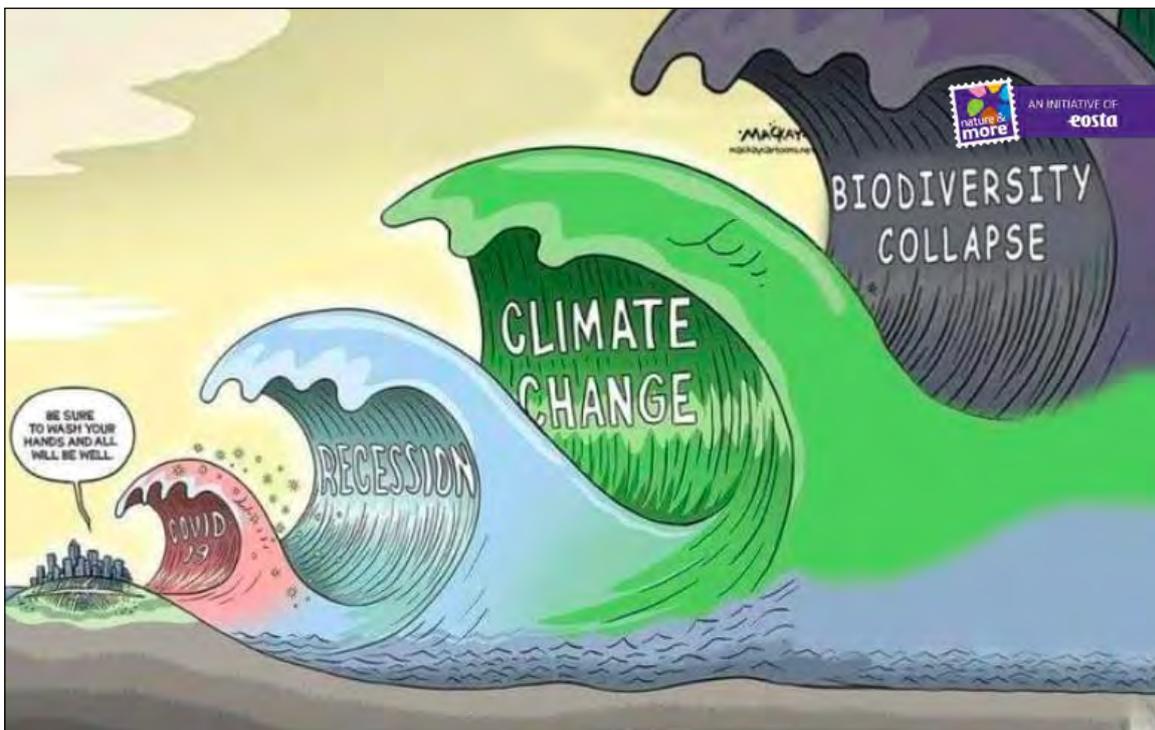
**Mit Spot Farming in die Zukunft
des Pflanzenbaus**

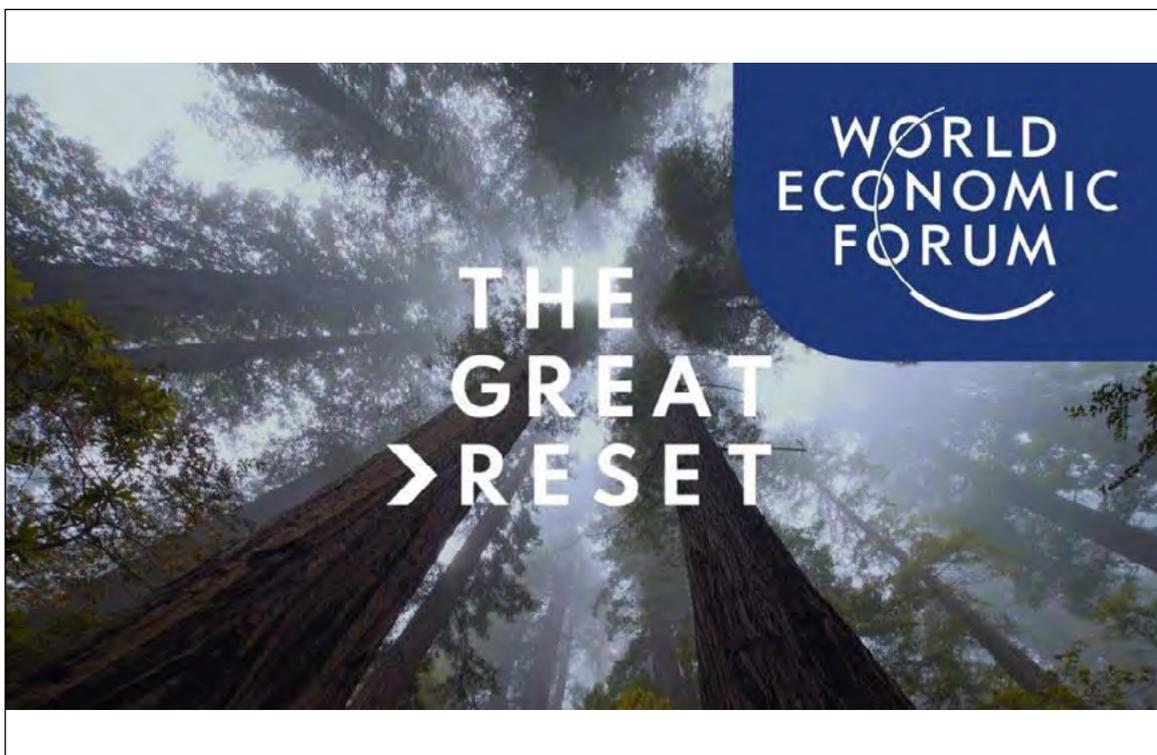
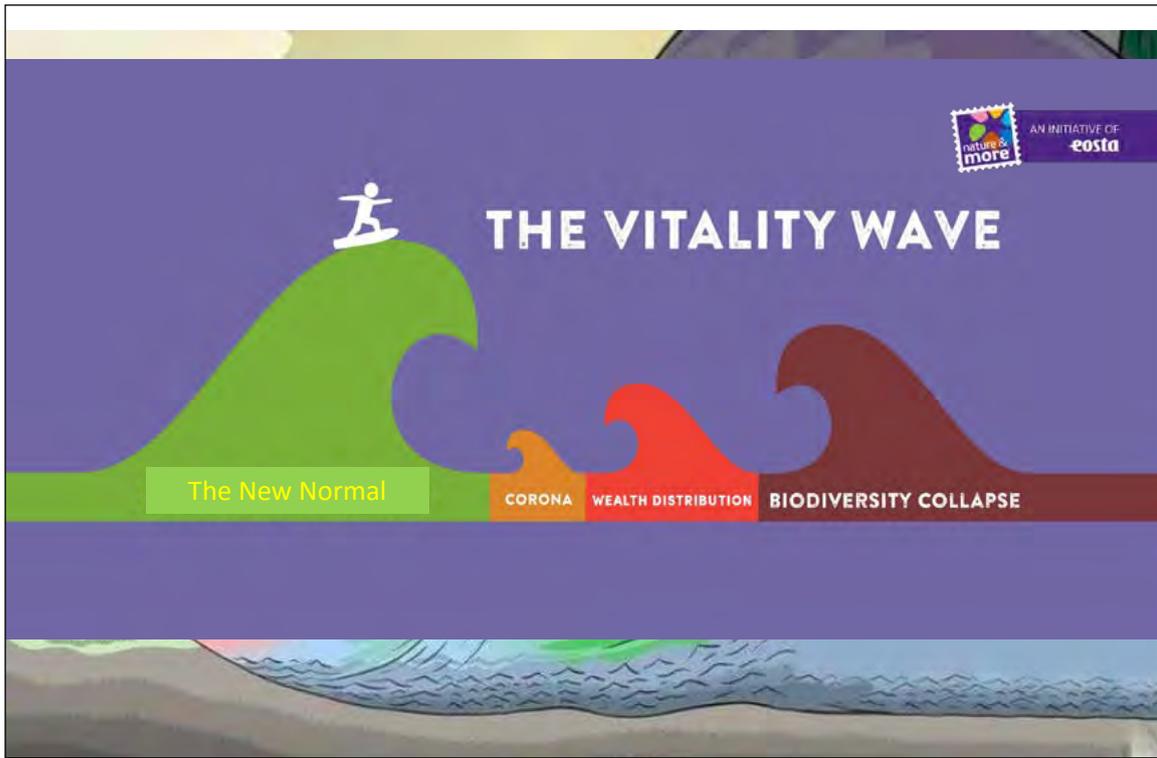
Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

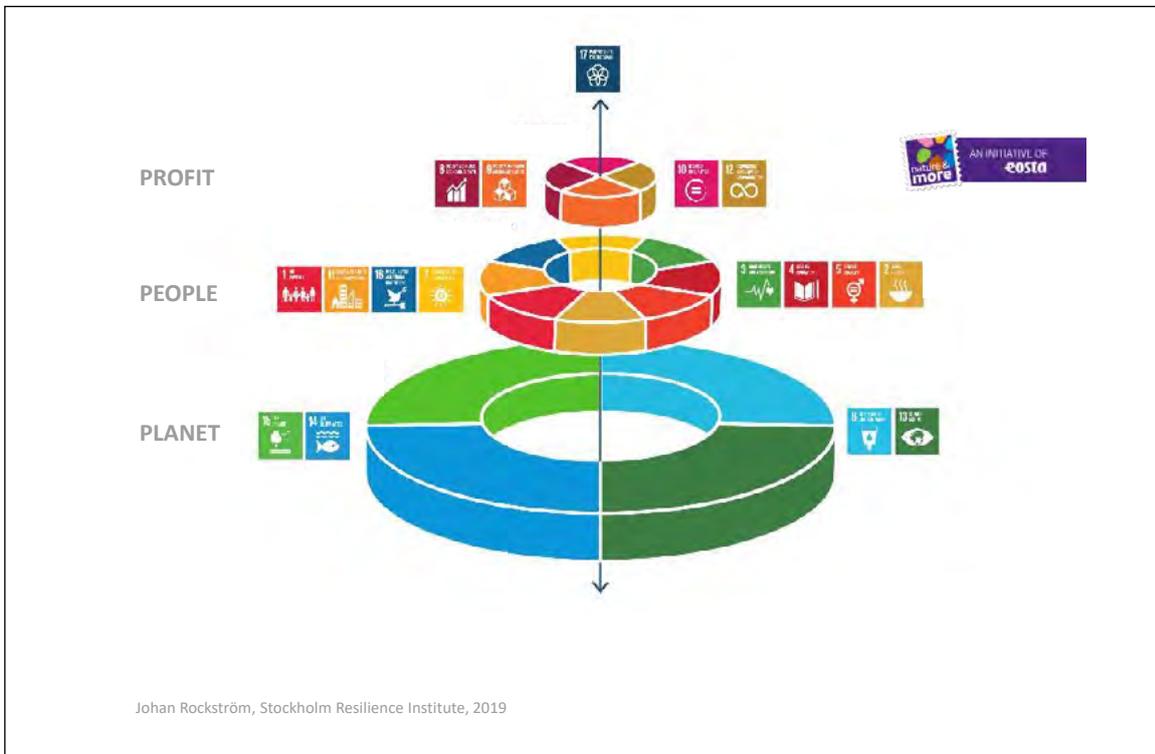
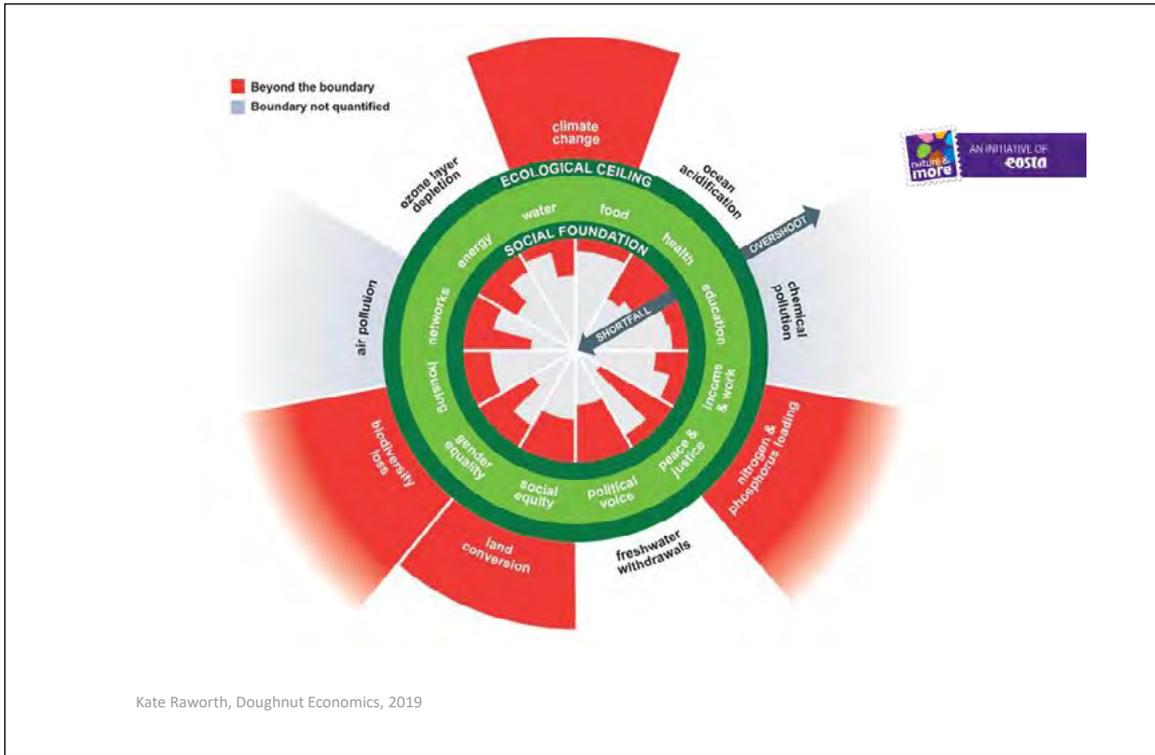
Dieter von Hörsten

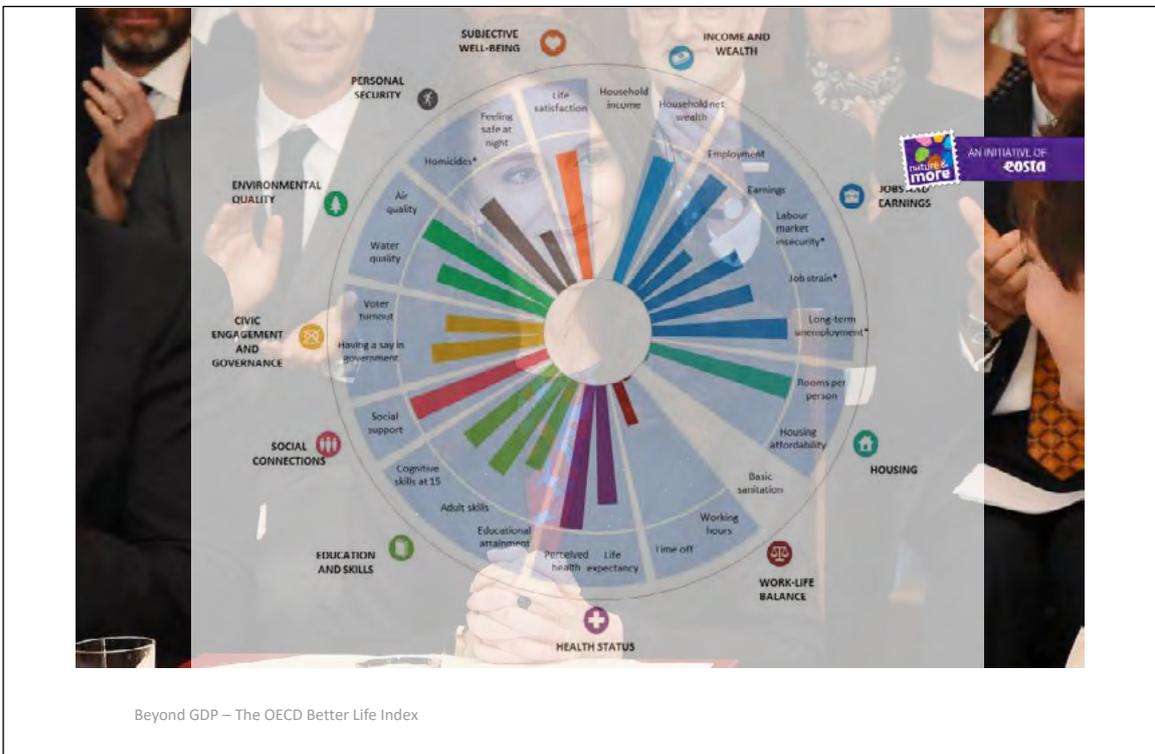
www.julius-kuehn.de

Bio ist nicht zu teuer, Konventionell ist zu billig! – Der wahre Preis von Lebensmitteln









Beyond GDP – The OECD Better Life Index

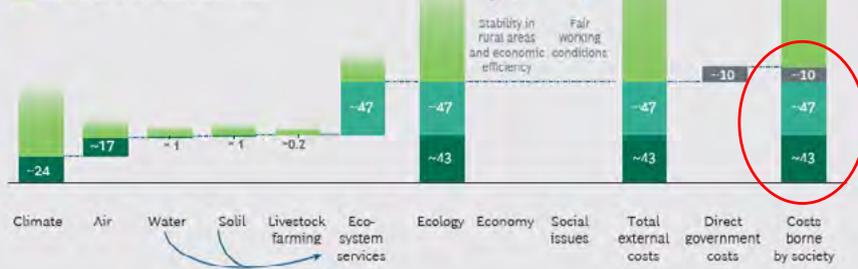




FIGURE 4 | German agriculture with costs borne by society

Annual costs in billions of euros

- External costs, ecology (excl. ecosystem services)
- External costs, ecosystem services
- Direct government costs
- Estimation of non-quantifiable costs



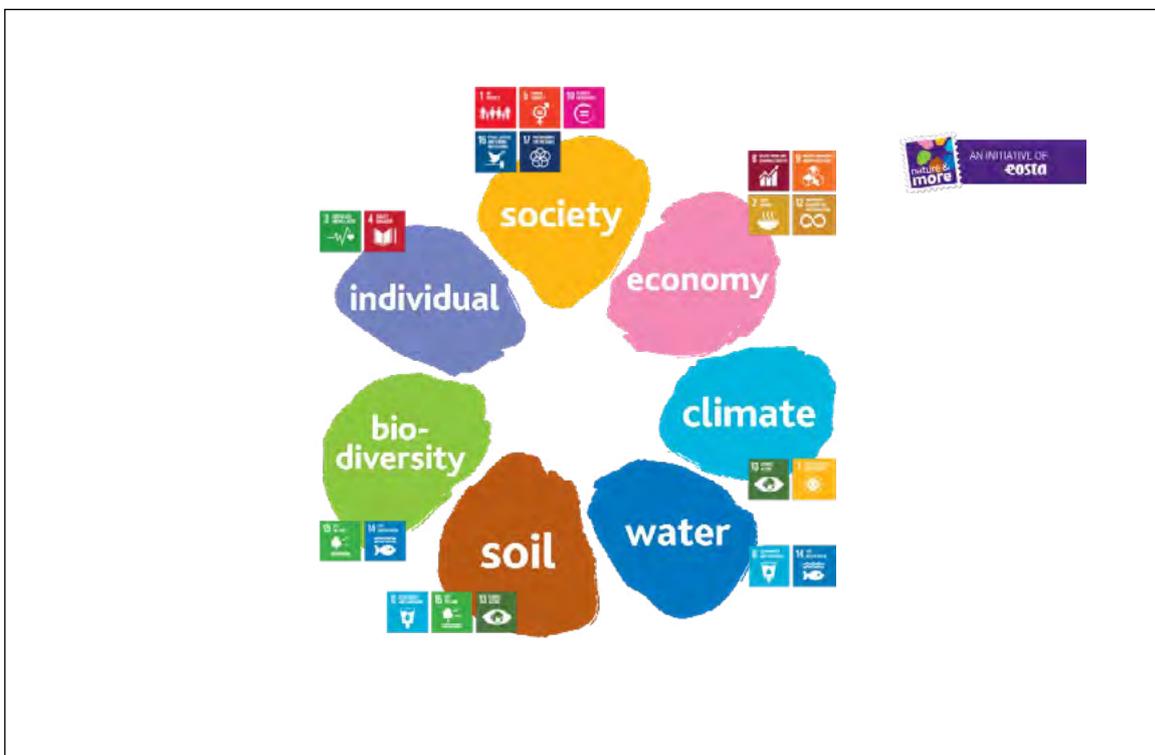
Costs arising from the loss of ecosystem services in water and soil are included in the ecosystem services category as a whole

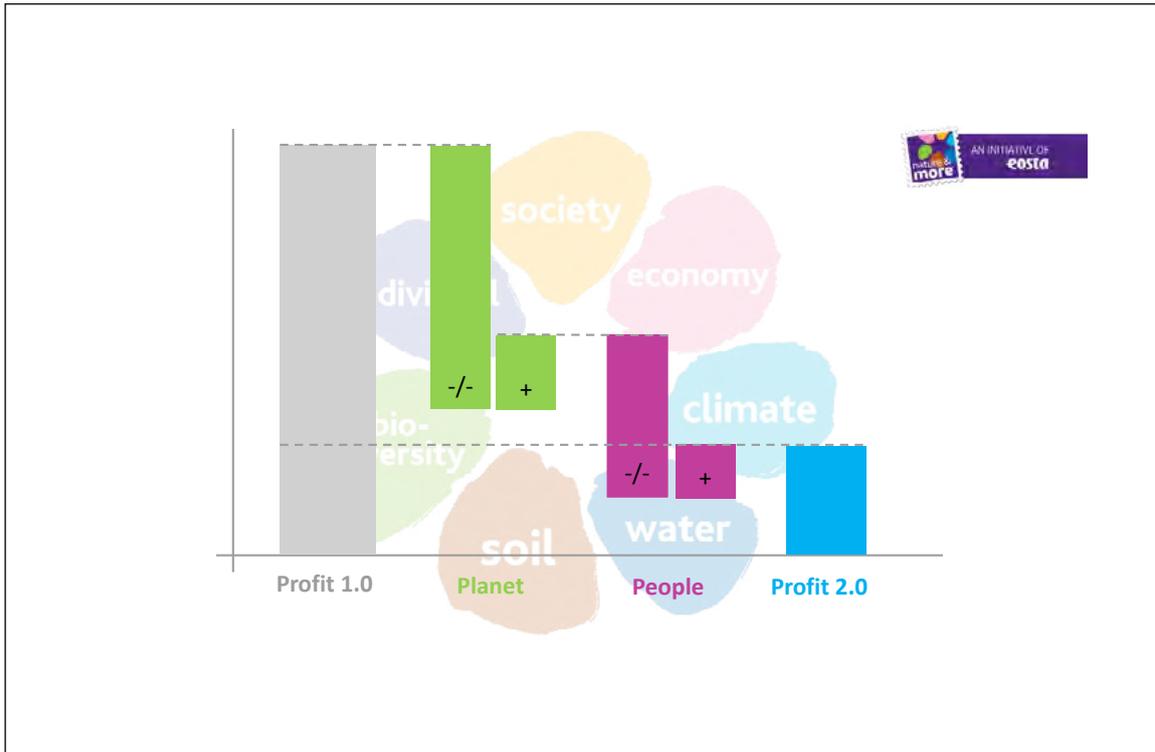
Source: BCG



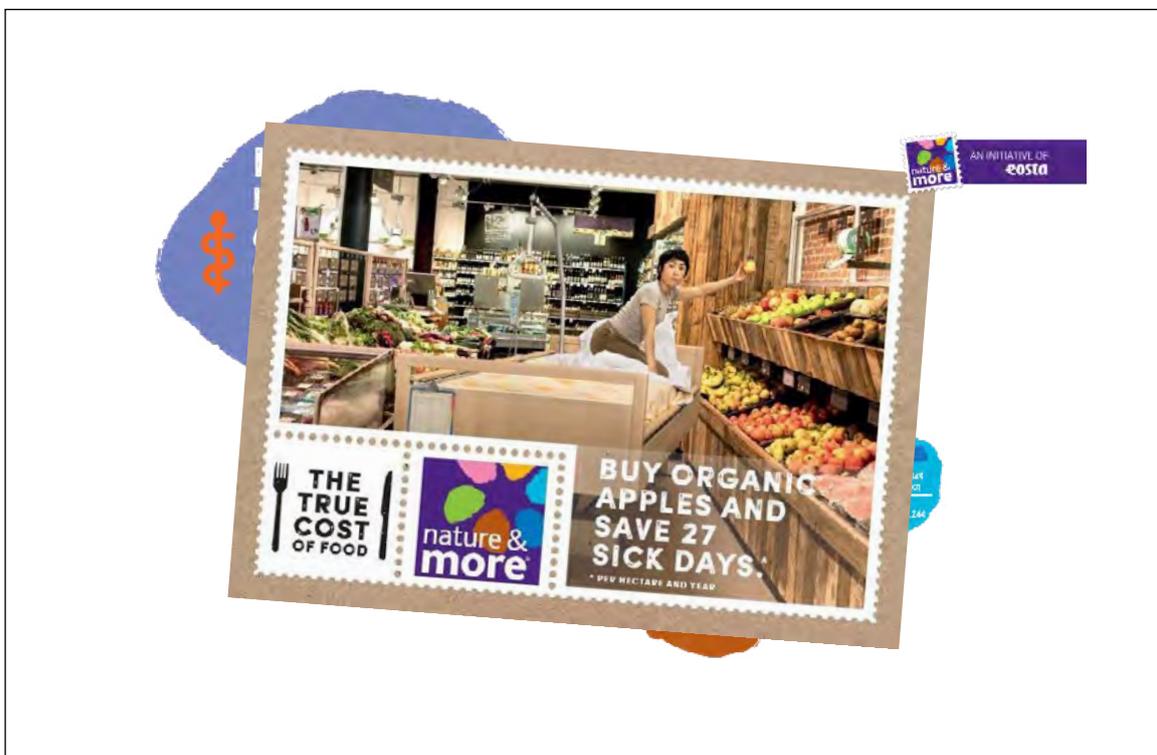
<p>1264619</p> <p>MÜHLENHOF Hackfleisch gemischt</p> <p>500 g</p>	<p>Verkaufspreis</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">2.79</p> <p>1 kg = 5.58</p>	<p>Wahre Kosten</p> <p>Verkaufspreis</p> <p>+ 4.83 versteckte Zusatzkosten</p> <p>Weitere Infos findest du an Station 12.</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">7.62</p> <p>1 kg = 15.25</p>
--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

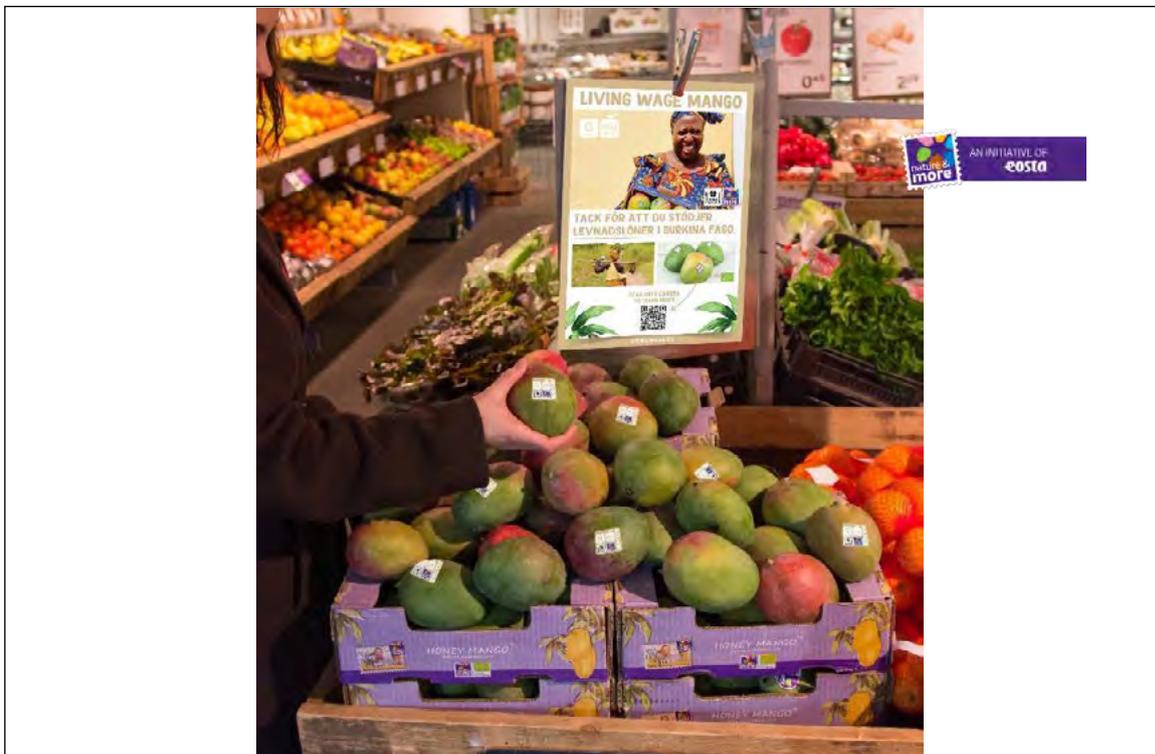
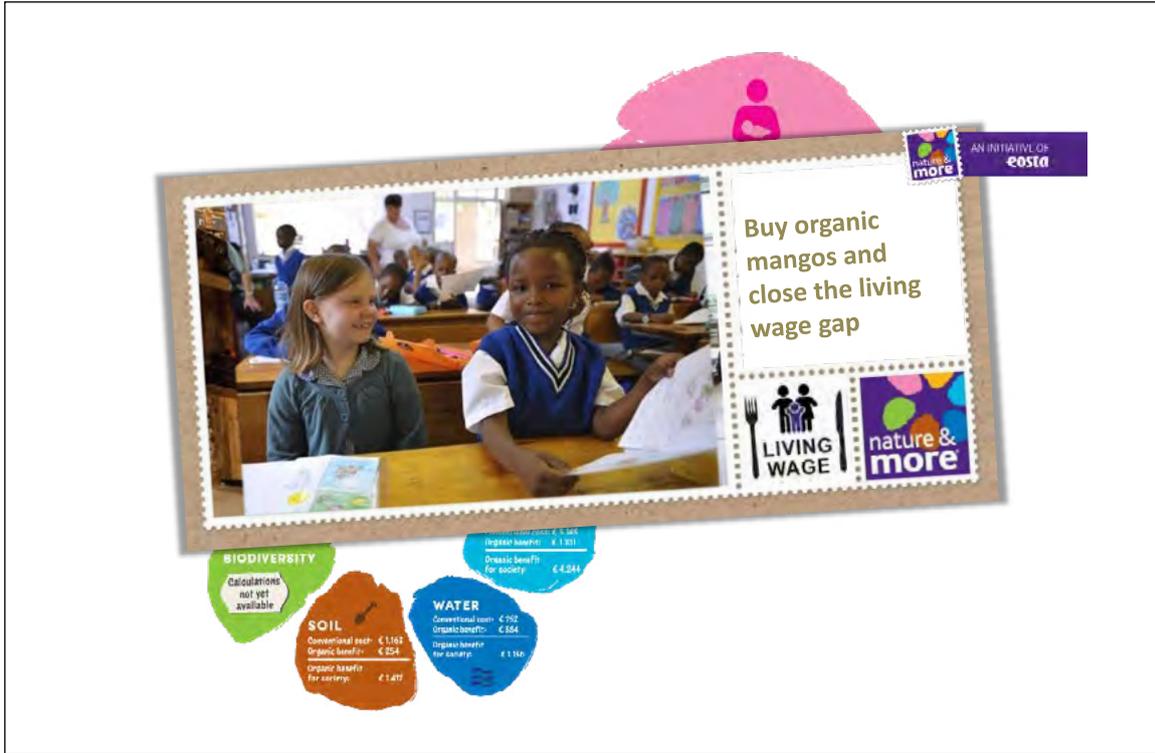


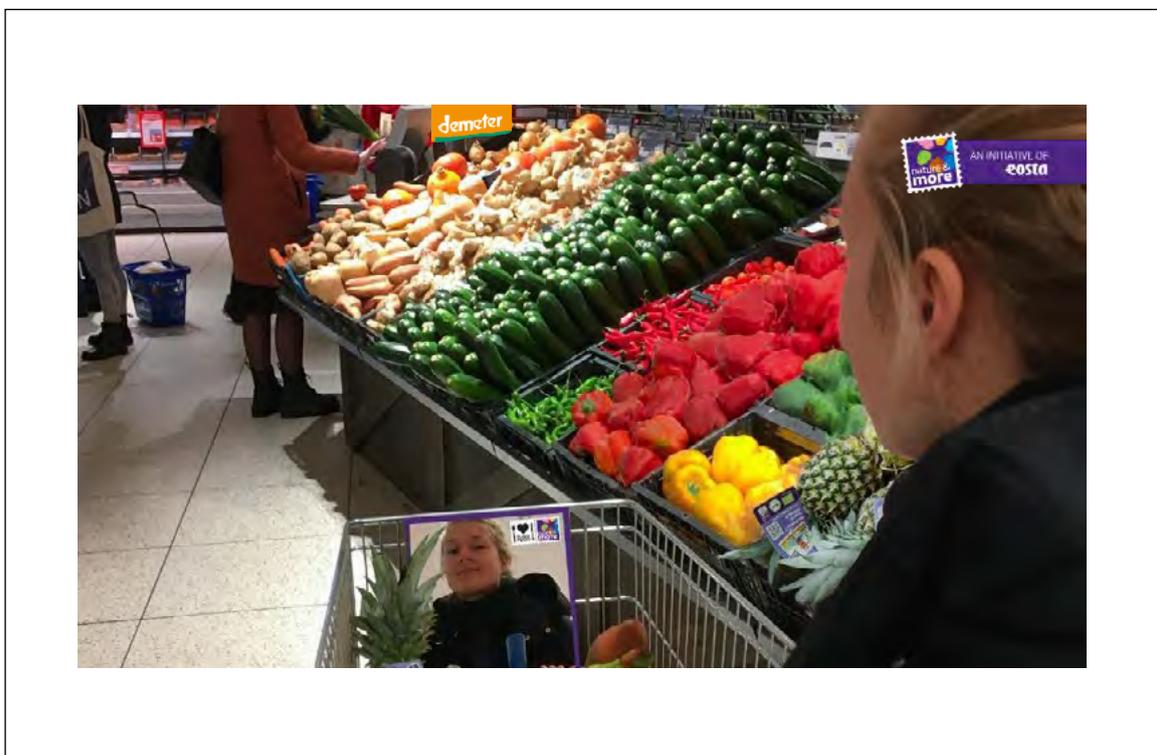
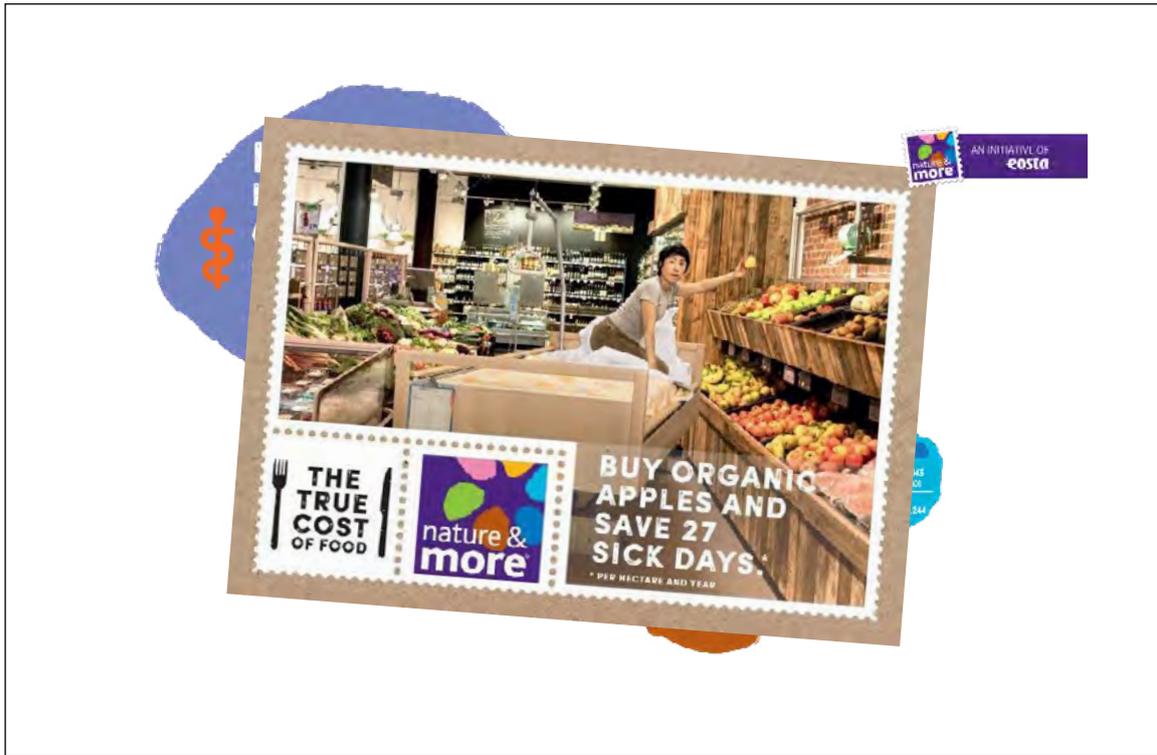














Why poison yourself
Go Organic

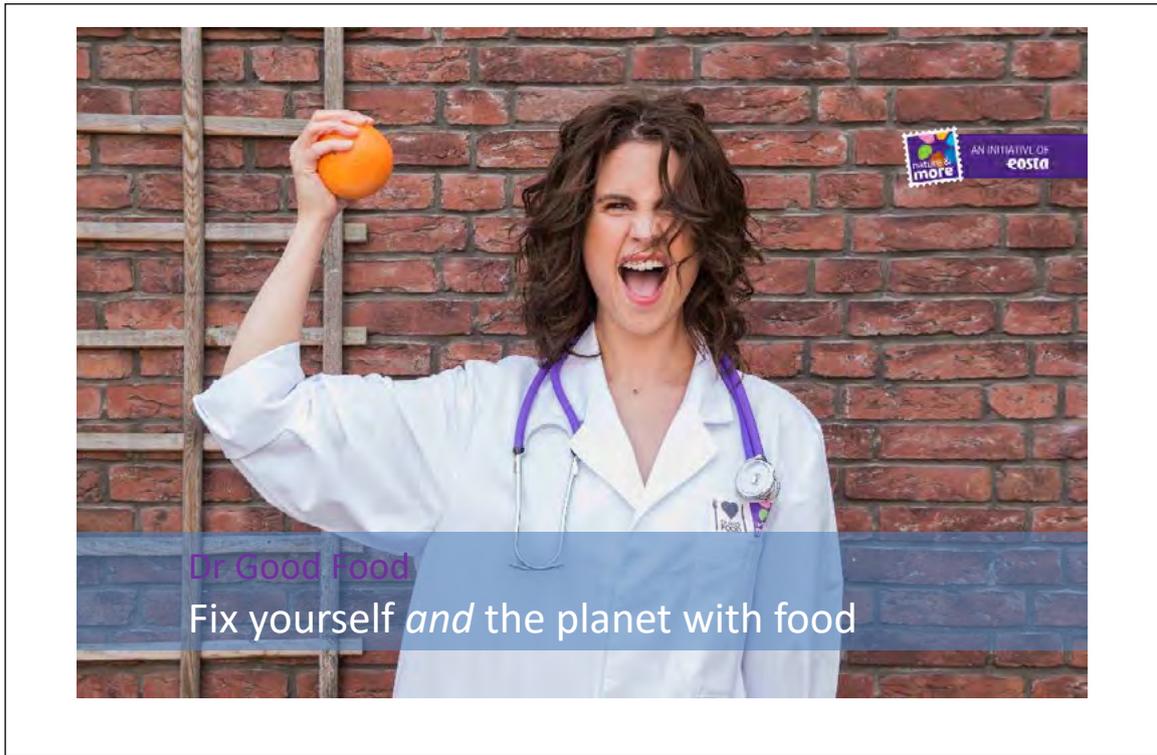
nature & more AN INITIATIVE OF eosta

DR. GOODFOOD'S

FIX YOURSELF WITH FOOD

The Dutch physician Anna Kruyswijk shows you how to improve your health with food. Let's cook!

HOME FOODFIXES DR. GOODFOOD COALITION Follow on



Acker trägt Bäume – Etablierung eines diversen Agroforstsystems für Praxis und Forschung

EVA-MARIA L. MINARSCH, SUZANNE R. JACOBS, PHILIPP KRAFT, LUTZ BREUER,
ANDREAS GATTINGER, PHILIPP WECKENBROCK

Gewinner
Posterwettbewerb

Bodenerosion, Trockenperioden, Nährstoffauswaschung sowie ein stetiger Verlust an Biodiversität sind Herausforderungen denen sich die Landwirtschaft in zunehmendem Maß zu stellen hat. Mit ihren weitreichenden Ökosystemdienstleistungen bergen Agroforstsysteme ein großes Potenzial diesen Herausforderungen entgegenzuwirken. Die mehrjährige Vegetation und Strukturierung der Fläche durch Agroforstelemente wirken sich nachweislich positiv auf das Mikroklima, die Bodenerosion und die Wasserverfügbarkeit des Bodens sowie auf die Biodiversität der Flora, Fauna und Fungi aus (Basche und DeLonge 2019, Torralba et al. 2016, Udawatta et al. 2019).

Im Rahmen des Projekts „Agroforstsysteme Hessen“ wurde auf dem Gladbacherhof, einem Lehr- und Versuchsbetrieb der Justus-Liebig-Universität Gießen, im Februar 2020 ein diverses silvoarables Agroforstsystem auf einem 3,5 ha großen, erosionsgefährdeten Ackerschlag etabliert (Abb. 1). In sechs jeweils 3 m breiten Baumreihen wurden insgesamt etwa 800 Wertholzbäume, Obstbäume, Pappeln und Sträucher gepflanzt. Bei der Auswahl der Baumarten stand die Nutzung und Verwertung der Baumbiomasse (als Wertholz bzw. als Hackschnitzel für Mulch, Kompostierung, Pflanzenkohle oder Einstreu) und Früchte (für Saft für Mensen der Universität) neben den anvisierten Ökosystemdienstleistungen im Vordergrund. Als Untersaat bzw. Pufferstreifen zur Ackerkultur wurde ein Leguminosen-Gras-Gemenge gesät. Die 18 m breiten Ackerstreifen zwischen den Baumreihen werden im Rahmen einer 8-jährigen Fruchtfolge ökologisch bewirtschaftet. Das silvoarable Agroforstsystem wird als Langzeitversuch wissenschaftlich begleitet und dient als Praxisbeispiel unter



Abb. 1: Diverses silvoarables Agroforstsystem auf dem Gladbacherhof der Justus-Liebig-Universität Gießen in Mittelhessen im November 2020 mit Winterweizen als Ackerkultur (© Minarsch)

anderem für interessierte Landwirtinnen und Landwirte. Die wissenschaftliche Begleitforschung umfasst weitreichende Untersuchungen von Managementfaktoren und ökologischen Leistungen: von Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit und Wasserverfügbarkeit bis hin zu agronomischen Leistungen sowie die Entwicklung von Empfehlungen zur Agrarförderung von Agroforstsystemen.

In diesem Beitrag wird das Design des Agroforstsystems sowie der Begleitforschung vorgestellt. Dazu berichten wir über unsere ersten Erfahrungen bei der Planung und Anlage des Agroforstsystems sowie über die Ergebnisse aus einer umfangreichen Inventurbeprobung der Fläche mittels Rammkernsondierung und Wasserinfiltrationsmessungen.

Literatur

- Basche A. D.; DeLonge, M. S. (2019): Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis, PLOS ONE 14, e0215702, doi:10.1371/journal.pone.0215702
- Torralba, M.; Fagerholm, N.; Burgess, P. J.; Moreno, G.; Plieninger, T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 230, pp. 150–161, doi:10.1016/j.agee.2016.06.002
- Udawatta, R. P.; Rankoth, L. M.; Jose, S. (2019): Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability* 11, p. 2879, doi:10.3390/su11102879

Innovative Lehr- und Lernformate für neue Ackerbausysteme – dreijährige Erfahrungen aus dem Reallabor „Ackerbaum“

ANNA HELENA BROSE, BERNADETTE GUNDLACH, JUDITH SCHUBERT, LEA GERSTER,
LEA MARTETSCHLÄGER, RALF BLOCH, TOBIAS CREMER

1 Zukunftsfähige Landwirtschaft mit Agroforstsystemen

Als klimaangepasstes und biodiversitätsförderndes Anbausystem findet das Konzept moderner Agroforstsysteme international zunehmend Anerkennung. Agroforst bezeichnet die kombinierte Nutzung landwirtschaftlicher Kulturen bzw. Tierhaltung mit der Anpflanzung von Gehölzen auf einer Fläche (Nair 1993). Aus ackerbaulicher Sicht sind als positive Wechselwirkungen dieser Systeme unter anderem verbesserte Nährstoffmobilisation aus tieferen Bodenschichten, Humusaufbau und der Schutz vor Wind- und Wassererosion zu nennen (Bender et al. 2009).

Brandenburg zählt durch die geringen Jahresniederschläge und die vielerorts sandigen Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit zu den von Klimaveränderungen besonders beeinflussten Regionen Deutschlands (Bartsch et al. 2013). Um die Praktikabilität von Agroforstsystemen vor Ort im brandenburgischen Löwenberger Land zu ergründen, wurde 2017 von der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde das Projekt Ackerbau(m) gegründet.

2 Einführung in die Praxis durch innovative Lehr- und Lernformate

Die praktische Etablierung von Agroforstsystemen erfordert in der Lehre und Forschung einen neuen, systemischen Ansatz. Organisiert als „Innovative Lehr- und Lernform – Ackerbau(m)“ (ILL) soll die Transformation auf pädagogischer, anbaupraktischer und gesellschaftlicher Ebene gelingen. Grundlage hierfür ist der „Reallabor-Ansatz“ (Defila und Di Giulio 2018), welcher eine transdisziplinäre Umsetzung ermöglicht. Die ILL wird jedes Semester von ca. 30 Studierenden selbstorganisiert gestaltet und weitergeführt.

Auf einem 5 ha großen Praxisschlag (25–35 Bodenpunkte) wurden 342 Werthölzer, unter anderem der Sorten Baumhasel (*Corylus colurna*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und Roteiche (*Quercus rubra*), mit einem Reihenabstand von 38 Metern gepflanzt. Ferner wurde eine Windschutzhecke mit 330 Sträuchern angelegt. Auf einer benachbarten Fläche wurden im vergangenen Jahr Weidenstreifen gepflanzt, deren Biomasse in ein bis drei Jahren als Frischzweighäcksel für den Humusaufbau auf die Ackerfläche gebracht werden soll.

Die studentischen Arbeiten stellten trotz der Dürrejahre 2018 und 2019 eine Überlebensrate der Werthölzer von 72 % fest (Albrecht et al. 2020). Mit dem Auftreten von Rotmilan (*Milvus milvus*) und Sprosser (*Luscinia luscinia*), die von dem Schutz- und Nahrungshabitat der Bäume profitieren, ist eine Steigerung der Biodiversität zu erkennen. An der Windschutzhecke sowie den Werthölzern wurden Fraßschäden von Dam- und Rehwild festgestellt, weshalb nun eine Umzäunung der gesamten Fläche geplant ist. Es wird außerdem an einem angepassten Konzept der Beikrautregulierung gearbeitet, da in den noch lichten Baumreihen der Beikrautdruck vor allem durch die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) steigt und dadurch auch die Ackerkulturen negativ beeinflusst werden (Hemmo und Macher 2020).

Die Analyse und Datenerfassung erfolgt in Zusammenarbeit mit dem BMBF-Projekt DAKIS (Digital Agricultural Knowledge and Information Systems). Auf der Fläche werden mithilfe von Echtzeit-Messstationen punktspezifische Eigenschaften des Bodens, sowie Informationen zu Temperatur, Niederschlägen und Luftfeuchtigkeit aufgenommen (DAKIS 2020).

3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Seit drei Jahren wird daran gearbeitet, ein praxisnahes Agroforstsystem umzusetzen. Damit steht das Langzeitprojekt Ackerbau(m) noch am Anfang, doch schon jetzt konnte eine Biodiversitätssteigerung festgestellt werden. Das Modellprojekt mit seinem innovativen Lehr- und Forschungsansatz soll einen vielfältigen Lernort schaffen, und bei Praktikerinnen als auch außerhalb des Fachpublikums das Verständnis für Agroforst steigern. Es zeigt, dass eine standortangepasste Umsetzung vielseitige Möglichkeiten bietet, Agrarökosysteme und die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern.

Literatur

- Albrecht, E.; Gorißen, A.; Güntheroth, T.; Karrer, L.; Mittendorf, L. (2020): Projektbericht ILL Agroforst – Modellprojekt in Brandenburg. Gruppe: Pflanzengesundheit und Pflege. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Bartsch, R.; Schleier, C.; Schultz-Sternberg, R.; Ritschel, J. (2013): Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die brandenburgischen Böden – Expertengespräch und Literaturrecherche. http://archiv-forstwesen-landschaftsoekologie.de/images/fachbeitraege/2013/archiv-forstwesen-landschaftsoekologie_fb201304_bartsch_schleier_schultzsternberg_ritschel.pdf, Zugriff am 08.01.2021
- Bender, B.; Chalmin, A.; Reeg, T.; Konold, W.; Mastel, K. und H. Spiecker (2009): Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern. Leitfaden für die Praxis. Online verfügbar unter: <https://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/agroforstsysteme.pdf>, Zugriff am 08.01.2021
- DAKIS (2020): Zweite Bodenkartierungskampagne auf dem Agroforst-Experimentierfeld in Großmutz. Online verfügbar unter: <https://adz-dakis.com/zweite-bodenkartierungskampagne-auf-dem-agroforst-experimentierfeld-in-grossmutz/>, Zugriff am 10.01.2021
- Defila, R.; Di Giulio, A (2018): Transdisziplinär und transformativ forschen. Eine Methodensammlung. Wiesbaden: Springer VS
- Hemmo, K.; Macher, N (2020): Wildschäden. ILL Agroforst, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Nair, P.K. Ramachandran (1993): An Introduction to Agroforestry. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Ergebnisse aus dem Agroforstsystem Dornburg

MAXIMILIAN WEBER, ANDREA BIERTÜMPFEL, TORSTEN GRAF, CAROLIN RUDOLF

1 Einleitung

Die Integration von streifenförmigen Kurzumtriebsplantagen in Ackerflächen als produktiver Wind- und Erosionsschutz bietet insbesondere für Mitteldeutschland eine Möglichkeit, die Qualität der hochproduktiven Ackerstandorte für die Zukunft zu erhalten und den vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen. Sie können außerdem ein wertvoller Rückzugsort für Niederwild, Brutvögel sowie Insekten sein und somit die ökologische Artenvielfalt erhöhen. Zusätzlich tragen sie in aufgeräumten Landschaften zur Verbesserung der Struktur und Ästhetik dieser bei.

2 Methodik

In Dornburg wurde im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsvorhaben des Freistaats Thüringen im Frühjahr 2007 auf einer Fläche von etwa 51 ha ein Agroforstsystem (AFS) mit sieben Energieholzstreifen angelegt. Diese bestehen hauptsächlich aus Pappeln „Max 1, 3, 4“ und nehmen etwa 10 % der Fläche ein. Ein Teil der Streifen ist mit 10.000 Bäumen/ha für einen 4-jährigen Umtrieb und ein weiterer mit 2.222 Bäumen/ha für einen 8-jährigen Umtrieb konzipiert. Die dazwischenliegenden Ackerstreifen sind 48, 96 bzw. 144 m breit und werden in einer Fruchtfolge bewirtschaftet: Sommergerste – Sommergerste – Winterraps – Winterweizen.

Während der bisherigen Laufzeit wurden auf der gesamten Ackerfläche sowie in definierten Teilbereichen in unterschiedlichen Abständen vom Energieholzstreifen und mit verschiedenen Düngewarianten die Erträge und Qualitäten der jeweiligen Ackerkultur erfasst und bewertet. Gleichzeitig erfolgten kontinuierliche Messungen der jährlichen Zuwachsraten der Pappeln, die bisher im kurzen Umtrieb dreimal und im mittleren Umtrieb einmal zur Ernte kamen. Seit 2019 werden jährlich Bodenproben zur Analyse der Mikronährstoffe auf dem AFS sowie auf der Referenzfläche (RF) gezogen. 2013 und 2014 wurden Untersuchungen zum Vorhandensein von Brutvogel- und Tagfalterarten vorgenommen.

3 Ergebnisse

Die Erträge der Kulturen in den Versuchspartellen lagen im AFS in den vergangenen Jahren meist leicht unter denen der RF. Die ermittelten Erträge des Gesamtschlages durch das TLPVG mit Praxismähdreschern zeigten jedoch höhere Erträge auf dem Agroforstsystem. Die Erträge und Qualitäten des Erntegutes veränderten sich in unterschiedlichen Abständen zu den Gehölzstreifen.

Bei den Messungen der Zuwachsraten der Pappeln im kurzen Umtrieb nach der dritten Ernte Februar 2019 betrug im Mittel die Wuchshöhe 3,65 m (2019: 2,29 m), die Triebanzahl 4,13 (2019: 5,08) und der Brusthöhendurchmesser 1,54 cm (2019: 1,13 cm). Zu beobachten ist ein Rückgang

der Triebzahl und eine Zunahme von Wuchshöhe und Brusthöhendurchmesser. Pappeln bilden mit zunehmenden Alter kleinere sowie schwächere Triebe zurück und konzentrieren sich vermehrt auf stärkere Triebe. Die Pappelstreifen im mittleren Umtrieb, welche zuletzt im Winter 2014/2015 geerntet wurden, erreichten im Herbst 2020 im Mittel eine Wuchshöhe von 8,31 m.

Die Versorgung mit Mikronährstoffen lag auf der AFS- sowie RF-Fläche fast immer in der Gehaltsstufe C oder E. In der Tendenz wies das Agroforstsystem höhere Werte auf.

Bei Untersuchungen der Begleitfauna konnten innerhalb von 2 Jahren 43 Vogel- und 21 Tagfalterarten im Agroforstsystem festgestellt werden.

4 Fazit

Das Agroforstsystem zeigt eine positive Wirkung hinsichtlich einer nachhaltigeren Bewirtschaftung, insbesondere in Zeiten des Klimawandels. Deutliche Reduzierungen von Windgeschwindigkeiten durch die Gehölzstreifen erwirken weniger Erosion. Auch wenn die Erträge der Ackerkulturen leicht geringer ausfallen, können die Gehölzstreifen dies durch ihre schützende Wirkung als wichtigen Umweltschutzfaktor für die nächsten Generationen wieder ausgleichen. Agroforstsysteme können weiterhin für eine hochqualitative Nahrungsversorgung und eine Erhöhung der Biodiversität einen wichtigen Beitrag leisten.

PestiFreeWheat – die großflächige Etablierung eines pflanzenschutzmittelfreien Weizen-Anbausystems in der Schweiz

NIKLAS MÖHRING, ROBERT FINGER

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind ein wichtiger Input für die landwirtschaftliche Produktion (Savary et al. 2019). Es wurden jedoch wiederholt negative Auswirkungen von PSM auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgestellt (Geiger et al. 2010, Larsen et al. 2017). Die Verringerung dieser Risiken ist daher eine wichtige Herausforderung für alle Akteure der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. In allen Ländern der EU und der Schweiz wurden nationale Aktionspläne zur Reduktion von Risiken eingeführt – dort formulierte Ziele wurden weiter in der „From Farm to Fork“-Strategie der EU gestärkt. Auch private Initiativen spielen eine wichtige Rolle. In der Schweiz werden etwa 50 % des Brotgetreides im Rahmen des Extenso-Programms produziert. Der Einsatz von PSM ist dort auf Herbizide und Saatgutbehandlungen beschränkt.

2019/20 hat IP-Suisse nun einen Produktionsstandard eingeführt, in welchem die Landwirte komplett auf den Einsatz von chemisch-synthetischen PSM verzichten. Der Einsatz von synthetischen Düngemitteln im Weizenanbau und von PSM in der restlichen Fruchtfolge bleibt aber erlaubt. Ertragseinbußen sind daher wesentlich geringer als im Biolandbau. Anreize für eine Teilnahme in diesem Programm basieren auf höheren Direktzahlungen des Bundes und einer erhöhten markt-basierten Entschädigung im Vergleich zum Extenso-Weizen.

Zusätzlich zu der räumlich expliziten Analyse der Kosten des PSM-Verzichts (Böcker et al. 2019) analysieren wir nun Determinanten und Herausforderungen einer großflächigen Etablierung des Programmes in der Schweiz. Wir haben dazu eine Umfrage mit allen Extenso-Weizenproduzenten in der Schweiz durchgeführt (4749 Landwirte, Antwortquote 23,3 %) und diese für unsere Analyse mit Informationen über historische Erträge, Bodeneigenschaften, Klima, Unkrautdruck und Resistenzen kombiniert.

Wir finden, dass 58 % der Landwirte bereits im ersten Jahr der Einführung des Programmes teilnehmen (wollen). Eine höhere Wahrscheinlichkeit der Teilnahme besteht, wenn Landwirte eine positive Umweltwirkung des Programmes sowie geringe zusätzliche Ertragsverluste und Produktionsrisiken erwarten. Als mögliche Teilnahmhindernisse finden wir die Verfügbarkeit von Maschinen für die mechanische Unkrautbekämpfung, Investitionsrisiken und die Substitution von Herbiziden bei schonender Bodenbearbeitung. Wir finden außerdem, dass strukturelle Charakteristika, wie Betriebstyp und Region die Teilnahmeentscheidung nicht beeinflussen.

Wir schlussfolgern, dass die großflächige Etablierung eines PSM-freien Weizen-Anbausystems in der Schweiz möglich ist. Die Erwartungen der Landwirte hinsichtlich des Programmes sowie die Möglichkeiten der Substitution von Herbiziden sind essenziell für eine großflächige Etablierung. Die Kommunikation positiver Umweltwirkungen des Programmes kann dabei besonders zu einer höheren Attraktivität für Landwirte beitragen. Zudem braucht es Daten und Informationen über mögliche Ertragsverluste und Produktionsrisiken sowie eine Förderung von Investitionen in Maschinen zur mechanischen Unkrautbekämpfung. Die Anreizstruktur im Programm, aus Direktzahlungen und einem markt-basierten Preisaufschlag, führt zu einer hohen Attraktivität des Programmes über Betriebstypen und Regionen hinweg.

Das Projekt trägt dazu bei, die Möglichkeiten der Einführung groß angelegter, freiwilliger Produktionsstandards für einen reduzierten Einsatz von PSM in der Landwirtschaft zu beurteilen.

Literatur

- Böcker, T. et al. (2019): Herbicide free agriculture? A bio-economic modelling application to Swiss wheat production. *Agric. Syst.* 173
- Geiger, F. et al. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl Ecol* 11(2)
- Larsen, A. E. et al. (2017): Agricultural pesticide use and adverse birth outcomes in the San Joaquin Valley of California. *Nat. Commun.* 8(1)
- Savary, S. et al. (2019): The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nat. Ecol. Evol.* 3(3)

Mit kleinskaliger Bewirtschaftung zu einer nachhaltigen Landwirtschaft: Spot Farming

JOHANNA SCHRÖDER, DIETER VON HÖRSTEN, JENS KARL WEGENER

1 Einleitung

Der Klimawandel stellt die Landwirtschaft vor große Herausforderungen: Änderungen in der jährlichen Temperatur- und Niederschlagsverteilung, Starkregenereignisse und Hitzesommer sind bereits spürbare Folgen, die eine Anpassung der Ackerbausysteme an diese Veränderungen notwendig erscheinen lassen. Gleichzeitig fordert eine stetig wachsende Weltbevölkerung eine Sicherstellung der Nahrungsmittelversorgung bei gleichzeitigem gesellschaftlichen Verlangen nach einer nachhaltigen und klimaschützenden Landwirtschaft und dem Erhalt der biologischen Vielfalt.

Ein Lösungsansatz dieser vielfältigen Herausforderungen stellt das Spot Farming dar. Dabei sollen die oft durch Heterogenität geprägten Schläge in homogene Bereiche („Spots“) unterteilt werden (Wegener et al. 2019). Anders als derzeit üblich soll im Spot Farming kein großflächiger Anbau weniger Kulturarten, sondern ein Anbau diverser Fruchtfolgen innerhalb des Ackers erfolgen. Dabei sollen die einzelnen Spots mittels standortangepasster Fruchtfolgen und unter Berücksichtigung alternativer Pflanzenbausysteme bewirtschaftet werden. Durch Variationen in den Reihenabständen und den Aussaatmustern sowie dem Anbau alternativer Pflanzensorten sollen die Standortansprüche der Pflanzen optimal erfüllt werden. Zusätzlich fördert der Anbau verschiedener Fruchtfolgen und die Integration von ökologischen Strukturelementen die biologische Vielfalt.

Da die Bewirtschaftung der kleinflächigen Fruchtfolgen mit der modernen Agrartechnik kaum umsetzbar ist, zeigt die Integration kleiner und autonomer Feldroboter hier neue Möglichkeiten auf, sodass eine kleinräumige, standortangepasste Bewirtschaftung erfolgen kann.

2 Wie wird Spot Farming umgesetzt?

Im Rahmen des Projektes „Zukunftslabor Agrar“ wird dieser Ansatz intensiv untersucht. Am Beispiel dreier Flächen, die in verschiedenen Regionen Niedersachsens gelegen sind, soll zunächst eine Einteilung der einzelnen Flächen in homogene Spots auf Grundlage von Geodaten erfolgen. Bei der Auswertung werden verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Datengrundlagen evaluiert. Hierbei sollen unter Betrachtung verschiedener Szenarien die Ansprüche an die Eingangsdaten hinsichtlich Abundanz, Auflösung und Skalierung quantifiziert werden: Welche Daten sind zwingend erforderlich und welche können optional unter Wahrung der Praxistauglichkeit als Zusatzinformationen dienen?

Für die untersuchten Beispielflächen wird eine theoretische Bewirtschaftung der Spots geplant, bei der alternative Pflanzenbausysteme berücksichtigt werden. Abbildung 1 zeigt eine Einteilung und mögliche Spot-Farming-Bewirtschaftung für eine der Beispielflächen mit einer Gesamtgröße von 34 ha. In den Spots erfolgt ein Anbau unterschiedlicher Fruchtfolgen, angepasst an die vorliegenden Bodeneigenschaften und die einfallende Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit der Flächenexposition, sodass die Standortansprüche der Pflanzen optimal erfüllt werden. Zum Erosionsschutz

werden in gefährdeten Bereichen Dauerkulturen mit Bodenbedeckung angebaut. Weiterhin trägt die Integration von Blühwiesen und ökologischen Strukturelementen zur Steigerung der biologischen Vielfalt bei.

Ein weiterer Bestandteil des Konzeptes ist die Berechnung und Darstellung auf Simulationsebene, die durch das Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig durchgeführt wird. Interaktionen innerhalb des Feldes, wie z.B. die Ausbreitung von Unkräutern durch die vielfältige Bewirtschaftung der Spots, sollen ermittelt werden.

Das Spot Farming soll ein Zukunftswerkzeug zur Bewältigung der kommenden Herausforderungen des Klimawandels sein, indem ein neues Konzept zur kleinräumigen, ressourcenschonenden und gleichzeitig nachhaltigen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen entwickelt wird.

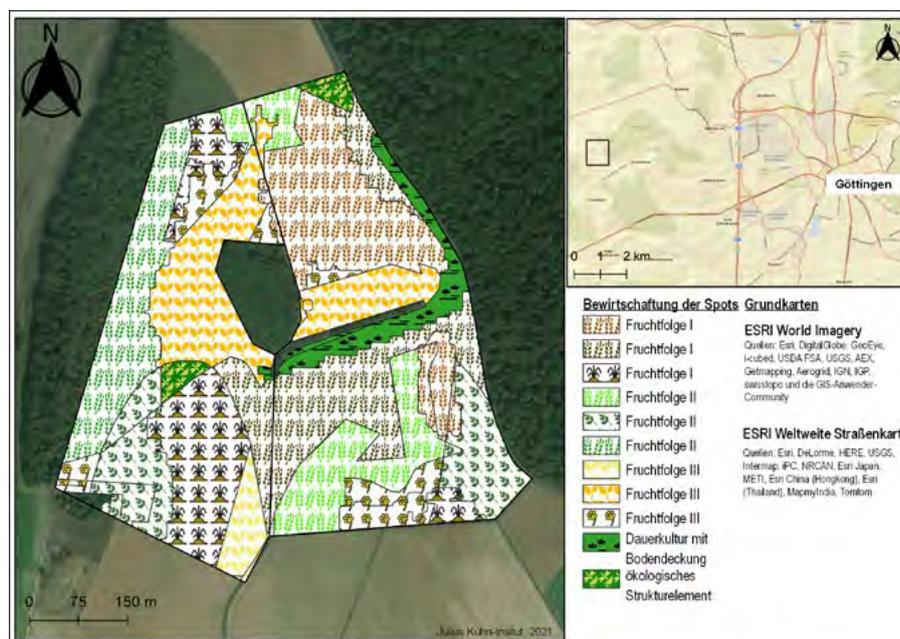


Abb. 1: Einteilung und Bewirtschaftung der homogenen Spots für eine der Beispielflächen nahe Göttingen. Die Einteilung der Spots erfolgte auf Datengrundlage der Bodenschätzungskarte (Maßstab 1:5.000 (LBEG 2020a)), der Bodenkarte (Maßstab 1:50.000 (LBEG 2020b)), des Digitalen Geländemodells (10-m-Raster (BKG 2019)) und einer Karte des Oberflächenabflussrisikos zum nächsten Gewässer (Geoinformationsdienst (GID) und Bayer Agrar Deutschland 2020). (© Julius Kühn-Institut)

Literatur und Daten

BKG (2019): Geobasisdaten - Digitales Geländemodell (DGM10): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.
<http://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-gelaendemodell-gitterweite-10-m-dgm10.html>,
Zugriff am 22.02.2021

Geoinformationsdienst (GID); Bayer Agrar Deutschland (2020): Gewässerschutzberater. Rosdorf

LBEG (2020a): Bodenschätzungskarte von Niedersachsen im Maßstab 1:5.000 (BS5). Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie, und Geologie. https://www.lbeg.niedersachsen.de/karten_daten_publicationen/karten_daten/boden/bodenkarten/bodenschaetzungskarte_15000/bodenschaetzungskarte-von-niedersachsen-im-mastab-1--5-000-bs5-681.html, Zugriff am 22.02.2021

LBEG (2020b): Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1:50.000 (BK50). Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie, und Geologie. https://www.lbeg.niedersachsen.de/karten_daten_publicationen/karten_daten/boden/bodenkarten/bodenkarte_150000/bodenkarte-1-50-000-bk50-655.html,
Zugriff am 22.02.2021

Esri: "World Imagery" [Grundkarte]. Maßstab: Keine Angabe. „Weltweite Satellitenkarte“. 21.01.2021.
<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>, Zugriff am 22.02.2021

Simulationsumgebung zur Abbildung und Bewertung technischer Konzepte in neuen Pflanzenbausystemen am Beispiel des Spot Farming

LENNART TRÖSKEN, JAN SCHATTENBERG, LUDGER FRERICHS

Ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Herausforderungen rücken die Notwendigkeit einer nachhaltigen Produktions- und Effizienzsteigerung sowie eine Neuorientierung der bisherigen ertragsorientierten Pflanzenproduktion stärker in den Fokus. Mit dem Spot Farming stellt das Julius Kühn-Institut (JKI) ein Pflanzenbausystem vor, in dem es darum geht, mit weniger Ressourcen mehr Ertrag zu erzielen und gleichzeitig Systemdienstleistungen der Landwirtschaft wie Biodiversität oder Vernetzung von Biotopen zu stärken (Wegener et al. 2019). Der Ansatz verfolgt das Ziel, die Grundansprüche der Pflanzen bestmöglich zu erfüllen. Dazu werden auf der grundlegenden Annahme von heterogenen Produktionsstandorten die Ackerschläge in Bereiche mit weitgehend gleichen Eigenschaften z. B. hinsichtlich der Bodenverhältnisse oder der Topografie eingeteilt, um diese einzelnen Spots standortspezifisch bewirtschaften zu können.

Bei der praxisüblichen ackerbaulichen Nutzung landwirtschaftlicher Flächen ermöglichen es technische Systeme bereits heute, kleinräumige Standortunterschiede für einige Verfahrensschritte zu berücksichtigen. Vorteile dieser teilflächenspezifischen Bearbeitung liegen beispielweise in der bedarfsangepassten Applikation der Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Das Spot Farming geht mit der Absicht, standortangepasste Sorten und Fruchtfolgen zu etablieren sowie einer teilflächenspezifischen Kulturführung, über die bisherige Umsetzung hinaus.

Diese Bewirtschaftungsweise stellt für deren praktische Anwendung zusätzliche, hohe Anforderungen an die Technik. Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen müssen beim Spot Farming permanent und deutlich kleinräumiger erledigt werden. Zudem führt das kleinteilige und unregelmäßige Design der Spots dazu, dass solche Systeme mit heute üblicher Technik nicht zu bewirtschaften sind (Wegener et al. 2019). Stattdessen werden neue technische Ansätze mit autonomen Maschinen vorgeschlagen, die in einem ganzheitlichen Konzept Arbeiten organisieren und dabei Ressourcen, beispielweise Pflanzenschutz- oder Düngemittel, aber auch Energie einsparen. Vielversprechend für die Spotbewirtschaftung scheint dabei eine größere Anzahl an leichten Maschinenkombinationen, die einzelne Aufgaben effizient, kleinräumig und exakt erledigen können. Diese Konzepte stehen weitgehend im Gegensatz zum aktuellen Entwicklungspfad in der Landtechnik. Aus diesem Grund werden durch das Land Niedersachsen im „Zukunftslabor Agrar“ neben weiteren Aspekten der Digitalisierung grundlegende Arbeiten zur Bewertung von Maschinenkonzepten für neue Pflanzenbausysteme gefördert.

Gegenstand der Forschung am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge in Braunschweig ist es, verschiedene Fragestellungen hinsichtlich der Realisierbarkeit, den notwendigen Größen und der Anzahl an Maschinen sowie des Energiebedarfes mithilfe von Modellbildungen und Simulationen zu erörtern und damit verbunden auch den Nutzen der Digitalisierung aufzuzeigen. Zur Simulation und virtuellen Erprobung des Spot Farming wurde damit begonnen, eine bestehende Simulationsumgebung dahingehend zu erweitern, dass Teilbereiche im Feld als Spots abgebildet und daraus resultierende Veränderungen der Arbeitsabläufe in einem Verfahrensmodell simuliert werden können. Eine wesentliche Aufgabe besteht dafür in der detaillierten Modellierung von Feldpolygonen. Mit einer Vielzahl an Feldzellen können wechselnde Eigenschaften im

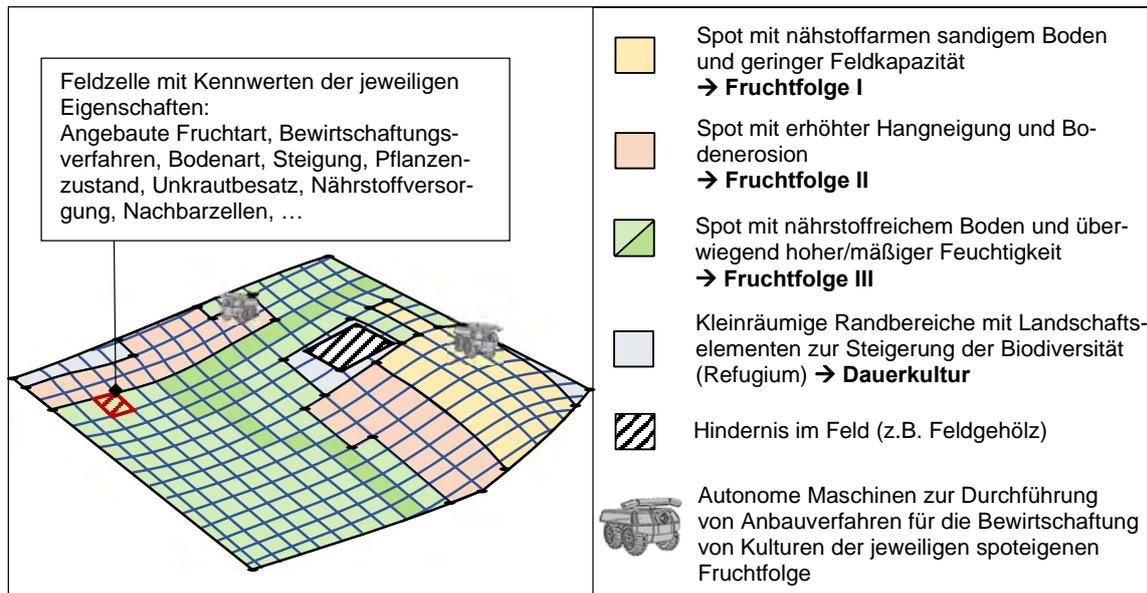


Abb. 1: Feld mit verschiedenen Spots gleicher Eigenschaften und Anbauverfahren. Einteilung der Spots nach Untersuchungen des JKI auf Basis verschiedener Geodaten und pflanzenbaulicher Kenntnisse. Maschinen führen in der Simulation Verfahren zur Bewirtschaftung der Spots und angebauten Kulturen durch.

Schlag sowie einzelne Spots dargestellt werden (Abb. 1). Das rechnergestützte Modell soll eine zeitliche Entwicklung der Spots ermöglichen und Interaktionen mit den Arbeitsgängen der Verfahrensschritte berücksichtigen. So sollen in einem ersten Schritt beispielsweise Auswirkungen unterschiedlicher autonomer Konzepte der Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung von Unkraut- aufkommen und den Einsatz von Betriebsmitteln untersucht werden.

Literatur

Wegener, J. K.; Urso, L.-M.; von Hörsten, D.; Hegewald, H.; Minßen, T.-F.; Schattenberg, J.; Gaus, C.-C.; de Witte, T.; Nieberg, H.; Isermeyer, F.; Frerichs, L.; Backhaus, G. F. (2019): Journal für Kulturpflanzen 71(4), S. 70-89, DOI: 10.5073/JfK.2019.04.02

Ökologische und ökonomische Potenziale digitaler Technologien im Unkrautmanagement

SIMON WALTHER, MARWIN HAMPE

Die Farm-to-Fork-Strategie der Europäischen Kommission sieht eine Halbierung der Verwendung und des Risikos chemischer Pflanzenschutzmittel sowie die Weiterentwicklung und den Ausbau der ökologischen Landwirtschaft bis 2030 vor. Digitale Technologien können als Element neuer Ackerbausysteme dazu beitragen, Zielkonflikte zwischen ökologischer Nachhaltigkeit und Produktivität zu entschärfen. Im Rahmen des vom BMEL geförderten Vernetzungs- und Transferprojekts zur Digitalisierung in der Landwirtschaft („DigiLand“) werden verschiedene Anwendungsfälle digitaler Technologien einer Technikfolgenabschätzung unterzogen. So können die ökologischen und ökonomischen Potenziale abgeschätzt und Umsetzungsvoraussetzungen identifiziert werden. Der Anwendungsfall „präzises, einzelpflanzenspezifisches Unkrautmanagement“ wird im Folgenden näher beleuchtet.

Da sich die Technologien zum präzisen Unkrautmanagement bisher größtenteils noch im Prototypenstadium befinden, fehlen valide Informationen aus der landwirtschaftlichen Praxis. Daher wurde für die Analysen ein iterativer Prozess aus Experteninterviews, Literaturrecherchen, ökonomischen Modellrechnungen sowie einem Workshop zur Validierung und Erhebung ergänzender Informationen eingesetzt. Die Betrachtungen beschränkten sich zunächst auf die Zuckerrübe, da hier die größten ökonomischen Potenziale aufgrund der hohen Herbizidkosten vermutet wurden. Ein Vergleich zum Winterraps (geringere Herbizidkosten) komplettierte die Betrachtung der chemischen Verfahren (konventioneller Landbau). Ergänzend hierzu wurden mechanische Verfahren aus dem ökologischen Landbau untersucht.

Bei den chemischen Verfahren des präzisen Unkrautmanagements konnte ein durchschnittliches Herbizide-Einsparpotenzial pro Überfahrt von 50 bis 70 % ermittelt werden. In der Zuckerrübe können damit die Verfahrenskosten des Unkrautmanagements zwischen 42 und 77 €/ha gegenüber dem aktuellen Standardverfahren gesenkt werden. Im Winterraps hingegen bewegen sich die Kosten des präzisen Verfahrens auf dem Niveau des Standardverfahrens. Im Kontext der chemischen Verfahren wurden außerdem mögliche Ertragsvorteile durch die (teilweise) Vermeidung von Herbizidschäden an den Kulturpflanzen diskutiert, die einen größeren ökonomischen Vorteil darstellen könnten als die Mitteleinsparungen. Hierzu besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf.

Bei den mechanischen Verfahren wurde dank einer Einsparung von 70 % des Arbeitsaufwands für die Handhacke ein Kostenvorteil von 1.146 bis 1.348 € pro ha gegenüber dem Standardverfahren ermittelt. Hier zeichnet sich ein großer wirtschaftlicher Vorteil durch den Einsatz präziser, einzelpflanzenspezifischer Unkrautmanagementverfahren ab, der bei den chemischen Verfahren in diesem Maße noch nicht gegeben ist.

Grundsätzlich ist es für eine breitere Umsetzung von präzisiertem Unkrautmanagement in der landwirtschaftlichen Praxis erforderlich, dass die noch sehr neuen Technologien leistungsfähiger, zuverlässiger und kostengünstiger werden. Beispielsweise ist beim Einsatz von Feldrobotern aktuell der Zeitaufwand für das Beheben von Störungen noch erheblich. Neben diesen grundlegenden Voraussetzungen wurde in den Gesprächen und Workshops auch deutlich, dass es beispielsweise für manche Technologien (z.B. Feldroboter) noch gar keinen klaren Rechtsrahmen gibt. Für die

chemischen Verfahren ist es darüber hinaus wichtig, dass auch in Zukunft geeignete blattaktive Herbizide verfügbar sind.

Die Umsetzung von Technologien zum präzisen Unkrautmanagement in weiteren Kulturen ist neben der Ökonomie auch durch technologische Grenzen limitiert. Beispielsweise wurde die präzise Gräserbekämpfung im Getreide auch zukünftig als technisch schwer umsetzbar angesehen. Insgesamt zeichnet sich aber ab, dass der Einsatz digitaler Technologien im Unkrautmanagement durch Herbizideinsparungen und Kostensenkungspotenziale (letzteres insbesondere im ökologischen Landbau) einen Beitrag zur Erreichung der Ziele der Farm-to-Fork-Strategie liefern kann.

Präzisionslandwirtschaftstechnologien für eine nachhaltigere Landwirtschaft

KARIN SPÄTI, ROBERT HUBER, ROBERT FINGER

Negative Umweltauswirkungen waren und sind immer noch große Herausforderungen für die landwirtschaftliche Produktion. Präzisionslandwirtschaftstechnologien sollen helfen, diese Herausforderungen (Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, Stickstoffverlust usw.) zu lösen, indem sie zeitnahe, detaillierte und standortspezifische Produktionsinformationen liefern (Schimmelpfennig und Ebel 2016). Obwohl bereits seit mehreren Jahrzehnten verfügbar, ist die Anwendung, insbesondere für Technologien, die das größte Potenzial zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks haben (z.B. teilflächenspezifische Technologien), immer noch eher gering (Finger et al. 2019, Groher et al. 2020)).

Im Rahmen unseres Projekts „Digitale Innovationen für eine nachhaltige Landwirtschaft“ (<https://innofarm-projekt.org/>) analysieren wir den wirtschaftlichen Nutzen der teilflächenspezifischen Düngung gestützt durch verschiedene Informationstechnologien. In einem ersten Schritt entwickelten wir einen bio-ökonomischen Modellierungsansatz, um die Vorteile verschiedener Sensoransätze bei der Anwendung der variablen Düngung zu untersuchen (Abb. 1). In einem zweiten Schritt untersuchen wir, welche politischen Maßnahmen die Einführung der variablen Düngung in der Schweizer Landwirtschaft unterstützen können. Zu diesem Zweck wird ein Choice-Experiment-Ansatz verwendet, um die Bedingungen zu identifizieren, unter denen Schweizer Landwirte teilflächenspezifische Technologien einsetzen würden, sowie die Faktoren, welche die Form der Implementierung beeinflussen – d. h. Selbstkauf, kollektive Investition, Einsatz von Lohnunternehmern. Das Wissen über die ökonomischen Auswirkungen für die Landwirte und ihre Präferenzen in Bezug auf die Einführung von teilflächenspezifischen Technologien dienen als Grundlage für die Gestaltung von Agrarumweltprogrammen, die darauf abzielen, die Verbreitung von solchen Technologien zu erhöhen und folglich negative Umweltauswirkungen zu reduzieren.

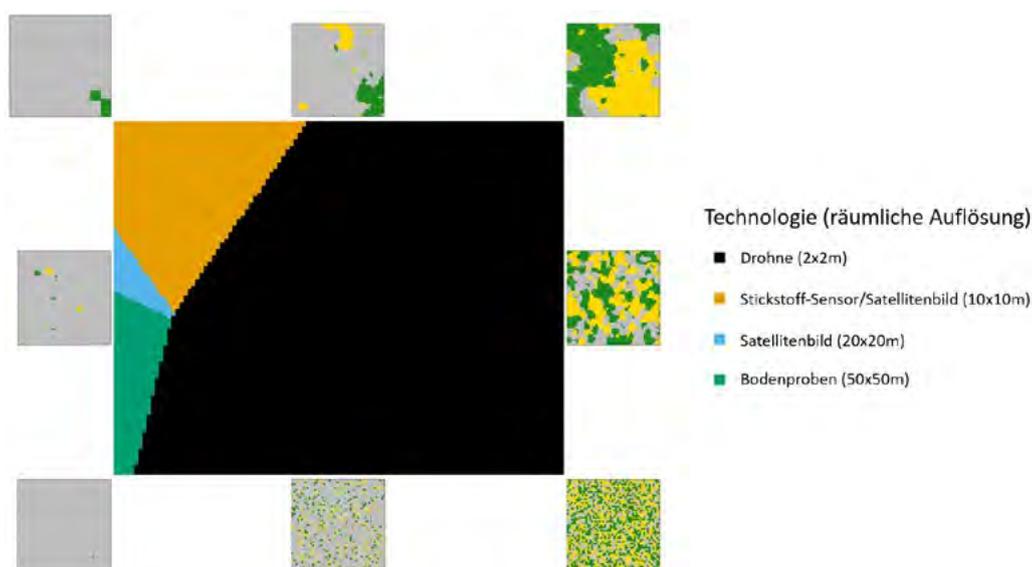


Abb. 1: Vorhersage, unter welchen räumlichen Charakteristiken eines Feldes der Einsatz welcher Informationstechnologie den höchsten Nettoertrag bringt (© Späti et al. 2021)

Unsere Ergebnisse des bio-ökonomischen Modells zeigen, dass insgesamt der Mehrwert der teilflächenspezifischen Düngung im Kontext der Schweizer Landwirtschaft zwar vorhanden, aber nur gering ist. Zudem zeigt sich, dass selbst bei einem hohen Grad an räumlicher Heterogenität der Bodenstruktur die absoluten Unterschiede im Nettoertrag zwischen den verschiedenen Methoden zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung gering bleiben. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die zusätzlichen Kosten für den Einsatz einer Drohne, welche die höchste Auflösung liefert, im Mittel nicht mehr als 4,5 CHF/ha betragen sollten, verglichen mit dem Einsatz eines N-Sensors oder von Satellitenbildern. Erste Ergebnisse aus unserer Umfrage zeigen, dass neben den Investitionskosten auch die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Technologie sowie zusätzliche Nutzen der Technologie wichtige Faktoren für die Entscheidung zur Nutzung sind.

Um die Anwendungsraten von teilflächenspezifischen Technologien zu erhöhen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Technologie die Produktionseffizienz effektiv erhöht, indem sie die Erträge steigert oder den Stickstoffeinsatz reduziert. Da der direkte wirtschaftliche Nutzen jedoch für den einzelnen Landwirten zu gering ist, um eine Anwendung der Technologie attraktiv zu machen, hängt die Einführung dieser Technologien entscheidend von den zusätzlichen wirtschaftlichen Effekten (z. B. Nutzung der gesammelten Information für weitere Anwendungen) des Einsatzes ab. Zudem kann die Inwertsetzung der ökologischen Vorteile durch Markt und/oder Politik neue Chancen ermöglichen. Darüber hinaus könnte es notwendig sein, spezifische politische Maßnahmen wie Steuern auf Stickstoff in Kombination mit Subventionen umzusetzen. Darüber hinaus können bestimmte Technologieanbieter, z. B. Lohnunternehmer, eine entscheidende Rolle bei der Technologieeinführung spielen, da die wirtschaftlichen Vorteile möglicherweise nur auf größeren räumlichen Ebenen zum Tragen kommen.

Literatur

- Finger, R.; Swinton, S. M.; El Benni, N.; Walter, A. (2019): Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics* pp. 313-335
- Groher, T.; Heitkämper, K.; Walter, A.; Liebisch, F.; Umstätter, C. (2020): Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture* 21(6), pp. 1327-1350
- Schimmelpfennig, D.; Ebel, R. (2016): Sequential adoption and cost savings from precision agriculture. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, pp. 97-115
- Späti, K.; Huber, R.; Finger, R. (2021): Benefits of Increasing Information Accuracy in Variable Rate Technologies. Under Review

BiWiBi-Projekt: Nachhaltige Kombination von bifacialen Solarmodulen, Windenergie und Biomasse bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Flächennutzung und Steigerung der Artenvielfalt

HENRYK HAUFE, LAURA GARCIA, TORSTEN SCHMIDT-BAUM, NADINE PANNICKE-PROCHNOW, ANTJE BIRGER, CHRISTOPH GERHARDS, ANDREA SCHMEICHEL

Das Projekt „Nachhaltige Kombination von bifacialen Solarmodulen, Windenergie und Biomasse bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Flächennutzung und Steigerung der Artenvielfalt“ (BiWi-Bi) adressiert verschiedene gesellschaftliche Herausforderungen gleichzeitig: (i) marktwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Land- und Energiewirte, (ii) Flächenkonkurrenz zwischen Energie- und Nahrungsmittelherzeugung, (iii) Artensterben, insbesondere von Bestäubern. Durch gemeinsame Nutzung mit obligater Integration von Blühstreifen entsteht ein neues Konzept der Mehrfachnutzung von Flächen im ländlichen Raum. Ziel des einjährigen, öffentlich geförderten Projekts ist die

Zusammenstellung und Beantwortung interdisziplinärer Fragen rund um das Konzept. Projektende ist 06/2021.

Das Projekt (Abb. 1) wird vom BMWi im Rahmen des ersten interdisziplinären Forschungsauftrags des 7. Energieforschungsprogramms gefördert. Es werden rechtliche und förderrechtliche, wirtschaftliche, ökologische, landwirtschaftliche und sozioökonomische Fragestellungen beantwortet.

Bei der gleichzeitigen Flächennutzung sind rechtliche und förderrechtliche Rahmenbedingungen aus energiewirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Kontexten zu berücksichtigen. Die Verbindung von erneuerbaren Energien aus Photovoltaik, Wind und Biomasse ermöglicht Synergien und Direktvermarktungsoptionen, die neue Geschäftsmodelle für Energiewirte eröffnen. Positive Effekte von Blühstreifen und Erneuerbare-Energien-Anlagen

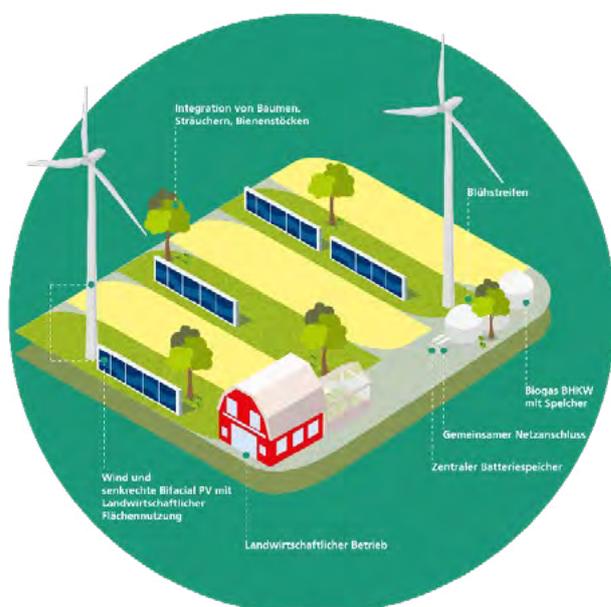


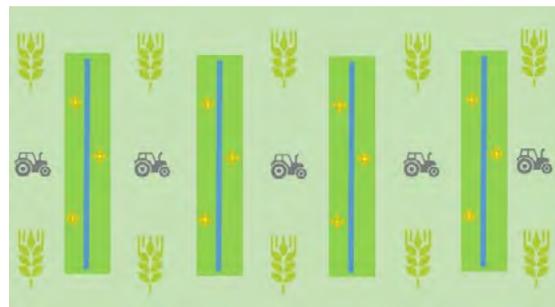
Abb. 1 Schematische Darstellung des Konzepts von vertikalen, bifacialen Solaranlagen zusammen mit Windenergie und Blühstreifen in der Landwirtschaft (© Fraunhofer IMW)

auf die Landwirtschaft können neue Optionen für Landwirte eröffnen. Zur Förderung der Artenvielfalt mit Blühstreifen werden Konzepte zur konventionellen und ökologischen Landwirtschaft in Kombination mit den Solarsystemen betrachtet und hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit bewertet. Der Einfluss verschiedener Gestaltungsmerkmale auf die Akzeptanz des entwickelten Landnutzungskonzepts wird deutschlandweit und im Berufsstand untersucht. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden vier integrative Landnutzungskonzepte entwickelt, für die im weiteren Verlauf ein Wirtschaftlichkeitstool unter Berücksichtigung der Akzeptanz entwickelt wird. Dieses wird am Ende der Projektlaufzeit frei zugänglich gemacht werden, um eine erste Kostenkalkulation für interessierte Landwirte, Investoren und die Bevölkerung zu ermöglichen.

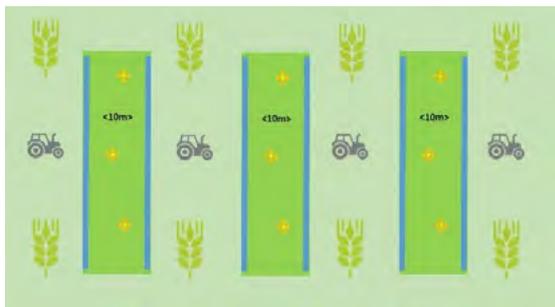
Mit Einreichung des Manuskripts befindet sich das Projekt im 8. Monat seiner Projektlaufzeit, das Konzept selbst und die ersten Ergebnisse können vorgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt sind die rechtlichen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen zusammengestellt. Ein Modell für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Photovoltaik und Biomasse in Direktvermarktung ist erstellt und Optionen für mögliche Geschäftsmodelle wurden diskutiert. Zur Beurteilung der integrativen Landnutzungskonzepte (Abb. 2) wurde ein Wissensnetzwerk (Living Lab) gegründet. (Living Labs sind Plattformen für offene Forschung. Im Mittelpunkt steht der Einfluss des Nutzers; alle relevanten Partner werden bereits in den frühen Phasen eines mitgestaltbaren und innovativen Prozesses einbezogen (Bergvall-Kåreborn et al. 2009, EC ENoLL 2015).)



Bifaciale Solarmodule umgeben von Blühstreifen auf landwirtschaftlichen Flächen



Bifaciale Solarmodule auf landwirtschaftlichen Flächen mit Blühstreifen in direkter Umgebung zu den Modulen



Bifaciale Solarmodule auf landwirtschaftlichen Flächen mit Blühstreifen zwischen den Modulen



Bifaciale Solarmodule auf landwirtschaftlichen Flächen in Form der Dreifelderwirtschaft

Abb. 2: Vier entwickelte integrative Landnutzungskonzepte, die im Projekt betrachtet werden (© DBFZ 2020)

Ziel ist es, in einem Kreis aus interdisziplinären Experten und Stakeholdern einen möglichst breiten fachlichen Informationsaustausch zu ermöglichen und die Akzeptanz zu erhöhen. Die Erwartungen von Landwirten hinsichtlich der ökologischen Effekte der Landnutzungskonzepte sind erfasst. Erste Erkenntnisse zu Akzeptanzfaktoren für die innovative Integration erneuerbarer Energien wurden ermittelt.

Zusammengefasst adressiert das BiWiBi-Konzept eine Vielzahl von Herausforderungen und zeigt synergetische Lösungskonzepte auf. So kann beispielsweise der Trockenheit durch Verlängerung der Taubildung am Morgen durch Schattenwurf der Module begegnet werden oder der Winderosion durch den Windschutz der Module. Neben den im Projekt benannten Forschungsinhalten gibt es noch viele weitere Anknüpfungspunkte (Digitalisierung, Bioökonomie, verstärkter Fokus auf Erhöhung der Biodiversität) für die Erweiterung des Konzepts und für die nachhaltige Anwendung.

Literatur

Bergvall-Kåreborn, B.; Eriksson, C. I.; Ståhlbröst, A.; Svensson, J. (2009): A milieu for innovation: defining living labs. In ISPIM Innovation Symposium: 06/12/2009-09/12/2009

ENoLL (2018): What are Living Labs. <https://enoll.org/about-us/>

Innovatives Verfahren zum Strohmanagement mittels „Kombi-Mulcher“

CHRISTIAN DEPENBROCK, LUDGER FRERICHS

Landwirte und Hersteller von landtechnischen Maschinen stehen vor immer neuen Herausforderungen. Zum einen zeigen sich die Auswirkungen des Klimawandels. Hierzu gehören zunehmende Wetterextreme, beispielsweise in einem zeitlich raschen Wechsel zwischen trockenen und regnerischen Bedingungen während der Erntezeit. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Nachhaltigkeit. Dazu gehören im Pflanzenbau eine umfassende Betrachtung von Verfahrensketten und eine Bewirtschaftung, die langfristig umweltschonend ist. Für dieses Ziel entwickeln Ingenieure und Forscher auf der ganzen Welt neue Verfahren und Maschinen. Ein Thema mit hohem Innovationspotenzial stellt dabei das Strohmanagement dar.

Das klassische Strohmanagement beginnt mit dem Einsatz des Mähdreschers. Dieser schneidet Halm und Ähre kurz über dem Boden, sodass nur kurze Reststoppeln auf dem Feld verbleiben. Das geschnittene Getreide durchläuft den Mähdrescher vollständig, inklusive aller Dresch- und Reinigungsorgane. Die Strohmenge beeinflusst dabei den Leistungsbedarf. Nach dem Drusch wird das Stroh entweder gehäckselt und über die Arbeitsbreite des Dreschers auf dem Feld verteilt oder in Schwaden abgelegt. Das Strohschwad kann im nächsten Verfahrensschritt mittels Ballenpresse geborgen werden. Folglich wird das Stroh entweder immer vollständig dem Feld entnommen oder verbleibt dort. Bei der vollständigen Entnahme werden auch alle sich im Stroh befindlichen Nährstoffe entnommen und die Humusbilanz des Bodens reduziert. Bei Verbleib auf dem Feld kann die gleichmäßige Verteilung über die teils großen Arbeitsbreiten Probleme darstellen. Eine standort- und fruchtfolgendgerechte Steuerung des Strohflusses ist generell nicht möglich. An dieser Stelle setzt das vorgestellte innovative Verfahren für das erweiterte Strohmanagement mittels „Kombi-Mulcher“ in der Getreideproduktion an.

Ziel ist es, eine Maschine zu entwickeln, die in einer Verfahrenskette flexibel eingesetzt werden kann und die Arbeitsgänge „Mähen und Dreschen“ und „Strohmanagement“ entkoppelt. Dazu erfolgt die Körnerernte mit einem klassischen Mähdrescher im Hochschnittverfahren, wobei kurz unterhalb der Ähre geschnitten wird. Die Anwendung des Hochschnitts ist aus den USA und Australien gut bekannt. Bei diesem Verfahren wird der Leistungsbedarf des Dreschers gesenkt bzw. die Schlagkraft erhöht. Somit können auch kürzere Zeitfenster bei Wetterextremen besser genutzt werden. Nach dem Verfahrensschritt Mähen und Dreschen im Hochschnitt verbleibt der größte Teil des Strohs auf dem Feld. (Klüßendorf-Feiffer 2009)

Für das erweiterte Strohmanagement kommt der neu entwickelte „Kombi-Mulcher“ zum Einsatz. Dieser ermöglicht, dass variabel ein Teil des Strohs geschnitten und geborgen werden kann und der andere Teil auf dem Feld verbleibt. Der obere Teil wird von einer Schneideinrichtung gemäht, über die Arbeitsbreite zusammengeführt und anschließend im Schwad abgelegt. Dieser kann mit einer Ballenpresse aufgenommen werden. Der untere Teil wird mittels Mulcher bodennah geschnitten und zerkleinert; dieser verbleibt auf dem Feld. Die Höhenführung von Schneidwerk und Mulcher sind dabei variabel, sodass sowohl eine vollständige Stroheinarbeitung als auch -bergung möglich sind (Hanke et al. 2015). Abbildung 1 stellt einen rein funktionalen Ansatz zur technischen Umsetzung dar.

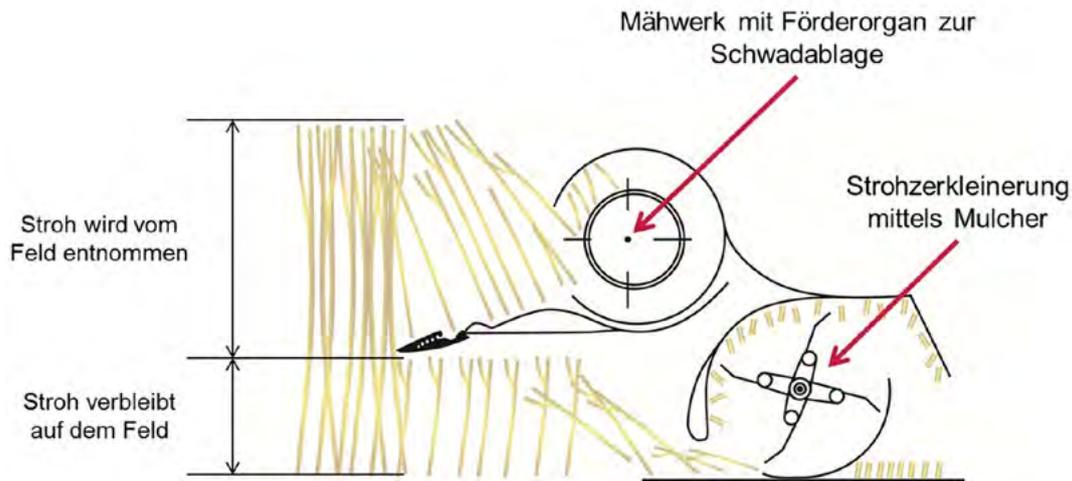


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung Funktionsmuster „Kombi-Mulcher“ (Hanke et al. 2015)

Dieses erweiterte Strohmanagement hat die Vorteile einer variablen Steuerung des Strohflusses und somit einer direkten Beeinflussung der Bodenparameter, wie beispielsweise der Humusbilanz. Zusätzlich ergibt sich der Vorteil einer deutlich verbesserten Strohverteilung über das Feld durch den Mulcher und resultierend eine erhöhte Bodenschonung und Feldhygiene.

Die Präsentation stellt die Zusammenhänge des erweiterten Strohmanagements in Bezug auf Verfahren, Prozess und Pflanzenbau dar. Die Ergebnisse aus dem Entwicklungsprozess werden gezeigt und eine Prototypenmaschine abgeleitet. Ein besonderer Fokus liegt auf der Auslegung der Teilprozesse und der Einordnung der Maschine in bestehende Verfahrensketten sowie die daraus resultierenden Vorteile in Bezug auf Bodenschonung und Nachhaltigkeit.

Literatur

Hanke, S., et al. (2015): Flexibel mit dem Kombi-Mulcher. Eilbote 42

Klüßendorf-Feiffer, A. (2009): Druscheignung als zentrale Führungsgröße im Erntemanagement: Am Beispiel von vier verfahrenstechnischen Ansätzen. Dissertation, Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin

Elektrisch angetriebenes, sensorgesteuertes Werkzeugsystem

TIM BÖGEL

Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung ist, neben der Ernte, der wichtigste Prozessschritt innerhalb des Ackerbaus. Für jeden Arbeitsgang, beginnend bei der Behandlung von Ernteresten, über die Saatbettbereitung für die Folgefrucht und die Beikrautbekämpfung, setzen Landwirte verschiedene Maschinen für die jeweiligen Aufgaben ein. In den letzten 20 Jahren konnte durch die Entwicklung des chemischen Pflanzenschutzes die Anzahl der notwendigen Maschinen auf ein Minimum reduziert werden. Allerdings ist diesem Trend, durch die Verschärfung der gesetzlichen Regelungen, ein Ende gesetzt. Darüber hinaus kommen zusätzliche Anforderungen aus den Klimaschutzanstrengungen hinzu, beispielsweise die Reduktion von CO₂ oder Nitrat.

Um Landwirte bei diesen vielfältigen und neuen Randbedingungen zu unterstützen, ist die Entwicklung und der Einsatz neuer Technologien ein Aspekt der Lösung. In diesem Zusammenhang wurde an der Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden ein Werkzeugsystem (Kronos) entwickelt, welches sich aus drei Modulen zusammensetzt. Es besteht aus einem Zapfwellengenerator (Valkyrie), einem Bodenbearbeitungsgerät (Rotapull Evo) und dem Bodensensor (Ackerscanner) (Abb. 1).

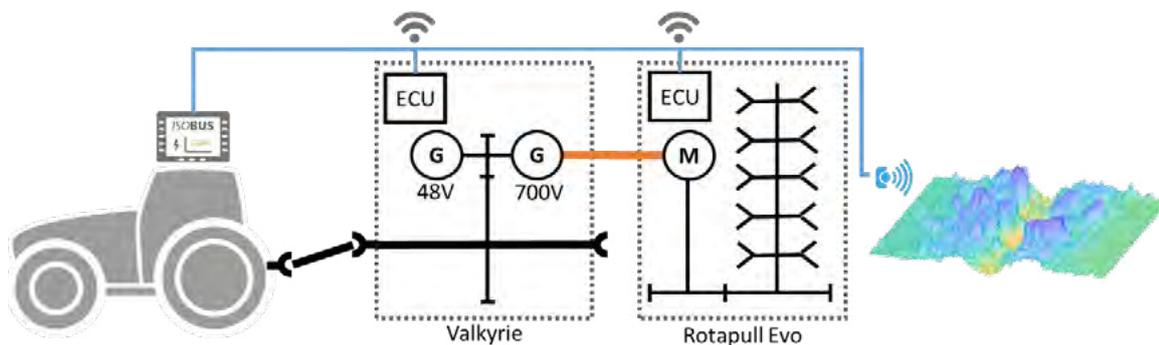


Abb. 1: Schematische Zusammenfassung des Kronos-Systems

Die Kernkomponente ist das Bodenbearbeitungsmodul Rotapull Evo, welches aus einer patentierten Kombination von aktiv angetriebenen und passiv gezogenen Werkzeugen besteht. Durch die Anordnung der Werkzeuge ist der eigentliche Prozess der Bodenzerkleinerung energieeffizienter als bei den bekannten technischen Lösungen. Darüber hinaus erlaubt der aktive Antrieb eine Steuerung des Bodenbearbeitungsprozesses in Abhängigkeit der Einsatzbedingungen (z. B. Bodenfeuchte, Fahrgeschwindigkeit oder Bodenart) als auch die Anpassung der Maschine an verschiedene Arbeitsgänge (z. B. Saatbettbereitung oder Beikrautbekämpfung). Dieser flexible Einsatz reduziert die notwendigen Bodenbearbeitungsgeräte beim Landwirt, die dafür notwendigen Investitionskosten als auch die anfallenden Maschineneinsatzkosten.

Der Schlüssel für den variablen Einsatz liegt im elektrischen Antrieb der aktiven Werkzeuge. Dies ermöglicht dem Landwirt die Maschine nach seinen Bedürfnissen einzustellen und einzusetzen. Zur Unterstützung des Landwirtes beim Einsatz und der Überwachung des Prozesses kommt die selbstentwickelte Sensoreinheit zum Einsatz. Diese überwacht kontinuierlich das erzeugte Arbeits-

ergebnis der Maschine hinsichtlich Bodenkrümelung und Einmischung von Pflanzenmaterial. Mithilfe dieser Informationen regelt die Maschine ihre Arbeitsintensität selbstständig nach den Vorgaben des Benutzers und gleicht mögliche Störeinflüsse (z.B. Fahrgeschwindigkeitsänderungen, Bodenfeuchteunterschiede oder Bodenartwechsel) aus. Durch die Verwendung eines elektrischen Antriebsstranges mit der kontinuierlichen Ermittlung des Prozessergebnisses ist der Landwirt in der Lage, den Bodenbearbeitungsprozess transparent zu überwachen und gleichzeitig digital zu dokumentieren.

Um die notwendige elektrische Leistung zur Verfügung zu stellen, wird ein Zapfwellengenerator verwendet, welcher in der Front- oder im Heckanbau des Traktors verwendet werden kann. Darüber hinaus kann am Generator selbst ein weiteres landwirtschaftliches Gerät über die Drei-Punkt-Aufnahme angebaut werden. Der Generator bietet 700V-DC- und 48V-DC-Schnittstellen für elektrisch angetriebene Arbeitsgeräte an. Das Bodenbearbeitungsmodul Rotapull Evo kann an jedem beliebigen Traktor, der eine 700V DC elektrische Schnittstelle anbietet, verwendet werden.

Die Technologien im Kronos-System wurden in den letzten Jahren an der Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden entwickelt und sind ein Beispiel für das Potenzial von intelligenten, sensorgesteuerten Bodenbearbeitungsverfahren. Um die entwickelten Lösungen Landwirten zur Verfügung zu stellen, sind die Kronos-Module Bestandteil einer Ausgründung von der Professur.

Auf dem Weg zur autonomen Aussaat und Düngung

ALEXANDER STANA

Seit vielen Jahren weist die Zukunft der Landwirtschaft in Richtung zunehmender Präzision und Automatisierung. Durch die zunehmende Digitalisierung gibt es in vielen Bereichen der Landwirtschaft noch Potenzial, Prozesse zu verbessern und diese effizienter zu gestalten. Ein gut funktionierender autonomer Roboter, dem es möglich ist, die Aussaat selbstständig auszubringen, könnte Arbeitskräfte und Betriebskosten reduzieren. Es wäre vorstellbar, den Roboter verschiedene Aussaatmuster durchzuführen und das Saatgut gleichmäßiger verteilt ausbringen zu lassen, was zu höheren Keim- und Auflaufraten des Saatguts führen könnte. So kann unter Umständen eine höhere Unkrautunterdrückung, ein geringerer Krankheitsdruck und damit ein höherer Ertrag, bei gleichzeitiger Reduzierung der Umweltbelastung erreicht werden.

In diesem Beitrag wird ein Konzept für einen autonomen Präzisionssaat-Feldroboter für Winterweizen vorgestellt. Zu diesem Zweck wurde ein neues Arbeitsgerät für die bestehende Roboterplattform Phoenix des Instituts konstruiert. Das Gerät besteht aus konventionellen Sä-Aggregaten mit Saatgutvereinzelung und einer Pneumatik-Einheit mit Saatgut-Tank. Zusätzlich wurde für das Gerät eine stufenlose Reihenweitenverstellung zur Veränderung des Reihenabstandes der Säaggregate konstruiert. Die Steuerung des Roboters erfolgt über das Robot Operating System (ROS), über welches alle implementierten Sensoren und Aktoren koordiniert und gesteuert werden können.

Kritische Aspekte der Aussaat sind unter anderem die Ablagetiefe des Saatguts, die Bedeckungshöhe und Rückverfestigung des Bodens. Diese können unter dem Begriff der Einbettung zusammengefasst werden. Ein anderer kritischer Aspekt ist die gleichmäßige Verteilung des Saatguts auf dem Feld. Diese Verteilung im 3-dimensionalen Raum (Längsverteilung, Querverteilung und Tiefenverteilung) möchten wir beeinflussen und somit aktiv während der Feldarbeit durch unser System regeln lassen, um sie gleichmäßiger realisieren zu können.

Die Längsverteilung soll über die Vordosierung des Saatguts und der Rotationsgeschwindigkeit des Vereinzelungssystems in Abhängigkeit zur Aussaatstärke und Fahrgeschwindigkeit reguliert werden. Die Querverteilung soll in unserem Fall schlicht über die Verstellung der Reihenweiten und ggf. in Kombination mit der asynchronen Steuerung der Vereinzelung, wenn ein versetztes Saatmuster gewünscht ist, eingestellt werden.

Für die Tiefenregulierung des Säaggregates wurde ein Triangulationslaser (Profil-Laser-Scanner) verwendet. Dieser wird in Kombination mit einem Ultraschallsensor eingesetzt, um den Abstand zur Bodenoberfläche ermitteln und anhand der Informationen die Aktorik präzise in Abhängigkeit des Bodenoberflächenprofils steuern zu können.

Die Aktorik besteht aus einer Reihe von Linearmotoren, die die Position der Sä-Einheit in drei Richtungen verändern kann, vertikal (heben und senken), horizontal (links und rechts) und deren Neigung (vor und zurück). Außerdem lassen sich ebenfalls über Linearmotoren, die Reihenweiten stufenlos anpassen, so wie die Ablagetiefe und der Schardruck regulieren. Linearpotenziometer und Beschleunigungssensoren (IMU) werden zur präzisen Positionierung der Komponenten im 3-dimensionalen Raum in Abhängigkeit zum Ankerpunkt des Roboters eingesetzt.

Das ganze System kann mit kleinen Umbauten zur Düngung eingesetzt werden. Die Düngung soll mit granuliertem Cultan, unterfuß zwischen jeder zweiten Reihe stattfinden. Dafür werden die Vereinzlungssysteme der Säaggregat entfernt und die Kunststoff Zellenräder der Dosierung der Pneumatik und des Tanks mit Gummi-Zellenräder ersetzt, um das Granulat zu schonen. Die Pneumatik fördert das Granulat direkt zu den Säaggregaten, welche dieses in den Boden zwischen jede zweite Reihe einbringen sollen.

Das mechanische Konzept (Abb. 1) wurde bereits fertiggestellt, an der Software wird noch gearbeitet. Erste Feldversuche sind für die kommende Saison geplant. Diese Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des des Projekts LaNdwirtschaft 4.0 Ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz (NOcsPS) finanziert. Das Projekt NOcsPs hat das Ziel den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutz zu minimieren und gleichzeitig mithilfe mineralischen Düngers einen hohen Ertrag zu halten.

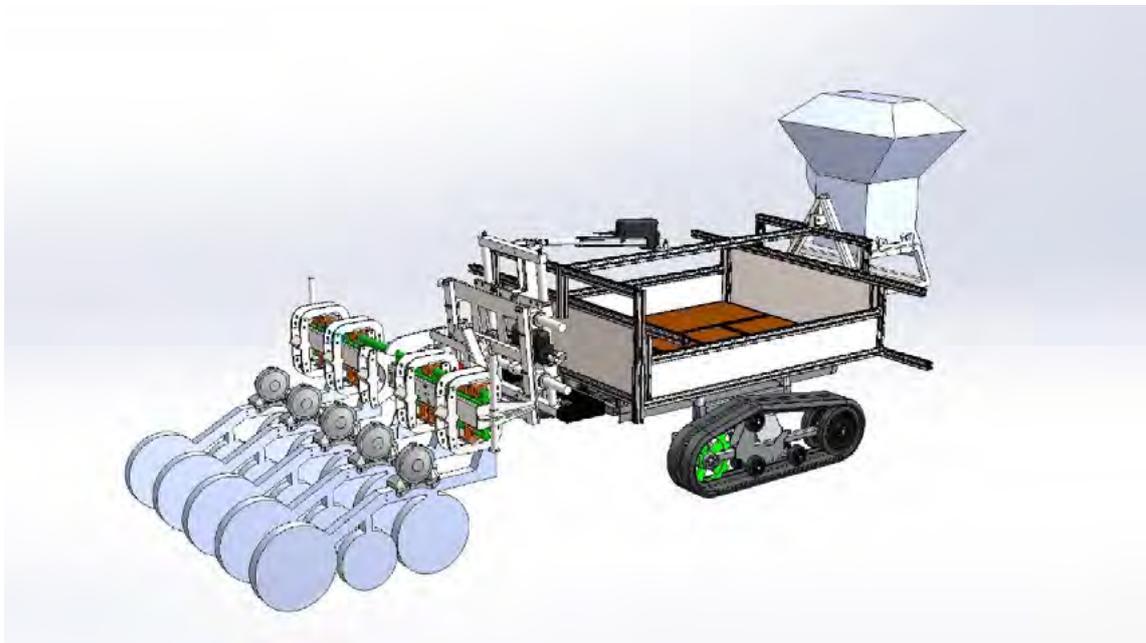


Abb. 1: Prototypenkonzept 2020 (© Alexander Stana)

Gezielter Mineraldüngereinsatz mit Nutzpflanzenschutzwirkung – Pathogenbekämpfung durch Wahl der Stickstoffform und Siliziumapplikation

NIELS JULIAN MAYWALD, UWE LUDEWIG



Durch Rückstände in Nahrungsmitteln und Natur sowie durch Gefährdung der Biodiversität steht der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel zunehmend in der Kritik. Allerdings ist die Bekämpfung von phytopathogenen Mikroorganismen und pflanzenschädigenden Insekten entscheidend für eine hohe Ertragssicherheit und -qualität in der modernen Landwirtschaft. Infolgedessen hat sich das Verbundvorhaben „Landwirtschaft 4.0 ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz“ (NOcsPS) gegründet. Ziel ist, ein neues Anbausystem ohne den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln aber mit optimiertem Mineraldüngereinsatz zu entwickeln. Mineraldünger werden in der Landwirtschaft routinemäßig eingesetzt, um Ernteerträge, aber auch die allgemeine Pflanzengesundheit und -qualität zu steigern. Unser Bestreben als Verbundpartner des NOcsPS-Projekts ist es, in Gefäßversuchen mit gezieltem Einsatz von mineralischen Nährstoffen eine Nutzpflanzenschutzwirkung zu erzielen, um prophylaktisch Pflanzenkrankheiten zu unterdrücken.

Im Fokus steht dabei der Makronährstoff Stickstoff (N), der essenziell für ein gesundes Pflanzenwachstum und einen hohen Ertrag ist. Meist lässt sich bei einer N-Düngung eine erhöhte Anfälligkeit gegen Pflanzenkrankheiten beobachten (Huber und Watson 1974). Durch den Einsatz bestimmter N-Formen wie Nitrat, Ammonium oder Cyanamid kommt es zu Veränderungen in physikalischen, biochemischen oder molekularen Mechanismen der Kulturpflanze, die letztendlich die Abwehr bestimmter Pathogene begünstigen können (Sun et al. 2020). Dabei konnten wir zeigen, dass eine N-Düngung in Form von Calciumnitrat oder Calciumcyanamid den *B. graminis*-Befall an Winterweizen signifikant im Vergleich zu einer Ammoniumsulfatdüngung mit Nitrifikationshemmer verringert. Bei Rhizobien inokulierten Sojabohnen konnte ein geringerer *P. pachyrhizi*-Befall mit einer Calciumnitratdüngung im Vergleich zu einer Ammoniumsulfatdüngung beobachtet werden, auch wenn hier der Befall ohne N-Düngung am geringsten ausfiel.

Des Weiteren beschäftigen wir uns mit dem Nährelement Silizium (Si). Obwohl für Pflanzen nicht essenziell, nehmen viele Pflanzen, insbesondere Getreide, erhebliche Mengen an Si auf und lagern Si-Aggregate mit Schutzwirkung im Blattapoplasten ein (Rodrigues und Datnoff 2015). Typischerweise wird eine beachtliche Erhöhung der Toleranz gegen abiotischen und Resistenz gegen biotischen Stress beobachtet, wobei die dahinterstehenden Mechanismen bislang nur teilweise aufgeklärt sind (Coskun et al 2019 et al.). Unsere Ergebnisse zeigen, dass mit einer Si-Bodenapplikation von 36 mg/kg der *B. graminis*-Befall an Winterweizen unabhängig von der N-Düngung verringert werden kann. Der *P. pachyrhizi*-Befall an Sojabohne kann sowohl durch eine Si-Bodenapplikation von 40 mg/kg als auch durch eine Si-Blattapplikation von 100 mg pro Pflanze stark verringert werden.

Mit unseren Ergebnissen konnten wir belegen, dass eine prophylaktische Pathogenabwehr durch gezielte Pflanzenernährung möglich ist und zukünftig in Anbausystemen ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz eine große Rolle spielen kann.

Literatur

- Coskun, D.; Deshmukh, R.; Sonah, H.; Menzies, J. (2019): The controversies of silicon's role in plant biology. *The new phytologist*, pp. 67–85, DOI: 10.1111/nph.15343
- Huber, D.; Watson, R. (1974): Nitrogen form and plant disease. *Annual review of phytopathology* 12, pp. 139–165, DOI: 10.1146/annurev.py.12.090174.001035
- Rodrigues, F.; Datnoff, L. (Eds.) (2015): *Silicon and Plant Diseases*. Heiderberg, Springer Heidelberg
- Sun, Y.; Wang, M.; Mur, L.; Shen, Q. (2020): Unravelling the Roles of Nitrogen Nutrition in Plant Disease Defences. *International journal of molecular sciences*, DOI: 10.3390/ijms21020572

Danksagung

Das Konsortium NOcsPS (Landwirtschaft 4.0 ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz) wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Agrarsysteme der Zukunft gefördert.

Bedarfsgerechte Kalkversorgung durch Teilflächeneinteilung unter heterogenen Bodenbedingungen

CHARLOTTE KLING, ERIC BÖNECKE, INGMAR SCHRÖTER, SEBASTIAN VOGEL,
GOLO PHILIPP, KATRIN LÜCK, DIRK SCHEIBE, KARIN ZIEGER, ROBIN GEBBERS,
ECKART KRAMER, JÖRG RÜHLMANN



Der Kalkbedarf wird nach dem VDLUFA-Algorithmus aus Informationen zur Textur, zum Boden-pH und Humusgehalt ermittelt. Für eine bedarfsgerechte Kalkapplikation fehlt es dem Landwirt jedoch an validen und hochaufgelösten Bodendaten, um die Teilflächen dem tatsächlichen Kalkversorgungszustand anzupassen. Gerade unter heterogenen Bodenbedingungen führt dies zu einer Überversorgung eines Teils des Schlages und damit zu Verschwendung von Betriebsmitteln, während auf einem anderen Teil durch zu geringe Kalkgaben das Ertragspotenzial nicht ausgeschöpft wird.

Im vorliegenden Beitrag soll aufgezeigt werden, inwieweit unter heterogenen Bodenbedingungen in Brandenburg die praktizierte Einteilung der Teilflächen den tatsächlichen Kalk-Versorgungszustand abbilden kann.

Im Rahmen des EIP-AGRI Projektes „pH-BB: Präzise Kalkung in Brandenburg“ werden mobile Sensorplattformen getestet und auf Grundlage von mindestens 75 Messpunkten pro 3 ha hochaufgelöste Bodenkarten für die kalkungsrelevanten Parameter erstellt. Mittels Sensordaten des „Geophilus-Messsystems“ und Referenzlaboranalysen (Sieb- und Sedimentationsanalyse) wurden auf einer Praxisbetriebsfläche bei Angermünde hochaufgelöste Texturkarten erstellt und mit der bisher praktizierten Einteilung der Bodengruppen verglichen. Die pH-Werte wurden mit einem mobilen Bodensensor (pH Mapper, Veris Technologies) erhoben, anhand von Referenzdaten (CaCl_2) kalibriert und zu pH-Karten interpoliert.

Mittels dieser Daten wurde der Kalkbedarf (bei Humus < 4 %) nach unterschiedlichen Einteilungen in Teilflächen berechnet:

- (1) einheitlich (17 ha)
- (2) nach der bisherigen Praxis auf dem Betrieb (0,08–3,1 ha)
- (3) nach der Bodenschätzung (0,17–11,2 ha)
- (4) sensorbasiert (4 m²)

Während in der einheitlichen Einteilung (1) Bodengruppe 2 angenommen wird, zeigte die sensorbasierte Texturkarte (4) eine Zweiteilung des Praxisschlages in Bodengruppe 1 und 2. Nach Betriebseinteilung (2) und Bodenschätzung (3) wies der Beispielschlag neben Bodengruppe 2 lediglich 15 % in Bodengruppe 1 aus. Der Wertebereich der kalibrierten pH-Sensordaten reichte von 5,3 bis 6,9 (Median 6,1). Gemittelt in den Teilflächen ergaben sich pH-Werte von 5,7 bis 6,6 (Median 6). In der einheitlichen Einteilung (1) zeigte sich damit der gesamte Praxisschlag in pH-Klasse C (bei Humus < 4 %), was eine Erhaltungskalkung mit 10 dt/ha CaO empfiehlt. Die basierend auf Sensordaten (4) ermittelten Versorgungsstufen wiesen jedoch Flächenanteile in pH-Klasse B (5 %), D (25 %) und E (8 %) an, wonach ein Großteil des Schlages nicht oder weniger gekalkt bzw. einzelne Flächenanteile stärker gekalkt werden sollten. Entsprechend dem höheren Anteil an Bodengruppe 1 konnten somit die unterschiedlichen Ziel-pH-Werte besser angesprochen werden. Ausgehend von einer an die Bodenbedingungen angepasste Kalkversorgung durch Sensordaten zeigte sich, dass nach einheitlicher Einteilung der gesamte Schlag überversorgt und nach der betrieblichen Einteilung (2) lediglich 15 % bzw. nach Bodenschätzung (3) 6 % bedarfsgerecht versorgt werden (Abb. 1).

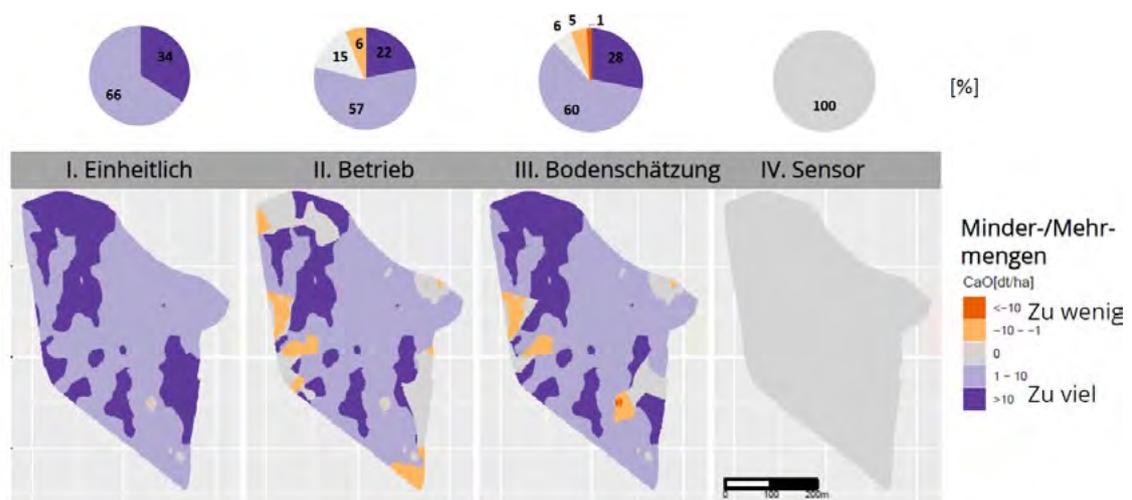


Abb. 1: Minder- und Mehrgaben von CaO (dt/ha) im Vergleich zur sensorbasierten CaO-Bedarfsberechnung als prozentuale Anteile sowie Verteilung in der Fläche (© C. Kling)

Eine bedarfsgerechte Kalk-Applikation kann durch sensorbasierte Bodenkartierung erreicht werden. Entsprechende Konzepte werden im weiteren Projektverlauf von pH-BB (ph-bb.com) entwickelt.

Standortangepasste vollautomatische Echtzeitprozessoptimierung von solarbetriebener Bewässerung in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts

DIRK BORSORFF, SIV BIADA, ANTJE AUGSTEIN, KLAUS ERDLE, ANNETTE DEUBEL,
PATRICK KEILHOLZ, ANDREAS SIMON

1 Einleitung

Die Einhaltung und Umsetzung von Europäischer Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL 2000), Integriertem Wasserressourcen Management (IWRM) und der Düngemittelverordnung sind Herausforderungen, die die Landwirtschaft bewältigen muss. Mit dem Verbundprojekt „IrriMode“, das vom Land Sachsen-Anhalt im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI) gefördert wird, soll die Grundlage geschaffen werden, um die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe in Sachsen-Anhalt zu stärken und den Bewässerungsprozess weiter in das Smart-Farming-Modell zu integrieren. Somit wird ein wesentlicher Beitrag zu einer ressourcenschonenden, nachhaltigen Landwirtschaft geleistet.

2 Material und Methoden

Standort und Versuchsanlage:

- Südrand der Magdeburger Börde im Regenschatten des Harzes
- mittlere Durchschnittstemperatur: 10,1 °C, Jahresniederschlag 514 mm (1991 bis 2020)
- 16 Parzellen mit einer Parzellengröße von 18 x 67 m
- Tropfsystemleitung UNIRAMTM 16012 AS 1,0 l/h, Tropferabstand 50 cm, Abstand der Tropfschläuche 1 m
- Winterweizen und Sojabohnen im Fruchtwechsel in vierfacher Wiederholung

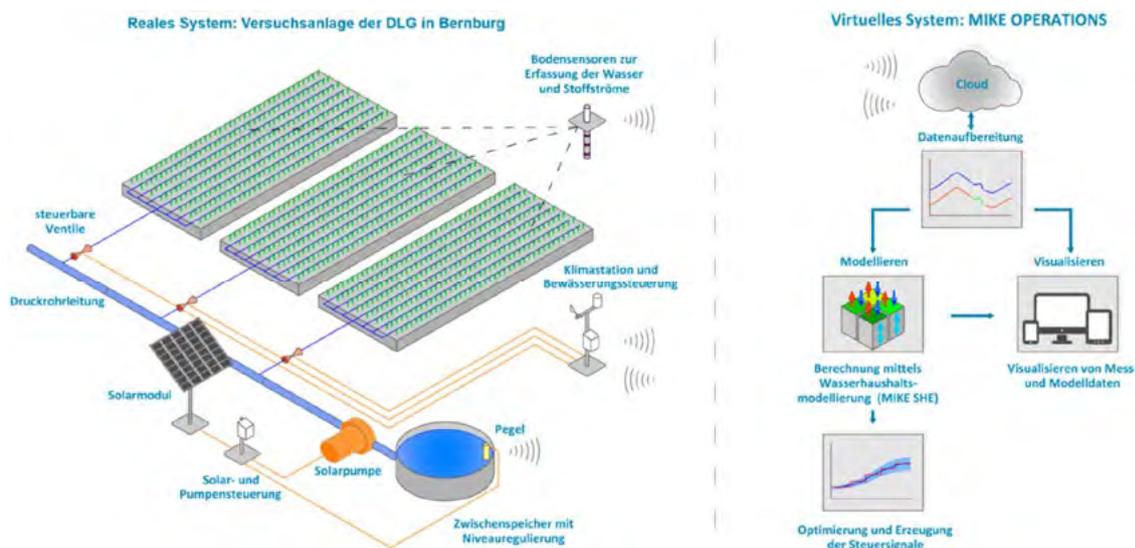


Abb. 1: Schematische Darstellung der Versuchsanlage am Internationalen DLG-Pflanzenbauzentrum (© IrriMode)

3 Ergebnisse

Technische Umsetzung und Steuerung:

Durch die Verknüpfung von Echtzeitdaten (Temperatur/Feuchte/Niederschlag/Verdunstung/Bodenfeuchte in 8 Tiefen) mit dem lokalen Bewässerungsprozess brachte die moderne Tropfbewässerungstechnologie mehrfach über den Tag verteilte Mikrowassergaben im aktiven Wurzelraum aus. Die Prozessoptimierung erfolgt durch die lokale und automatische Messung von Echtzeitdaten und die Übertragung via GSM-Netz an eine serverbasierte Kalkulationsroutine. Im Serverumfeld werden die Daten ausgewertet und mit zu erwartenden Wetterereignissen in einem Prozessmodell abgebildet. Das Ergebnis wird als Steuersignal an die lokale Bewässerungssteuerung übergeben, welche vollautomatisch den Bewässerungsprozess in Zeit und Volumenstrom ausführt.

Die Höhe der Bewässerungsgaben wird gemessen und zurückgeschrieben. Aus den Aufzeichnungen erfolgt wiederum die Modellierung und Visualisierung der Auswaschungsverluste bzw. Änderungen im Bodenwasserhaushalt. Eine Kalibrierung und Optimierung der Kalkulationsroutinen präzisieren den vollautomatischen Bewässerungsprozess. Die Anlage läuft in allen Bereichen energieautark über Solarstrom.

Bodenwasser und Wassernutzungseffizienz:

- Auch in langen Trockenperioden konnten günstige Bodenfeuchten gehalten werden
- Bei Sojabohnen sind zu hohe Bodenfeuchten zu vermeiden, um die symbiontische N-Fixierung nicht zu beeinträchtigen
- Der Einfluss auf die Wassernutzungseffizienz war stark von den erzielten Mehrerträgen abhängig (leichte Verringerung bis Steigerung um 49 %)

Pflanzenbauliche Erkenntnisse:

- Trockenstress kann mit der Tropfbewässerung in Weizen und Soja effizient vermieden werden
- Im Weizen ließ sich in den Versuchsjahren bis 25 % Mehrertrag generieren
- Bei Sojabohnen lassen sich weit höhere Mehrerträge erzeugen
- Die Proteingehalte fallen in beiden Kulturen unter Bewässerung niedriger aus
- Vor allem in Sojabohnen bedarf der tatsächlich nötige Wasserverbrauch weiterer Forschung

4 Ausblick

Im zweiten Schritt wurde der Prototyp auf ausgewählten Flächen des beteiligten Praxisbetriebes auf besonders berechnungswürdige Sonderkulturen (Möhren) aus dem Versuchsfeldspektrum erfolgreich in die Praxisfläche skaliert. Es zeigte sich, dass die vollautomatisierte, solargestützte Bewässerung auch an bewölkten Tagen mit diffusem Licht souverän arbeitet und die Kulturen mit ausreichend Wasser versorgen kann. Die Qualitäten der Möhren sind Erfolg versprechend und bei den erreichten Erträgen ist Potenzial vorhanden. Nach der Evaluierung der Ergebnisse und Prüfung der Anwendbarkeit soll eine Ausweitung des Verfahrens auf größere Anbauflächen und Übertragung auf andere Kulturen erfolgen.

Innovatives Düngerverfahren mit zweijähriger Ausnutzung eines Struvit-„Unterfuß“-Düngedepots

ANDREAS MUSKOLUS, JOACHIM CLEMENS

Die Rückführung von Pflanzennährstoffen aus der menschlichen Ernährung scheint nach bisherigen Erkenntnissen eine Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Ernährung und Landbewirtschaftung zu sein. Während Stickstoff unter Energieaufwand synthetisch hergestellt werden kann, muss Phosphor den Pflanzen zum großen Teil aus fossilen Ressourcen zugeführt werden, da ein Recycling über die kommunale Abwasserbehandlung nicht verbreitet ist. Die Ausfällung von Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat) ist eine Möglichkeit Phosphor und Stickstoff bei der Abwasserbehandlung in pflanzenverfügbarer Form abzutrennen. Jährlich fallen in Deutschland schätzungsweise mehrere tausend Tonnen Struvit an. Struvit ist als Dünger in Europa zugelassen, aufgrund seiner nachhaltigen Erzeugung und seiner langsamen chemischen Löslichkeit wird aktuell erwogen, den Recyclingdünger auch im Ökolandbau zu erlauben. Neben den technischen Herausforderungen bei der Gewinnung von Struvit und den rechtlichen Rahmenbedingungen seines Einsatzes in der Landwirtschaft stellt sich in der praktischen Landwirtschaft die Frage, in welche Düngesysteme der neuartige Dünger integriert werden kann. Dabei entsprechen die Struvit-Kristalle zunächst weder einer technisch gut in der Landwirtschaft einsetzbaren Form noch ist eindeutig geklärt, zu welchen Kulturen und Zeitpunkten sie im Sinne einer optimalen Nährstoffausnutzung eingesetzt werden sollten.

In Deutschland in der Landwirtschaft eingesetzte feste mineralische Düngestoffe entsprechen aus Gründen der Anpassung an übliche Düngerstreuer gesetzlich festgelegten definierten physikalischen Eigenschaften. Die Pelletierung ist eine kostengünstige und technisch vergleichsweise wenig aufwendige Form der Konfektionierung von Struvit. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sich bei der Pelletierung andere Nährstoffe hinzumischen lassen, die dann die Nährstoffzusammensetzung und damit das Einsatzspektrum des Recyclingdüngers erweitern.

Aufgrund der geringen räumlichen Mobilität von Phosphor im Boden empfiehlt sich gerade bei diesem Nährstoff eine Platzierung im Wurzelraum, um die Nährstoffausnutzung zu erhöhen. Eine „Unterfuß“-Düngung wird üblicherweise bei Reihenkulturen praktiziert. Da der Phosphor im Struvit nicht wasserlöslich ist, aber sehr gut mit einer schwachen organischen Säure pflanzenverfügbar wird, stellt sich die Frage wie das Boden-Depot des Düngers auch zeitlich optimal ausgenutzt werden kann. Auf sandigen Boden wurde dazu ein randomisierter Parzellenfeldversuch durchgeführt. Dabei war es das Ziel, die vor der Pflanzung von Kartoffeln als Düngerband in den Boden eingebrachten Struvit-Pellets auch in einem zweiten Jahr zu Silomais zu nutzen. Das Roden der Kartoffeln erfolgte so, dass das Düngerband nicht zerstört wurde, und mithilfe eines RTK-GPS-Lenkensystems gelang es, den Maissamen im Folgejahr genau über dem Düngeband abzulegen. Um ein Ernten der Kartoffeln zu ermöglichen ohne das Band zu zerstören, wurden die Struvit-Pellets in ca. 15 cm Tiefe abgelegt.

Neben den Erträgen und Qualitäten des Erntegutes geht es im Feldversuch vor allem um den Verbleib der Nährstoffe aus Struvit im Boden. Dabei lassen erste Ergebnisse vermuten, dass die Art der Pelletierung (Durchmesser, Länge der Pellets) einen Einfluss auf den Zerfall und damit auf die Nährstoffaufnahme hat. Zwar konnte schon im ersten Jahr beobachtet werden, dass die Wurzeln von Kartoffeln die Pellets umschließen, eine teilweise Auflösung der Pellets und damit die Bildung einer höheren Oberfläche wurde jedoch erst im zweiten Jahr gefunden.

Fazit: Struvit lässt sich durch Pelletierung so konfektionieren, dass es als Unterfußdünger zweijährig in einem Kartoffel-Mais-Fruchtwechsel genutzt werden kann. Das innovative Düngesystem verspricht eine hohe Nährstoffausnutzung des Recyclingdüngers.



Abb. 1: Links: Struvit-Pellets im zweiten Anbaujahr unter Mais, rechts: Struvit-Pellets mit Wurzeln umwachsen

Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Messung von Ammoniakemissionen aus behandelten Wirtschaftsdüngern

SUSANNE HÖCHERL, FABIAN LICHTI, EBERHARD HARTUNG

1 Hintergrund

Die neue NEC-Richtlinie (Richtlinie EU 2016/2284) sieht eine deutliche Senkung der Ammoniakemissionen für Deutschland vor. Demnach müssen diese bis zum Jahr 2030 um 29 % gegenüber dem Referenzjahr 2005 gesenkt werden. Dies erfordert gerade im Bereich der Tierhaltung Reduktionsmaßnahmen. Dort sind 15,9 % der Ammoniakemissionen auf die Lagerung und 41,6 % auf die Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger zurückzuführen (Haenel et al. 2020). Eine Möglichkeit, um die Freisetzung von Ammoniak nachhaltig zu mindern, ist die Ansäuerung von Gülle in Stall, Lagerbehälter und/oder zur Ausbringung. In Deutschland wird zurzeit nur die Ansäuerung mit konzentrierter Schwefelsäure während der Ausbringung eingesetzt. Daneben gibt es am Markt aber noch eine Vielzahl an Zusatzstoffen, die Ammoniakemissionen reduzieren sollen. Die Bestimmung ihrer Wirksamkeit wurde zwar bereits vielfach untersucht, aber trotz teils vielversprechender Ergebnisse konnte bisher kein einheitliches Bild zu ihrer Wirksamkeit und Wirkrichtung abgeleitet werden. Dies liegt im Wesentlichen auch darin begründet, dass sich die Versuche sehr deutlich in der Messmethodik und Versuchsdurchführung unterscheiden und daher nur bedingt vergleichbar und reproduzierbar sind. Denn bislang fehlt ein standardisiertes Verfahren, um Güllezusatzstoffe mit teilweise sehr unterschiedlichen Funktions- und Wirkprinzipien hinsichtlich ihres Ammoniakminderungspotenzials reproduzierbar und statistisch belastbar prüfen zu können.

2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Hauptziel des Projektes ist es, eine standardisierte Versuchsanlage sowie Versuchs- und Auswertemethodik zu entwickeln und zu validieren, mit der das Ausmaß der Ammoniakreduktion während der Lagerung flüssiger Wirtschaftsdünger durch eine Zugabe von Zusatzstoffen reproduzierbar und statistisch belastbar ermittelt werden kann.

Zum Aufbau der Anlage wurde eine vorhandene Batch-Anlage für Biogasertragstests umgebaut und um ein innovatives Ammoniakmesssystem erweitert. Die standardisierte Versuchsanlage besteht aus insgesamt 32 speziell angefertigten Versuchsbehältern, um die Zugabe von Zusatzstoffen im Güllelager mit hoher Wiederholbarkeit und hohem Durchsatz unter standardisierten Bedingungen abbilden zu können. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Praxis darstellen zu können, werden diese mit den Versuchsergebnissen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verglichen. Dort wird zudem eine Anlage zur Prüfung von Güllezusatzstoffen mit größeren Versuchsbehältern entwickelt.

Darüber hinaus analysiert die Abteilung für Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der LfL die mikrobielle Zusammensetzung von Zusatzstoffen und deren Verbleib und Auswirkungen in bzw. auf die Gülle.

3 Erste Vorversuche

In systematischen Vorversuchen wurde der innovative laserbasierte Ammoniaksensor (Tunable Diode Laser Spectrometer – TDLS) auf seine Eignung hin geprüft. Hierzu wurde die Genauigkeit des Sensors im Vergleich zum Referenzwert und seine Querempfindlichkeit gegenüber weiterer Gaskomponenten mithilfe eines Gasmischsystems überprüft. Da Ammoniak in einem bestimmten Wellenlängenbereich gemessen wird, in dem auch Methanpeaks zu finden sind, wurde eine Querempfindlichkeit erwartet. Dies bestätigte sich jedoch nicht für den zu erwartenden Konzentrationsbereich. Zudem überzeugte der TDLS-Sensor durch seine Genauigkeit.

4 Ausblick

Die Versuchsanlage soll im Frühjahr 2021 fertiggestellt und anschließend mit der Versuchsdurchführung begonnen werden. Mithilfe der standardisierten Anlage können in Zukunft eine Vielzahl an Güllezusatzstoffen unterschiedlicher Wirkrichtung auf ihr ammoniakminderndes Potenzial untersucht und damit ein klares Bild über die Wirkrichtung für die landwirtschaftliche Praxis geschaffen werden.

Literatur

Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Freibauer, A.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Osterburg, B.; Fuß, R. (2020): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2018, Report on methods and data (RMD). Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 77, DOI:10.3220/REP1584363708000

Danksagung

Das Projekt „Möglichkeiten zur Minderung von Ammoniakemissionen durch mikrobielle Güllebehandlung und Gülleadditive“ (EmiAdditiv) wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert.

Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL

SEBASTIAN PARZEFALL, JOHANNES BURMEISTER, MARTIN WIESMEIER, FLORIAN EBERTSEDER,
ROSWITHA WALTER, MAENDY FRITZ

Pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft kann neben der Biogasproduktion auch über Biomass to Liquid (BtL)-Verfahren zur Bereitstellung von Bioenergie genutzt werden. Die BtL-Technologie umfasst die Produktion von Kraftstoffen oder Chemierohstoffen aus Biomasse, wobei diese dem Acker dauerhaft entzogen wird. Bei einer Nutzung als Gärsubstrat für die Biogaserzeugung ist eine Rückführung organischer Substanz über Gärreste die Regel. Für die Aufrechterhaltung der Bodenfunktionen und somit die Nachhaltigkeit pflanzenbaulicher Produktionssysteme ist auf eine ausreichende Versorgung des Bodens mit organischer Substanz zu achten. Bei der Ausbringung von Gärresten werden zudem aufgrund des geringen Energiegehalts und der hohen Ammoniumkonzentration negative Effekte auf das Bodenleben und besonders auf die Regenwurmfauna befürchtet. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sollte deshalb geklärt werden, ob die Nutzungspfade Biogas und BtL eine langfristig nachhaltige Bodenbewirtschaftung ermöglichen.

Hierzu wurden im Zeitraum von 2009 bis 2018 an vier bayerischen Standorten (Straubing, Aholfing, Reuth, Röckingen) ortsfeste Feldversuche durchgeführt. Die Fruchtfolge bestand aus Silomais und Winterweizen im jährlichen Wechsel. Über die Versuchsvarianten wurden für die erzeugte Biomasse sechs unterschiedliche Nutzungspfade simuliert, die verschiedene praxisübliche Betriebstypen abbildeten (Tab. 1: Übersicht über Versuchsvarianten mit unterschiedlicher organischer Düngung). Die unterschiedliche Rückführung der pflanzlichen Biomasse in den Versuchsvarianten erfolgte ertragsbezogen. Darüber hinaus wurde in allen Varianten ein identisches Ertragsniveau angestrebt, um die vom Pflanzenwachstum abhängigen Einträge an organischem Material in den Boden in allen Varianten möglichst gleich zu halten. Während der Versuchslaufzeit wurden die Varianten hinsichtlich ihrer Wirkung auf Parameter der Bodenphysik (Aggregatstabilität, Porenverteilung, Lagerungsdichte, Infiltrationsleistung), des Humushaushalts (Corg-Gehalt/-Vorrat, pH-Wert) und des Bodenlebens (mikrobiologische Aktivität, Siedlungsdichte und Diversität von Regenwürmern, Springschwänzen und Milben) untersucht.

Tab. 1: Übersicht über Versuchsvarianten mit unterschiedlicher organischer Düngung

Variante	Weizenstroh	Düngung
Miner. – Stroh (BtL)	Abfuhr	ausschließlich mineralische Düngung
Miner. + Stroh	Verbleib	ausschließlich mineralische Düngung
Gärrest – Stroh	Abfuhr	Gärrest proportional zur Silomaisabfuhr (\varnothing 35 m ³ /ha) + mineralische Ergänzungsdüngung
Gärrest + Stroh	Verbleib	Gärrest proportional zur Silomaisabfuhr (\varnothing 35 m ³ /ha) + mineralische Ergänzungsdüngung
Max. Gärrest – Stroh	Abfuhr	Gärrest proportional zur Silomais- und Weizenabfuhr + 20 % Zuschlag (\varnothing 70 m ³ /ha) + ggf. min. Ergänzungsdüngung
Rindergülle + Stroh	Verbleib	Gülle proportional zu Gärrestdüngung (Gärrest +/- Stroh) (\varnothing 37 m ³ /ha) + mineralische Ergänzungsdüngung

Die Untersuchungen zeigten, dass sich organische Düngung positiv auf die Aggregatstabilität, den Humusgehalt und die Regenwurmdichte auswirkte. Die komplette Abfuhr der oberirdischen Biomasse ohne Rückführung organischen Materials führte bei nahezu allen Parametern zu den am ungünstigsten beurteilten Bodenbedingungen. Regenwürmer profitierten stärker von der Düngung mit unvergorener Rindergülle, was auf deren leichter abbaubare Kohlenstoffverbindungen zurückzuführen ist. Eine sehr hohe Gärrestzufuhr konnten Regenwürmer dagegen nicht entsprechend verwerten. Auch andere bodenbiologische Kennwerte und davon abhängige Leistungen, wie die mikrobielle Biomasse und die Infiltration, erreichten die höchsten Werte bei Rindergülledüngung. Obwohl in der Rindergülle-Variante eine größere Menge organischer Substanz im Vergleich zu einer entsprechend hohen Gärrestdüngung ausgebracht wurde, war die Änderung des Gehalts organischen Kohlenstoffs im Boden ähnlich. Insgesamt wurde dennoch an drei von vier Versuchsstandorten ein deutlicher Rückgang der Humusgehalte im Boden festgestellt. Die überproportionale Düngung mit Gärresten führte zu den geringsten Humusverlusten, war allerdings nicht praxistauglich und mit einem erhöhten Verlustpotenzial verbunden.

Somit war eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung für keinen Nutzungspfad in der untersuchten Form gegeben und ergänzende Maßnahmen zur Förderung von Humusaufbau, Bodenstruktur und Bodenleben sind nötig. Da die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftungsweise nicht nur von der hier untersuchten Düngung beeinflusst wird, sondern von zahlreichen weiteren Faktoren wie der Fruchtfolgegestaltung und der Bodenbearbeitung abhängt, sollte stets das betriebsspezifische Gesamtsystem mitbetrachtet und angepasst werden.

Ein praxistaugliches Verfahren zur N-Düngebedarfsermittlung für Wintergetreide im ökologischen Landbau

JETTE STIEBER, ULF JÄCKEL

Im ökologischen Landbau ist eine langfristig gute Nährstoffversorgung von Böden und Pflanzen aufgrund der begrenzten Nährstoffverfügbarkeit eine große Herausforderung. Praxisuntersuchungen in Öko-Betrieben zeigen oftmals eine Abnahme der Nährstoff- und Humusgehalte von Ackerflächen sowie eine breite Streuung der Gehalte auf verschiedenen Flächen innerhalb eines Betriebes (Hülsbergen und Rahmann 2015, Meyer et. al 2021). Mit dem Programm BESyD des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) ist es aktuell möglich, den Düngebedarf für P und K im Ökolandbau zu errechnen sowie eine Humusbilanzierung vorzunehmen. Auf dieser Grundlage sollen im Projekt Web-Man nun ein Modell sowie Algorithmen für die N-Düngebedarfsermittlung im ökologischen Landbau, zunächst für Wintergetreide, in den Boden-Klimaräumen (BKR) Sachsens, Bayerns und Brandenburgs entwickelt werden.

Dieses Verfahren orientiert sich an bereits in BESyD vorhandenen Verfahren für den konventionellen Landbau, was aber erhebliche Anpassungen erfordert, um den Bedingungen des Ökolandbaus zu entsprechen (Abb. 1). Basis für die Anpassungen sind Auswertungen und Datensammlungen aus Versuchen im ökologischen Landbau. So wurden die Sollwerte auf den geringeren N-Gehalt in Korn, Stroh und Wurzeln angeglichen. In die Berechnung fließt die Nachlieferung aus den Düngermaßnahmen der vorangegangenen 4 Jahre ein. Zusätzlich wird die N-Nachlieferung der zwei vorangegangenen Früchte berücksichtigt, da die N-Versorgung im praktischen Ökolandbau jahresübergreifend in der Fruchtfolge erfolgt.

Korrigierte Sollwerte

- kulturart- und ertragsabhängiger Sollwert für jeden BKR innerhalb fester Ertragsgrenzen
- je nach BKR-Zuschläge für Höhenlage



Abzüge/Zuschläge

- N_{\min} 0–90 cm (Beprobung oder Richtwerte)
- Nachlieferung Vorfrucht (aus Menge und N-Gehalt der Ernte-Wurzel-Rückstände (EWR), prozentuale Nachlieferung abhängig von C/N der EWR, Bodenart und aktueller Kultur)
- Nachlieferung Vorvorfrucht (aus Kulturart Vorvorfrucht und Ertrag)
- Pflanzenentwicklung (abhängig von BBCH-Stadium und Bestandesdichte)
- Vegetationsbeginn (Zu-/Abschläge je nach Vegetationsbeginn)
- organische Düngung der vergangenen 4 Jahre (aus Düngerart und Düngermenge)
- Zwischenfrucht/Grünmasse (aus Kulturart, Sprossmasse, N-Gehalt)
- organische Düngung Herbst (aus Düngerart, Düngermenge, N-Gehalt, NH_4-N , Kulturdauer aktuelle Kultur, Aufbringmonat)



Weitere Berechnungen/Informationen

- Gabenaufteilung (wenn dem Landwirt entsprechende Dünger zur Verfügung stehen)
- geplante organische Düngung (aus Düngerart, Düngermenge, N-Gehalt, Kulturdauer der aktuellen Kultur)
- Wasserschutzgebiet (WSG) (N-Düngebedarf = 0 wenn die Fläche im WSG 1 liegt)
- Begrenzung DüV (liegt berechneter Wert über N-Bedarf laut DüV?)
- Info WSG (Info zur Nutzung von Nitratschnelltest bei mehreren N-Gaben im WSG)

Abb. 1: Schema der N-Düngebedarfsermittlung für Wintergetreide im Ökolandbau

Mit dem vorgestellten Verfahren soll sowohl die Verteilung der N-Düngung zwischen den Kulturen eines Jahres als auch innerhalb der Fruchtfolge schlagbezogen optimiert werden.

Das Projekt Web-Man wird aus Mitteln des Bundesprogrammes Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft gefördert (FKZ 28180E050).

Literatur

Hülsbergen, K. J.; Rahmann, G. (2015): Klimawirkung und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report 29

Meyer, D.; Schmidtke, K.; Wunderlich, B.; Lauter, J.; Wendrock, Y.; Grandner, N.; Kolbe, H. (2021): Analyse des Nährstoff- und Humusmanagements sowie der Fruchtfolgegestaltung in 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe des LfULG, in Veröffentlichung

Mehrjährige Wildpflanzenmischungen zur Biogaserzeugung verringern den Nitratgehalt im Boden

KORNELIA MARZINI, ELENA KRIMMER, MARTIN DEGENBECK

1 Einleitung

Durch den übermäßigen Einsatz von stickstoffhaltigem Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen kann es zu einer Auswaschung des Stickstoffs und damit zu einer Nitratbelastung des Grundwassers und der Oberflächengewässer kommen. In Seen und Gewässern führt dies zu einer Eutrophierung. Hinzu kommt ein gesundheitliches Risiko: Nitrat kann im menschlichen Organismus zu Nitrosaminen umgewandelt werden und den Sauerstofftransport hemmen. Das bedeutet ein hohes Risiko in der Trinkwasserversorgung. Der Einsatz von Dauerkulturen kann zur Nitratreduktion in den Böden beitragen. Der „Veitshöchheimer Hanfmix“ ist eine artenreiche mehrjährige Wildpflanzenmischungen zur Biogasproduktion und auf mindestens 5 Standjahre ausgelegt. Die Bestände werden jährlich im Frühjahr gedüngt. Die enthaltenen Wild- und Kulturpflanzenarten verwurzeln sich tief und erreichen tiefe Bodenschichten, potenziell kann hierdurch die Bodenstruktur verbessert und der Nitratgehalt im Boden verringert werden.

2 Methoden

An drei Standorten in Bayern (Bayreuth (Bt), Osterseeon (O), Schwarzenau (Schw)) wurden 2017 und 2018 Flächen mit der Wildpflanzenmischung „Veitshöchheimer Hanfmix“ eingesät. Auf diesen Flächen wurden Bodenproben zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einer Tiefe von bis zu 90 cm gezogen und der Gesamtnitratwert ermittelt. Auf einer Fläche mit „Hanfmix“ in Großwenkheim, Lkr. Rhön-Grabfeld, (Projekt BiogasBlühfelder, Agrokraft GmbH) wurde 2020 ein Bodenprofil gegraben, um den Wurzelhorizont der Mischung im 4. Standjahr zu untersuchen.

3 Ergebnisse

Der Nitratgehalt der Böden an den verschiedenen Standorten mit „Hanfmix“ betrug im Mittel $44 \text{ kg N}_{\text{min}}/\text{ha}$ (Abb. 1).

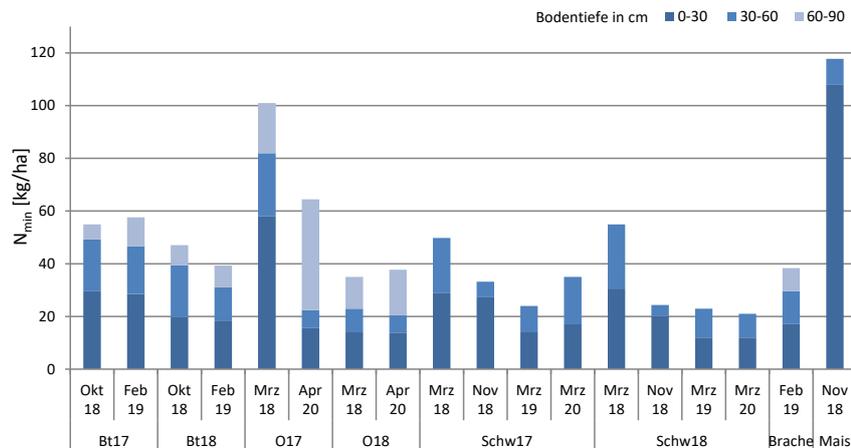


Abb. 1: Nitratwerte der Bodenuntersuchungen an den verschiedenen Standorten im Laufe der Jahre bei einer Bodentiefe von bis zu 90 cm (Bt: Bayreuth, O: Osterseeon, Schw: Schwarzenau; 17: Ansaat 2017, 18: Ansaat 2018)



Die Ansaat 2017 hatte im Frühjahr des zweiten Standjahres noch einen hohen Wert von 101 kg N_{min}/ha, dieser sank jedoch innerhalb von zwei Jahren auf 64 kg N_{min}/ha. Das meiste Nitrat hielt sich hier in der Schicht von 60 bis 90 cm. Zum Vergleich wurden Proben auf einer Brache- und einer Maisfläche gezogen. Hierbei konnten Nitratwerte von 38 kg N_{min}/ha bzw. 118 kg N_{min}/ha festgestellt werden.

Bei der Grabung konnten Wurzelgeflechte von *Tanacetum vulgare* und *Alcea ficifolia* freigelegt werden (Abb. 2). Die Wurzeln der freigelegten Pflanzen reichten bis 122 cm, das Grundwasser stand bei 137 cm.

Abb. 2: Wurzelhorizont einer in der Wildpflanzenmischung „Veitshöchheimer Hanfmix“ enthaltenen *Alcea ficifolia* von einem Bestand im vierten Standjahr. Der rote Pfeil zeigt die tiefste freigelegte Wurzel an. (© Elena Krimmer, LWG)

4 Zusammenfassung und Fazit

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich durch mehrjährige Wildpflanzenmischungen die Bodennitratwerte trotz Düngung effektiv verringern lassen, insbesondere im Vergleich zur Hauptenergiefrucht Mais. Die Nitratwerte bewegen sich an allen Untersuchungsstandorten auf einem niedrigen Niveau, vergleichbar mit einer Brachefläche. Im Verlauf der Standjahre konnten hohe Ausgangswerte gesenkt und gleichbleibend niedrig gehalten werden. Hiermit sind mehrjährige Wildpflanzenmischungen vor allem für den Einsatz in „Roten Gebieten“, Wasserschutzgebieten und auf Flutpoldern geeignet.

Durch den Bodenaushub auf einer Fläche mit „Hanfmix“ konnte gezeigt werden, dass die mehrjährigen Stauden sich tief verwurzeln und so in Trockenheitsperioden besser an das Grundwasser herankommen. Die ebenfalls in der Mischung „Hanfmix“ enthaltenen Arten *Melilotus officinalis* und *Medicago sativa* können Wurzeln von bis zu 3 m und 5 m Tiefe ausbilden und sind bekannt dafür, die Bodenstruktur sowie -fruchtbarkeit zu verbessern (Sneyd 1995, Oberdorfer 1990). *Melilotus officinalis* ist insbesondere für den Einsatz an Problemstandorten geeignet. Hierdurch können positive Effekte, wie beispielsweise Humusaufbau, für die zukünftige Ackerbewirtschaftung erwartet werden.

Literatur

- Oberdorfer, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
Sneyd, J. (1995): Alternative Nutzpflanzen. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer

Verfahrensvergleich und Umweltbewertung von innovativen Harnstoffdüngungsstrategien am Standort Bernburg–Strenzfeld

HENNING PAMPERIN, INSA KÜHLING, FLORIAN EISSNER, NADINE TAUCHNITZ,
JOACHIM BISCHOFF, JAN RÜCKNAGEL

Mit dem nationalen Ziel, die Treibhausgasemissionen und vor allem die aus der landwirtschaftlichen Stickstoffdüngung resultierenden Lachgasemissionen weiter zu reduzieren, ist der landwirtschaftliche Sektor dazu aufgefordert, diese bis 2030 um bis zu 34 % gegenüber 1990 zu verringern (BMU 2019). Vor diesem Hintergrund fand das 3-jährige Verbundprojekt „StaPlaRes“ statt, in welchem 2 innovative Düngungsverfahren getestet wurden. Das sogenannte Side-Dressing-Verfahren – eine 5 bis 7 cm tiefe wurzelnahe Ablage von granuliertem Harnstoff – wurde ebenso angewandt wie die oberflächliche Applikation eines doppelt stabilisierten Harnstoffs mit Ureaseinhibitor (UI) und Nitrifikationsinhibitor (NI). Für die hier vorgestellten Versuchsergebnisse wurden die beiden Verfahren der klassisch breitverteilten Harnstoffdüngung und der ungedüngten Kontrolle in einer praxisgängigen Ackerbaufruchtfolge aus Winterraps/Winterweizen/Wintergerste gegenübergestellt.

Das Side-Dressing-Verfahren beruht im Wesentlichen auf die gezielte Bodeninjektion von Dünger im Frühjahr (Ende Bestockung/Anfang Schossen) zwischen die Drillreihen. Bei einem praxisüblichen Getreidereihenabstand von 12,5 cm wurde der Harnstoff in jeder zweiten Saatreihe abgelegt (Abb. 1a). Dagegen ermöglichte die Einzelkornsaat im Winterraps (Reihenabstand 37,5 cm) eine Platzierung zwischen jeder Saatreihe (Abb. 1b).

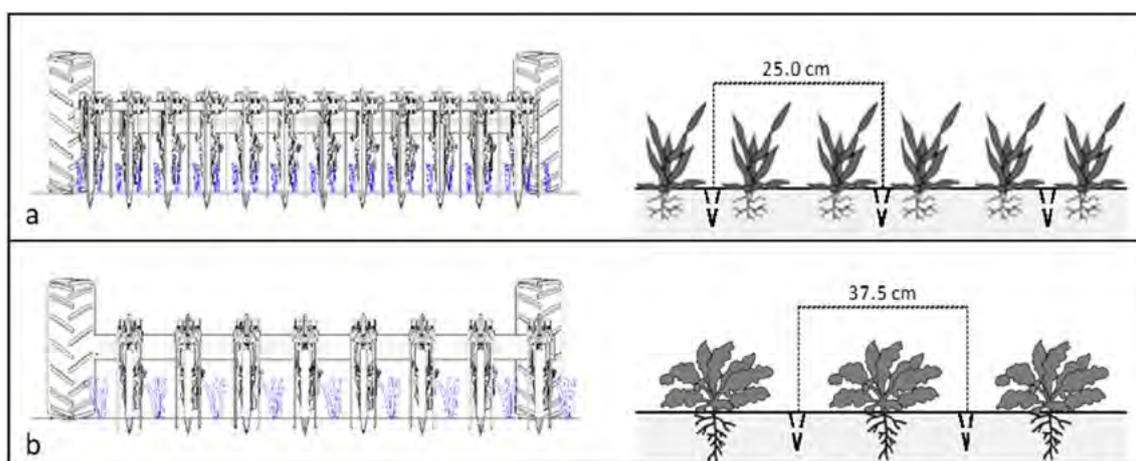


Abb. 1: Schematische Darstellung des Side-Dressing-Verfahrens in Getreide (a) und Raps (b)

Der Versuchsstandort Bernburg–Strenzfeld (Sachsen-Anhalt) weist eine Schwarzerde mit stark tonigem Schluff (Ut4) auf, bei einer durchschnittlichen Ackerzahl von 90 Bodenpunkten. Der im lateinischen Quadrat angelegte Feldversuch wurde über den gesamten Versuchszeitraum hinsichtlich gasförmiger N-Verluste (NH_3 und N_2O) und weiteren agronomisch bedeutsamen Parametern

(Erträge, Erntequalitäten) beprobt. Mit einer mittleren Jahresniederschlagssumme (1981 bis 2010) von 519 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur (1981 bis 2010) von 9,7 °C ist der Standort vom mitteldeutschen Binnenklima geprägt, welches zu häufiger Vorsommertrockenheit führen kann. Diese Trockenheit bestätigte sich im gesamten Versuchszeitraum, wodurch das hohe Ertragspotenzial des Standortes nicht ausgeschöpft werden konnte sowie erheblichen Einfluss auf die weiteren untersuchten agronomischen Parameter (wassergefülltes Porenvolumen, N_{\min} , N-Saldo) hatte. Somit konnten die Erträge in allen 3 Versuchsjahren als unterdurchschnittlich eingestuft werden. Bezüglich des Verfahrensvergleiches der beiden Innovationen hat sich die stabilisierte Variante gegenüber der oberflächlichen Breitverteilung (Standardverfahren) als tendenziell treibhausgasmindernd herausgestellt, während die platzierte Applikation im Sidedressing zu etwas höheren Emissionen führte. Anzumerken ist jedoch, dass im beobachteten Versuchszeitraum nur sehr geringe NH_3 - und N_2O -Emissionen gemessen wurden, was unter anderem auf die Witterungsbedingungen zurückgeführt werden kann und sich nicht zwischen den geprüften Varianten statistisch absichern ließ. Die daraus resultierenden Emissionsfaktoren lagen deutlich unter den in der Literatur definierten Emissionsfaktoren. Das Potenzial des Side-Dressing-Verfahrens wird jetzt hinsichtlich der Eignung für die wurzelnaher Applikation organischer Pellet-Dünger geprüft.

Literatur

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019): Klimaschutzprogramm 2030. Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030, 3.4 Maßnahmen in den Sektoren, S. 106
- RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH (2017): Technische Zeichnungen zum Side-Dressing-Verfahren, unveröffentlicht

Weiterentwicklung von Erosionsschutzverfahren im Mais unter der Herausforderung des Verzichts auf Glyphosat

LUKAS WACHTER, FLORIAN EBERTSEDER

1 Hintergrund

Insbesondere beim Anbau von Reihenkulturen wie Mais und infolge verstärkt auftretender kleinräumiger Starkregenereignisse spielt der Erosionsschutz eine immer wichtigere Rolle (Auerswald et al. 2019, Fischer et al. 2019). Zusätzlich werden die Trockenperioden länger und häufiger. Deshalb kommt einem resilienten Anbausystem eine besondere Bedeutung zu, um das Wasser in der Fläche zu halten. Herausfordernd wird dies noch vor dem Hintergrund politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen. Eine umweltschonende Technik zur Gülleausbringung wird nicht zuletzt durch die Novellierung der Düngeverordnung unabdingbar. Zudem stellt die Forderung nach Verzicht auf den Einsatz von nicht-selektiven Herbiziden, wie Glyphosat, die Landwirtschaft vor neue und große Herausforderungen.

Im konventionellen Landbau müssen daher Verfahren entwickelt und unter verschiedenen Standort- und Witterungsbedingungen geprüft werden, die die Böden ohne die Option „Glyphosat“ mit möglichst geringem Herbizideinsatz vor Erosion schützen und sichere Erträge gewährleisten. Das Zusammenspiel einer geeigneten Zwischenfrucht, der Art und Weise der Gülleausbringung bzw. -einarbeitung und des Herbizidmanagements im Mais ist standortspezifisch auszuloten und anzupassen.

2 Ziele

- Vergleich unterschiedlicher Herbizidstrategien, insbesondere zwischen Varianten mit Glyphosatbehandlung im Voraufbau und solchen mit glyphosatfreier Herbizidanwendung
- Auswirkungen differenzierter Gülleausbringsysteme auf die Maispflanzenentwicklung
- Vergleich von Zwischenfruchtmischungen hinsichtlich Mulchabdeckung und Unkrautunterdrückung

3 Methode

Für den Systemvergleich werden an zwei Standorten Versuche mit Großparzellen durchgeführt. Eine Versuchsfläche befindet sich an einem Gunststandort für Mais in Niederbayern (Landkreis Passau), die zweite an einem Trockenstandort in Unterfranken (Landkreis Schweinfurt). Neben einer unbehandelten Kontrolle werden für die direkte Unkrautregulierung die Vorsaatbehandlung mit Glyphosat mit zwei konventionellen, glyphosatfreien Behandlungen verglichen. Bei Letzteren handelt es sich um situativ und ortsüblich angewandte Varianten, bei denen eine mit voller und die andere mit reduzierter Aufwandmenge durchgeführt werden. Ebenso finden drei unterschiedliche Gülleausbringsysteme (Breitverteiler als Bearbeitungsvariante, Schleppschuh zur Direktsaat

und Strip Tillage) ihre Anwendung, die hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Maispflanzenentwicklung getestet werden. Des Weiteren kommen drei abfrierende Zwischenfruchtmischungen zum Einsatz.

Wichtige Beurteilungskriterien der Versuche sind der Feldaufgang sowie die Kulturentwicklung, die Unkrautunterdrückung, die Intensität der Mulchabdeckung durch die unterschiedlichen Zwischenfruchtmischungen und nicht zuletzt der Ertrag.

4 Erste Ergebnisse

Mit Abschluss des ersten vollständigen Versuchsjahres 2020 können erste Ergebnisse bereitgestellt werden. Hierbei ist es wichtig zu erwähnen, dass sich die Erkenntnisse für beide Standorte nur auf ein Jahr beziehen, weswegen es für gesicherte Aussagen noch zu früh ist.

Die laufenden Versuche zeigen schon, dass ein erfolgreiches Herbizid-Management eng mit dem Gülleausbringsystem korreliert und von mehreren Faktoren abhängig ist. Unter optimalen Bedingungen (Standort, Witterung, Unkrautdruck etc.) kann es durchaus Jahre geben, in denen eine reduzierte Aufwandmenge bis hin zum Komplettverzicht auf eine Herbizidapplikation erfolgversprechend ist.

Die Art der Gülleausbringung wirkt sich stark auf den Unkrautdruck im Frühjahr sowie die Jugendentwicklung der Maispflanzen aus. Denn eine entsprechende Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers fungiert als mechanische Beikrautregulierung, was sich auch auf den Ertrag auswirkt.

Es zeigt sich auch in diesem Versuch, dass nur dichte und gut entwickelte Zwischenfruchtbestände in der Lage sind, Ausfallgetreide und Unkraut gut zu unterdrücken. Optimale Aussaat- und Wachstumsbedingungen sind deshalb unabdingbar. Nur dann kann sowohl die Erosion als auch die Unkrautkonkurrenz auf niedrigem Niveau gehalten werden.

Literatur

Auerswald, K.; Fischer, F.; Winterrath, T.; Elhaus, D.; Maier, H.; Brandhuber, R. (2019): Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und die Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. In: Bachmann, G.; König, W.; Utermann, J. (Hg.) Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser (Loseblattsammlung), Berlin, Erich Schmidt Verlag, 4090, 21 s.

Fischer, F. K.; Winterrath, T.; Junghänel, T.; Walawender, E.; Auerswald, K. (2019): Mean annual precipitation erosivity (R factor) based on RADKLIM Version 2017.002, DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM_Rfct_V2017.002

Link

<https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/228035/index.php>

Entwicklung innovativer Strategien zum Glyphosatverzicht im pfluglosen Ackerbau – EIP-Projekt

JANA EPPERLEIN, ANJA SCHMIDT

Die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln ist eine zentrale Forderung von Gesellschaft und Politik. Die Anwendungen sollen auf ein notwendiges Maß beschränkt werden, weshalb Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes verstärkt gefördert werden. Durch den Wegfall bisher genutzter Herbizide wird die Unkrautkontrolle im konventionellen pfluglosen Ackerbau sowie in Direktsaatverfahren zukünftig zu einer Herausforderung.

Im EIP-Projekt werden alternative Anbausystemen bei Glyphosatverzicht untersucht, um weiterhin pfluglosen Ackerbau und Direktsaat mit all seinen Vorteilen auch im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes betreiben zu können. Innerhalb einer vierjährigen Fruchtfolge kommen verschiedene Strategien zum Einsatz, um unerwünschte Beikräuter zu unterdrücken. Dem Herbizideinsatz werden hierbei praxisgetriebene Neuentwicklungen, wie die elektrophysikalische Unkrautbekämpfung, und alternative Lösungsansätze mechanischer und biologischer Verfahren (Zwischenfrüchte, Untersaaten, Begleitpflanzen) gegenübergestellt. Das Projekt nutzt Smart-Farming-Lösungsansätze wie georeferenzierte Probenahmen, den Einsatz von Drohnentechnik, Multispektralkameras, Bodenscanner und Satellitendaten, um Verfahrenskombinationen zu erproben. Die Ergebnisse sollen in ein Tool einfließen, das Handlungsempfehlungen zur Reduzierung des Glyphosateinsatzes gibt.

Das Interesse der Praktiker zu den bisher durchgeführten Feldtagen auf den Versuchsflächen in Niedersachsen, den Workshops und den Social-Media-Beiträgen ist hoch. Beim Einsatz von Glyphosat zeigt sich, wie zu erwarten, zu jeder Hauptkultur ein hoher Wirkerfolg bei der Bekämpfung von Unkräutern und Ausfallgetreide/Ausfallraps vor der Aussaat. Auch mit den flachen mechanischen Bodenbearbeitungen konnten gute Wirkerfolge erzielt werden. Bei der elektrophysikalischen Bekämpfung ist der Wirkerfolg stark vom Entwicklungsstadium der Unkräuter und Ausfallgetreide abhängig. Hier kann es vor allem bei den Ungräsern zu einem Wiederaustrieb kommen. Bei den untersuchten Parametern wie Regenwürmer oder auch Mykorrhiza zeigt sich ein Vorteil in den Varianten mit wenig Bodeneingriff, bei dem viel Biomasse auf der Ackerfläche verbleibt. Neben technischen Möglichkeiten des Landwirts zur Bekämpfung von Unkraut und Ausfallgetreide vor der Aussaat wird ebenfalls noch der monetäre Einsatz bei der Verwendung der Technik stehen, welcher im Laufe des Projektes ausgewertet wird.

Erosionsschutz durch konservierende Bodenbearbeitung und Transfermulch (nicht nur) im Ökolandbau

JULIA SCHUMANN, ULF JÄCKEL

Untersucht wurden die Auswirkungen dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung und der Ausbringung von Transfermulch in einer ökologischen Marktfruchtfolge (viehloser Betrieb) auf die Resilienz gegenüber Starkregen (Wassererosion).

Verglichen wurden die Faktoren

- konventionelle und dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung sowie
- mit und ohne Ausbringung von Transfermulch (Stroh zu Ackerbohnen, Klee zu Kartoffeln) in den Kulturen Kartoffeln und Ackerbohnen.

Dazu wurden Beregnungsversuche mit einer Beregnungsanlage durch die TU Bergakademie Freiberg durchgeführt, die einen Blockregen mit einer Intensität vergleichbar einem Starkregen simuliert. Mit Rückführung des aufgefangenen Abflusswassers als Überstau konnte die Hanglänge virtuell verlängert werden, um die Rauigkeit der Bodenoberfläche zu ermitteln. Diese wird in Erosionsmodellen wie E2D und E3D (Michael 2000) zur Berechnung des Erosionswiderstandes herangezogen. Das Volumen des nach einer Durchfeuchtung des Bodens entstandenen Abflusses auf den 3 m² Beregnungsfläche wurde bestimmt sowie beprobt, die Sedimentkonzentration des Abflusses ermittelt und daraus die Erosionsanfälligkeit des Bodens eingeschätzt. Zudem wurden vor und nach den Beregnungen Bodenproben genommen und auf den Gehalt an organischem Kohlenstoff untersucht sowie die Lagerungsdichte und der Wassergehalt des Oberbodens bestimmt.

Die langjährig pfluglose Bodenbearbeitung führte zu einer Abflachung der Infiltrationskurven in beiden Kulturen. Der Boden behält durch das stabilere Bodengefüge und einen höheren Anteil an Makroporen über längere Zeit eine hohe Infiltrationsfähigkeit. Die im Beregnungsexperiment ermittelten Endinfiltrationen waren in der pfluglosen Bearbeitungsvariante stets höher als in der konventionell bearbeiteten, es kann also mehr Niederschlagswasser in den dauerhaft konservierend bearbeiteten Boden gelangen. Die Ausbringung von Klee als Mulch zu Kartoffeln bewirkte ebenfalls eine Erhöhung der Infiltrationsraten (Abb. 1) und damit die Menge des für Pflanzenwachstum verfügbaren Wassers. Bemerkenswerter war jedoch die Verringerung der Sedimentkonzentration im Abfluss um rund 80 %. Insgesamt kann die Ausbringung des Mulches damit eine deutliche Reduzierung der Austräge (erodierte Bodenmenge) bewirken. Mit dem Ausbringen von Transfermulch kann auf gepflügten Kartoffelflächen ein gewisser Schutz vor Wassererosion erreicht werden, auf ungepflügten Flächen lässt sich ein Sedimentabtrag damit fast vollständig verhindern. Das Stroh als Mulch zu Ackerbohnen hatte ebenfalls einen direkten Effekt auf die Sedimentkonzentrationen (Abb. 1) im Abfluss, auch hier wurden sie reduziert. Da bei den Ackerbohnen einjährig konservierende mit dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung verglichen wurde, waren die Erosionsanfälligkeit im Vergleich zu den Kartoffelflächen und damit die Schutzeffekte des Mulches deutlich geringer.

Konservierende Bodenbearbeitung erhöht die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens und reduziert dessen Erosionsanfälligkeit. Das Ausbringen von Mulchmaterial kann insbesondere nach intensiver Bodenbearbeitung die Schutzeffekte erhöhen und zusätzlich den Sedimentabtrag reduzieren.

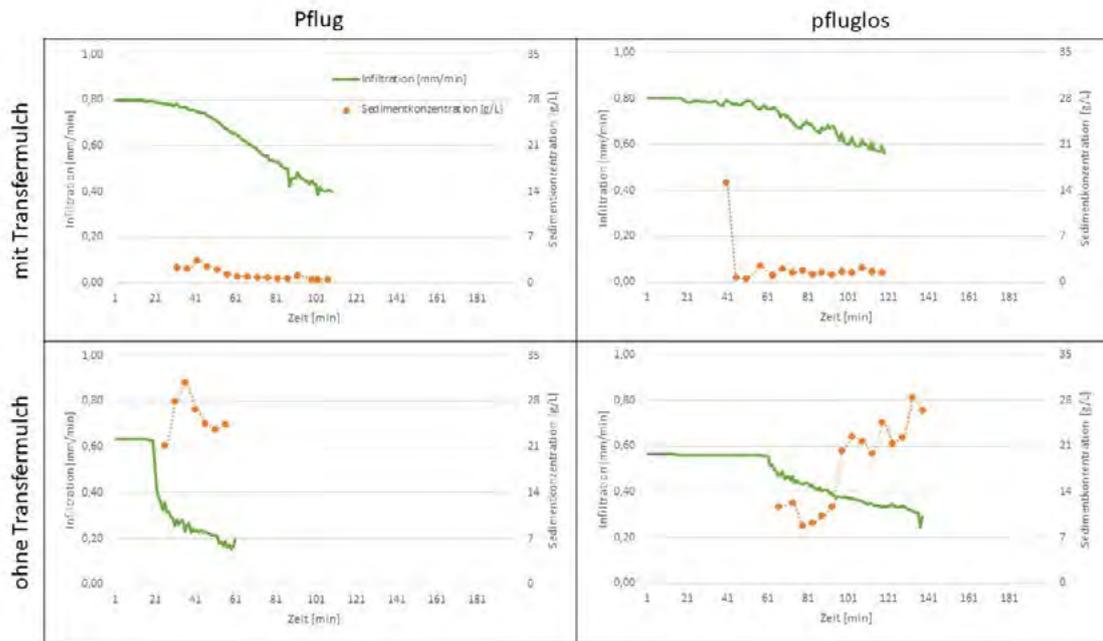


Abb. 1: Infiltrationskurve und Sedimentkonzentration des Abflusses der Beregnungsversuche auf Kartoffeln (© J. Schumann)

Das Projekt „VORAN – Verbesserung ökologischer Fruchtfolgen mit Transfermulch für ein regeneratives angepasstes Nährstoff-Management“, in dem die Beregnungsversuche erfolgten, wird im Rahmen des Förderprogramms „Bundesprogramm ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ (BÖLN) von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert.

Literatur

Michael, A. (2000): Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells EROSION2D/3D – Empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

Bodenwasserschutz und Stickstoffversorgung mit Transfermulch

LARISSA HOFF, ULF JÄCKEL

Im Projekt „VORAN – Verbesserung ökologischer Fruchtfolgen mit Transfermulch für ein Regeneratives, angepasstes Nährstoffmanagement“ (gefördert im BÖLN-Programm) wird in einer viehlosen Ökofruchtfolge untersucht, wie sich Bodenbearbeitung (Pflug/pfluglos nur im Feldversuch) und Düngung (mit/ohne Mulch, Feld- und Gefäßversuch) auf die Nährstoffversorgung, den Bodenwassergehalt und den Ernteertrag auswirken. In einem Gefäßversuch wird in Mitscherlichgefäßen die Wirkung von Weizenstroh und Rotklee als Mulchauflage auf die Nährstoffversorgung von Mais und den Wasserverbrauch in den Bodenarten Sand (S), lehmiger Sand (IS) und Löß (mitteltoniger Schluff, Ut4) untersucht. Über eine automatische Gießanlage wird den Gefäßen mehrmals täglich das über Evapotranspiration (1 Maispflanze) oder Evaporation (unbewachsen) entzogene Wasser wieder zugeführt, wobei der Wasserverbrauch gemessen wird. Monatlich werden den Gefäßen ohne Bewuchs Bodenproben entnommen und auf Nmin-Gehalte untersucht.

In den Gefäßen ohne Bewuchs zeigten sich deutliche Unterschiede im Wasserverbrauch zwischen den Varianten mit Mulchauflage im Vergleich zu den unbedeckten Böden. Die Mulchauflage Stroh (50 dt/ha, C:N = 67:1) blieb über die gesamte Versuchsdauer auf allen Bodenarten erhalten und damit als Verdunstungsschutz wirksam. Die Bedeckung mit Klee (312 dt FM/ha, 15 % TS, C:N = 10:1) war anfangs ebenso wirksam wie Stroh, ließ jedoch aufgrund des Abbaus des Blattmaterials ab der 3. Versuchswoche im Verdunstungsschutz nach. Die N-Freisetzung war in den Gefäßen mit Kleemulch am höchsten, in den Gefäßen mit Strohmulch am geringsten.

In den Gefäßen mit Bewuchs zeigte sich nur im lehmigen Sand ein ähnliches Bild. In den Böden S und Ut4 waren die Bodenwasserverluste bis BBCH 71 sehr ähnlich. Mit Einbeziehung der Biomassebildung über die Wassernutzungseffizienz (g TS-Bildung je 1 Wasser) sind jedoch Unterschiede erkennbar. Kleemulch führte mit der Kombination aus Verdunstungsschutz und N-Freisetzung zum höchsten Biomassezuwachs im Mais, während Stroh trotz nur oberflächlicher Auflage offensichtlich zu einer N-Festlegung und damit Ertragsreduktion führte. Die Nmin-Gehalte der einzelnen Böden entwickelten sich in Abhängigkeit von der Mulchauflage. Im Jahresverlauf enthielten die Böden mit Strohmulch vergleichsweise wenig Nmin. Dies gilt insbesondere für die nährstoffreichere Bodenart Ut4 und ist ebenfalls mit einer N-Immobilisierung aufgrund des weiten C:N-Verhältnisses zu begründen. In den Bodenarten IS und S lagen hingegen die Nmin-Werte in den unbedeckten Böden am niedrigsten.

In den Parzellenversuchen im Freiland (Löß, Ut4), hier wurde nur Klee als Mulch ausgebracht, war die Mulchdecke nicht dicht genug, um Beikräuter zu unterdrücken. Deshalb wurde hier gehackt und dabei Mulchmaterial eingearbeitet. Der Einfluss des Mulches auf den Bodenwasserhaushalt war deshalb eher gering. Die Messung der Bodenwassergehalte mit TDR-Sonden unter Mais zeigte die stärksten Abnahmen der Bodenfeuchte nach Pflugeinsatz ohne Mulch, die geringsten Wasserverluste in der Variante pfluglose Bodenbearbeitung mit Mulch. Ertragsmäßig spiegelte sich dieser Vorteil lediglich im Jahr 2020 wider, während 2019 der höhere Beikrautbesatz der gemulchten Parzellen, hier fiel der erste Pflegegang aus, zu Ertragsrückgängen im Mais und in Kartoffeln führte (Abb. 1).

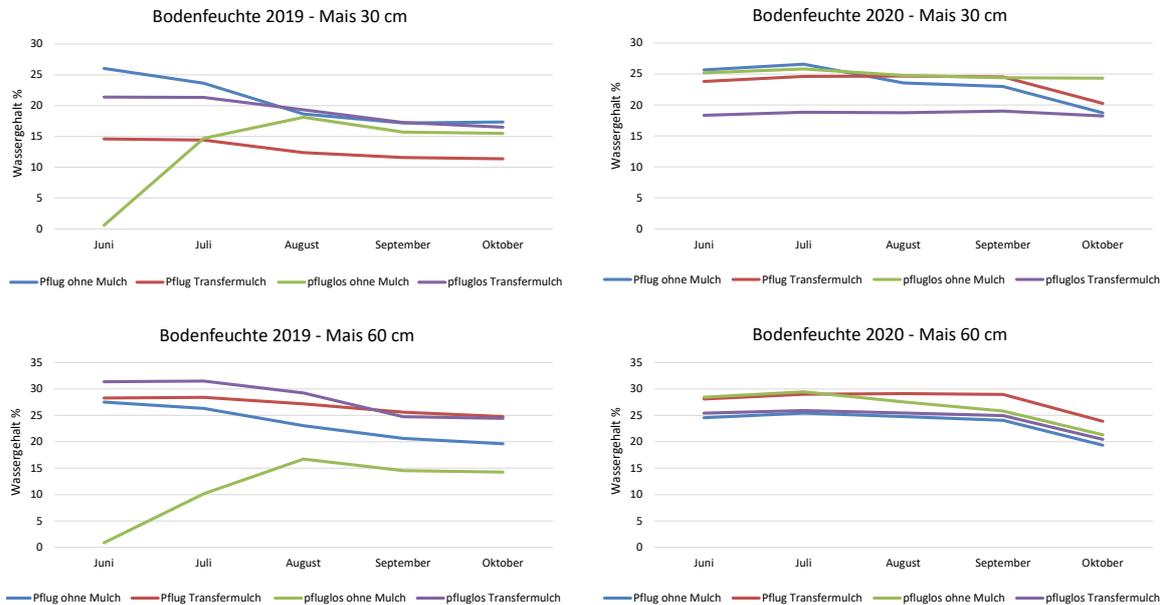


Abb. 1: Bodenfeuchte in den beprobten Parzellen (© Hoff)

Mulchauflagen können Wasserverluste durch Verdunstung reduzieren. Bei einem C:N-Verhältnis von 10:1 im Mulch wird die Substanz relativ schnell abgebaut und lässt in der Schutzwirkung nach, trägt aber durch die Düngewirkung zum Pflanzenwachstum bei. Mit stärkeren Mulchauflagen kann die Schutzwirkung verlängert werden, ohne die N-Versorgung zu beeinträchtigen. Ein weites C:N-Verhältnis wie im Stroh kann hingegen zu verringerter N-Verfügbarkeit für die Pflanzen führen.

Ökonomische Bewertung von Bodenverdichtungen und mögliche Vorteile durch angepasstes Bodenmanagement bei unsicheren Ertragseffekten

SANDRA LEDERMÜLLER

Anthropogene Bodenverdichtung auf Ackerflächen wird durch intensiven Feldverkehr unter ungünstigen Witterungsbedingungen verursacht. Sie führt zu abnehmendem Porenvolumen und zu Veränderungen der Porengrößenverteilung und damit zu einem gestörten Wasser- und Gashaushalt im Boden mit weitreichenden ökologischen und ökonomischen Folgen. Landwirte sind dabei sowohl gestaltende als auch betroffenen Akteure. Interviews und Workshops mit Landwirtinnen und Landwirten zeigten, dass die negativen wirtschaftlichen Auswirkungen von Bodenverdichtung oft nicht eindeutig zu erkennen sind und der wirtschaftliche Aufwand zur Vermeidung von Bodenverdichtung (Vermeidungskosten) im Vergleich zum Nutzen relativ hoch eingeschätzt wird. Die direkten Ertragseffekte von Vermeidungsmaßnahmen sind aus Sicht von Landwirtschaft und Wissenschaft schwer quantifizierbar, da sie zusätzlich von Bodenart, Bodenwassergehalt und Witterungsbedingungen abhängen. Auch ökonomische Größen, wie Kraftstoffverbrauch und Arbeitsaufwand, sind als Folgekosten eher indirekt mit Bodenverdichtung verbunden, müssen für ganzheitliche Analysen jedoch berücksichtigt werden. Da Landwirte Maßnahmen nur dann anwenden, wenn ihre geschätzten Kosten die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebs nicht beeinträchtigen, ist eine Transparenz von Kosten und Nutzen von höchster Relevanz.

Ziel dieser Arbeit war es zu evaluieren, ob Folgekosten die Vermeidungskosten von Bodenverdichtung übersteigen und somit als Parameter für die Quantifizierung des Nutzens von Vermeidungsmaßnahmen herangezogen werden können, auch wenn die Ertragseffekte schwer quantifizierbar bleiben.

Dazu wurden beispielhaft für einen mittleren Betrieb im Raum Hildesheim mit einem hohen Zuckerrübenanteil in der Fruchtfolge und lehmig-schluffigen Böden verschiedene Szenarien mittels des Betriebsmodells FarmBoss modelliert: So wurden die ökonomischen Auswirkungen a) des Einsatzes von Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtungen bei der Zuckerrübenenernte und b) der Folgekosten (hauptsächlich Arbeit und Kraftstoff) von Bodenverdichtungen evaluiert. Dabei wurden die Ertragseffekte durch drei Szenarien integriert: a) wie in wissenschaftlichen Versuchen gemessen, b) wie von Landwirten geschätzt, c) ignoriert. Der Beitrag veranschaulicht die ökonomischen Auswirkungen mittels verschiedener betriebsökonomischer Kenngrößen wie gesamtbetrieblicher Gewinn, Maschinen-, Personal- und Dieselkosten.

Die Ergebnisse tragen dazu bei, das Bewusstsein von Landwirtinnen und Landwirten für die wirtschaftlichen Folgen von Bodenverdichtung über die Ertragseffekte hinaus zu schärfen und mögliche ökonomische Vorteile aufzuzeigen.

Streifenbodenbearbeitung als Anpassung des Produktionsverfahrens an den Klimawandel im mitteldeutschen Trockengebiet

SIV BIADA, REINHARD ROSSBERG, ALEXANDER VON CHAPPUIS, ANDREAS BÜCHSE, KLAUS ERDLE

1 Einleitung

Bei häufiger auftretenden Wetterextremen steigt die Bedeutung des Bodenmanagements. Es müssen Verfahren entwickelt werden, um Erosionsgeschehen zu verringern, den Energieaufwand für die Bodenbearbeitung zu reduzieren und Wasser effizient zu nutzen. Ein vielversprechendes Verfahren ist die in Nordamerika entwickelte Streifenbearbeitung (Strip Tillage). Dabei wird der Boden nur im späteren Saatbereich gelockert, während in den Zwischenräumen keine Bodenbearbeitung erfolgt. Diese Methode wurde parallel in verschiedenen Kulturen mit Mulchsaat und Direktsaat am Internationalen DLG-Pflanzenbauzentrum (IPZ) in Bernburg, Sachsen-Anhalt, verglichen. In sieben Jahren wurden in einer Fruchtfolge mit Winterraps, Winterweizen und Silomais verschiedene Ertragsparameter sowie ökonomische Aspekte geprüft.

2 Material und Methoden

Standort und Versuchsdesign:

- Südrand der Magdeburger Börde im Regenschatten des Harzes
- mittlere Durchschnittstemperatur: 10,6 °C (Mittelwert der Jahre 2012 bis 2020)
- Jahresniederschlag 480 mm (Mittelwert der Jahre 2012 bis 2020)
- Parzellengröße: 18 x 46 m, zweifaktorielle Spaltanlage mit vierfacher Wiederholung

Die angebauten Sorten (Raps: Sherpa, Winterweizen: JB Asano, Mais: Ricardinio) wurden während der Versuchslaufzeit beibehalten. Dünger und Pflanzenschutz wurden entsprechend der rechtlichen Grundlagen und nach Schadschwellen eingesetzt.

Bodenbearbeitungsvarianten:

1. Mu: Mulchsaat (Einsatz der Scheibenegge zum Stoppelsturz, anschließend Grubber)
2. St-Mu: Streifenbearbeitung zu Winterraps und Silomais, Mulchsaat zu Getreide
3. St: konsequente Streifenbearbeitung (Streifenbearbeitung zu allen Kulturen)
4. St-Mu-Dü: analog zu St-Mu + Phosphor/Kalium als Unterfußdüngung zur Streifenbearbeitung
5. St-Dü: analog zu St + Phosphor/Kalium als Unterfußdüngung zur Streifenbearbeitung
6. Di: Direktsaat

3 Ergebnisse

Über die Dauer des Versuches veränderten sich die Witterungsbedingungen hin zu höherem Hitze- und Trockenstress am Standort. Die pflanzliche Entwicklung und die resultierenden Erträge zeigen, dass (Tab. 1):

- der Wasserhaushalt durch Strip Tillage positiv beeinflusst wird,
- Winterraps in Strip Tillage höhere Erträge produzierte,
- Strip Tillage auch für Silomais gut funktioniert,
- Weizen nach Raps oder Mais und bei 50 % Saatstärke in Strip Tillage vergleichbare Ergebnisse zu Mulchsaat erzielt und
- die PK-Düngung durch die Jahreseffekte überlagert wurde.

Tab. 1: Kornsertrag der Erntejahre 2014 bis 2020¹⁾

Variante	Raps		Raps-Weizen		Silomais		Mais-Weizen	
Mu	97,5	(6,1)	100,9	(2,9)	101,5	(7,5)	102,0	(4,8)
St-Mu	100,8	(5,0)	100,8	(3,8)	100,4	(6,9)	101,2	(3,9)
St	102,4	(3,3)	96,5	(6,1)	96,9	(12,1)	99,4	(5,1)
St-Mu-Dü	102,1	(3,9)	102,6	(2,8)	101,7	(5,8)	99,8	(3,1)
St-Dü	101,6	(4,6)	98,7	(5,9)	103,4	(5,2)	99,8	(5,3)
Di	95,6	(7,0)	100,5	(8,7)	96,0	(20,9)	97,7	(12,6)
F-Test								
Variante	F = 7,72 ***		F = 2,71*		F = 6,53***		F = 2,54*	
Jahr · Variante	F = 3,72 ***		F = 4,44***		F = 7,41***		F = 5,93***	

¹⁾ Relativ, Mittelwert einer Kultur in einem Jahr = 100,

Werte in Klammern = Standardabweichung der jeweils 7 Mittelwerte Kultur · Jahr · Verfahren)

4 Fazit

Der Anbau von Winterweizen, Raps und Mais in weiten Reihen (Strip Tillage) bietet großes Potenzial für vergleichbare Standorte mit ausgeprägter Frühsommertrockenheit. Bei vergleichbarem Ertrag und teilweise halber Saatstärke (Winterweizen) bleiben in Strip Tillage ca. 2/3 des Bodens un bearbeitet und bietet damit Kostenersparnis, Erosions-, Verdunstungs- und Bodenschutz. Bei der Wahl der Sorten im Weizen ist weniger auf Einzellärentypen und mehr auf Bestockungstypen zu achten und die Saatstärke daran anzupassen.

Literatur

Ahlers, S.; Rossberg, R. (2017): Erste Ergebnisse aus Bernburg, DLG-Mitteilungen 2, S. 92-93

Ahlers, S. (2018): Streifen gegen den Trockenstress? – Was kann das StripTill-System? Bauernzeitung 11, S. 8-10

Die Funktion von Bodenorganismen in NOcsPS-Anbausystemen

ROMINA SCHUSTER, SVEN MARHAN, ELLEN KANDELER

Die Landwirtschaft steht weltweit vor einem großen Problem. Die Flächen, welche für den landwirtschaftlichen Anbau genutzt werden können, sind limitiert und reduzieren sich durch die Folgen des Klimawandels (Zhang und Mai 2010) und der Urbanisierung (Martellozzo et al. 2014) weiterhin stark. Um die steigende Weltbevölkerung zukünftig weiterhin ernähren zu können, ist es unumgänglich, Methoden für eine klima- und umweltschonende Entwicklung von Nahrung zu finden. Gerade der Einsatz von Pestiziden steht in zunehmender Kritik, da die Auswirkung auf die Umwelt erheblich ist. Studien zeigen, dass Pestizide in der Regel negative Reaktionen bei Bodenmikroorganismen und Bodentieren auslösen (Rodriquez-Campos et al. 2014) und zur Reduktion von Diversität und Abundanz und folglich zum Verlust wichtiger bodenbiologischer Funktionen führen können. Wie wichtig Bodenorganismen für die Bodengesundheit sind, wird deutlich, wenn man die Rolle, welche sie im Boden übernehmen, betrachtet. Bodenmikroorganismen sind beispielsweise für die Nährstoffzyklen und den Abbau von organischem Material zuständig, wohingegen Bodentiere, wie Regenwürmer, die Infiltration von Wasser und Luft ermöglichen. Als Konsortium des Projektes „Agrarsysteme der Zukunft“ setzt sich „NOcsPS Landwirtschaft 4.0 – ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz“ das Ziel, eine innovative und nachhaltige Anbaumethode zu entwickeln. Der vollständige Verzicht auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz stellt aus der Sicht des Umwelt- und Ressourcenschutzes eine mögliche Methode dar, um die bodenbiologischen Funktionen und die Abundanz und Diversität von Bodenorganismen im Vergleich zum konventionellen Anbau optimal zu fördern. Im Kontrast dazu könnte die verstärkt notwendige Bodenbearbeitung in den alternativen Systemen mögliche positive Effekte allerdings wieder zunichtemachen.

Um die möglichen positiven Auswirkungen, welcher der Verzicht auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz mit sich bringt, zu untersuchen, werden Bodenproben von Winterweizenfeldern in einer Tiefe von 0 bis 20 cm von den neu angelegten Systemversuchen in Hohenheim und Dahnsdorf entnommen und auf wichtige bodenbiologische Funktionen untersucht. Hierbei werden beispielsweise mikrobielle Analysen bezüglich der Biomasse, Bodenatmung und der Enzymaktivität durchgeführt. Weiterhin wird eine Bestandsaufnahme der Regenwurmpopulation sowie von Vertretern der Mesofauna (Gamasina und Collembola) durchgeführt.

Die Kurzzeiteffekte, die der Verzicht auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz mit sich bringt, konnten ein Jahr nach Beginn des Systemversuches in Hohenheim analysiert werden. Ein Jahr nach Beginn des Versuches konnten wir bisher keine, bis wenige signifikante Unterschiede bei den zu untersuchenden Variablen finden. So zeigten sich beispielsweise bei der mikrobiellen Biomasse keine statistisch signifikanten Unterschiede. Lediglich bei den Collembolen (Springschwänze) weisen die beiden NOcsPS-Anbausystem eine höhere Abundanz auf.

Die Vermutung, dass die erhöhte Bodenbearbeitung in den nicht konventionell behandelten Winterweizenflächen die Abundanz von Bodentieren reduzieren könnte, wurde bisher nicht bestätigt. Die geringen Unterschiede zwischen den Behandlungen waren aufgrund der geringen Zeit, die zwischen der Initiierung der Systemversuche und der ersten Probenahme lag, zu erwarten. Ebenso ist zu erwarten, dass sich die Unterschiede erst mit fortlaufender Dauer des Systemversuches herausstellen. Bei der folgenden Probenahme kann neben dem Anbausystem ebenso die Vorfrucht als Faktor betrachtet werden.

Die bodenmikrobiellen Analysen der Folgen von NOcsPS, ebenso wie eine erste Bestandsaufnahme der Populationen von wichtigen Bodentieren in Dahnsdorf konnten noch nicht durchgeführt werden und ist für das Frühjahr 2021 erstmalig geplant.

Literatur

- Martellozzo, F.; Ramankutty, N.; Hall, R.J.; Price, D.T.; Purdy, B.; Friedl, M.A. (2014): Urbanization and the loss of prime farmland: a case study in the Calgary-Edmonton corridor of Alberta. *Regional Environmental Change*, 15, 881-893
- Rodriguez-Campos, J.; Dendooven, L.; Alvarez-Bernal, D.; Contreras-Ramos, S.M. (2014): Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: a review. *Applied Soil Ecology*, 79, 10-25
- Zhang, X.; Cai, X. (2011): Climate change impacts on global agricultural land availability. *Environmental Research Letters*, 6

Begleitender Versuch zur Kohlenstoffanreicherung in landwirtschaftlichen Böden als klimawirksame Maßnahme

ZAUR JUMSHUZZADE, HANS MARTEN PAULSEN

1 Einleitung

In Pariser Abkommen wurde die „Vier-Promille-Initiative“ erstmals vorgestellt (Minasny et al. 2017). Die Zielvorstellung ist, jährlich den organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens um 0,4 % zu erhöhen, um damit klimawirksam CO₂ aus der Atmosphäre zu entziehen und die Bodenfruchtbarkeit zu fördern. Inspiriert von dieser Initiative und von staatlichen Programmen, wie der „Carbon Farming Initiative“ in Australien oder der privaten „Ökoregion Kaindorf“ in Österreich entstehen weltweit neue Projekte, die den in landwirtschaftlichen Böden zusätzlich gebundenen Kohlenstoff (C) für den privaten Emissionshandel nutzen wollen. Auch für die Gemeinsame Agrarpolitik der EU ist Carbon Farming im Rahmen der „Farm-to-Fork-Strategie“ als Strategie gegen den Klimawandel benannt. Aufgrund der Reversibilität der Kohlenstoffbindung in Böden und von Anrechnungsproblemen wird die Machbarkeit und Bedeutung der C-Bindung in Böden als Klimaschutzmaßnahme in Europa kritisch diskutiert (Wiesmeyer et al. 2020, Jacobs et al. 2020).

Im Rahmen des Interreg-Nordseeregion-Projekts „Carbon Farming“ (<https://northsearegion.eu/carbon-farming/>) untersuchen wir die praktischen Möglichkeiten und Kapazitäten für die Kohlenstoffanreicherung in landwirtschaftlichen Böden und recherchieren die ökologischen und ökonomischen Wirkungen von bereits existierenden Initiativen als Grundlagen für neue Geschäftsmodelle. In diesem Rahmen wurden Workshops organisiert, bei denen Landwirte, Unternehmen und Interessenvertreter zusammengekommen sind. Ob ausgewählte ackerbauliche Maßnahmen überhaupt in kurzer Zeit zu messbarer C-Anreicherung im Boden und somit zur Generierung von freiwilligen C-Zertifikaten für den Emissionshandel führen können, wird begleitend in Exaktversuchen am Standort Trenthorst untersucht.

2 Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden 3 Versuche unter ökologischer Bewirtschaftung nebeneinander und standorttreu angelegt. Die untersuchten Maßnahmen sind: Anbau von Zwischenfrüchten als Untersaaten, Intensität der Bodenbearbeitung, Zufuhr verschiedener organischer Dünger, Impfung des Saatguts mit N-bindenden Bakterien (Tab. 1). Es werden bodenkundliche Messungen, wie organischer Kohlenstoff (C_{org}) und Stickstoff (N_{tot}), heißwasser-löslicher C und N (all diese mit Elementaranalyse) und Nährstoffanalysen (P, K, Mg) durchgeführt sowie pflanzenbauliche Daten, wie Biomasse- und Ertragsleistung der Haupt- und Nebenkulturen, erfasst. Für die Bestimmung der Trockenrohddichte des Bodens und für die C_{org} (N_{tot})-Analysen werden Stechzylinder-Proben mit 100 cm³ in 5 bis 10 cm und 40 bis 45 cm Bodentiefe benutzt.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die Differenzen der C_{org} -Mengen unter den jeweiligen Varianten der 3 Versuche zwischen Herbst 2019 nach der Ernte und Frühjahr 2019 dargestellt. Es wurden keine signifikanten Unterschiede der C_{org} -Vorräte der Maßnahmen im Vergleich zu jeweiligen „Null“-Variante im ersten Jahr der Bewirtschaftung festgestellt. Wie man anhand der Standardabweichungen sehen kann, sind die Schwankungsbreiten der Werte zwischen den Parzellen groß. Diese Inhomogenität zeigt die Schwierigkeit der Messungen von kleinen Änderungen und erschwert den Nachweis von Bewirtschaftungserfolgen in Carbon-Farming-Projekten. Die Chancen, kurzfristige C-Anreicherungen im Boden zu messen, sind gering, weil die zugeführte organische Masse als Energiequelle für Mikroorganismen dient (Don et al. 2013). Für die langfristige C-Sequestrierung im Ackerbau ist die Umstellung auf weitere Fruchtfolgen und eine konsequente und anhaltende Änderung des Managements erforderlich.

Tab. 1: C_{org} -Vorratsunterschiede im Oberboden der Varianten zur Kohlenstoffanreicherung in 3 Versuchen im ersten Jahr der Bewirtschaftung 2019 (0 bis 30 cm, hochgerechnet aus Volumenprobe; ANOVA und t-Test versuchsweise)

Versuchsvarianten	C_{org} , Differenz Herbst – Frühjahr 2019, Mittelwerte Mg/ha	Standardabweichung	Vergleich
CF1 ohne Untersaat	4,70	1,84	a
CF1 mit Untersaat entfernt	6,72	1,71	a
CF1 mit Untersaat eingearbeitet	0,97	5,30	a
CF2 Pfluglos	-0,76	6,13	b
CF2 Pflug + Bodenbearbeitung normal	-1,17	2,10	b
CF2 Pflug + Bodenbearbeitung intensiv	0,31	4,48	b
CF3 ohne organische Düngung	3,34	3,68	cd
CF3 Champost ¹⁾	-4,03	7,77	d
CF3 Biogassubstrat ¹⁾	5,05	1,07	c
CF3 Holzhackschnitzel ¹⁾	2,39	2,61	cd
CF3 N-bindende Bakterien	-0,59	2,99	cd

¹⁾ Mit den organischen Düngern wurden ca. 1,5 t C/ha (Champost) bzw. 2,5 t C/ha (andere) ausgebracht.

Literatur

- Don, A.; Rödenbeck, C.; Gleixner, G. (2013): Unexpected control of soil carbon turnover by soil carbon concentration. *Environ Chem Lett* 11, pp. 407–413
- Jacobs, A.; Heidecke, C.; Jumshudzade, Z.; Osterburg, B.; Paulsen, H.M.; Poeplau, C. (2020): Soil organic carbon certificates – potential and limitations for private and public climate action. *Landbauforsch J Sustainable Organic Agric Syst* 70(2), pp. 31–35
- Minasny, B.; Malone, B. P.; McBratney, A. B.; Angers, D. A.; Arrouays, D.; Chambers, A.; Chaplot, V.; Chen, Z.-S.; Cheng, K.; Das, B. S. et al. (2017): Soil carbon 4 per mille. *Geoderma* 292, pp. 59–86
- Wiesmeier, M.; Mayer, S.; Paul, C.; Helming, K.; Don, A.; Franko, U.; Steffens, M.; Kögel-Knabner, I. (2020): CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. *BonaRes Series* 2020/1

Optimierung von Anbaustrategien und -verfahren zur Klimaanpassung (OptAKlim)

MADELEINE PAAP, SANDRA KRENGEL-HORNEY, JÖRN STRASSEMAYER, MICHAEL GLEMNITZ, CLAUDIA BETHWELL, KRISTINA KIRFEL, FRIEDERIKE SCHWIERZ, TOBIAS CONRADT, CHRISTOPH MENZ, PETER HOFFMANN, CHRISTINE VON BUTTLER, JOACHIM AURBACHER, PHILIP RABENAU, JANINE MÜLLER

Das Projekt OptAKlim startete 2018 mit dem Ziel Methoden zur Ableitung regionaler landwirtschaftlicher Anbaustrategien und -verfahren zur Klimaanpassung zu entwickeln, welche die THG-Emissionen minimieren und die sich im Klimawandel verändernden Pflanzenschutzverfahren, Produktivität der Anbauverfahren und Fruchtartenverteilungen berücksichtigen. OptAKlim ist ein Förderprojekt aus dem KlimAgrar-Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) zum Klimaschutz in der Landwirtschaft.

Grundlage der Methodenentwicklung ist eine integrative Analyse und Bewertung der Wirkungen verschiedener Anbaustrategien und -verfahren in drei deutschen Modellregionen. Die Anpassungsmaßnahmen werden in regionale Standardanbausysteme integriert und vor dem Hintergrund regionaler Klimaszenarien sowie hinsichtlich verschiedener Pflanzenschutzszenarien analysiert. Besonderes Augenmerk wird bei der Weiterentwicklung der Anbauverfahren auf deren Trade-offs mit Umweltzielen und die Interaktionen auf der Landschaftsebene gelegt. Die Projektergebnisse werden über ein internetbasiertes Informations- und Beratungstool bereitgestellt.

Der Vortrag stellt die Vorgehensweise zur Definition der an den Klimawandel angepassten Anbausysteme und Bewertung ihrer Trade-offs vor. Im ersten Schritt werden für die Modellregionen jeweils drei denkbare Klimaanpassungsstrategien und eine Mitigationsstrategie untersucht. Basis der Klimaszenarien sind 17 CORDEX-Modellketten in einer räumlichen Auflösung von etwa 12,5 km, die mit einem am PIK entwickelten Verfahren auf Basis von Rasterdaten des Deutschen Wetterdienstes bias-adjustiert wurden. Zwei Intensitäten des zukünftigen Klimawandels sind darin durch Perioden um die Referenzjahre 2040 und 2060 im RCP8.5-Szenario definiert. Im zweiten Schritt erfolgte eine Ertragsmodellierung für zehn der wichtigsten Kulturarten der Regionen und deren relative Vorzüglichkeit im Klimawandel. Im dritten Schritt wurden für die Ermittlung des „Ist-Zustand“ der Landbewirtschaftung in den Regionen, unter Verwendung von statistischen Verfahren, Gebiete ähnlicher Kulturartenverteilungen je Region ausgewiesen. Diese Anbacluster wurden mit regionalen Standardanbausystemen für die Hauptkulturarten unteretzt. Hierfür wurden repräsentative generische Pflanzenschutz-Applikationsmuster für drei Behandlungsintensitätsstufen je Region und Kultur definiert. Schritt vier konzentriert sich auf die Integration der jeweiligen Anpassungsmaßnahmen in diese regionalen Standardanbausysteme sowie die Ableitung und Bewertung zukünftiger Applikationsmuster, unter Berücksichtigung von pflanzenbaulichen Anpassungsmaßnahmen, Schaderregern und sonstigen Rahmenbedingungen. Die Standardanbausysteme und Klimaanpassungs- und Mitigationsstrategien werden je Region hinsichtlich betriebswirtschaftlicher Kenngrößen (bzgl. Kosten und Leistungen der weiterentwickelten Anbauverfahren, erforderlichen Feldarbeitstagen, Arbeitsspitzenverteilungen) ökonomisch bewertet. Im Schritt fünf erfolgt mithilfe von Ökosystemmodellen und Risikoindikatormodell SYNOPS eine multikriterielle Analyse der Trade-offs, d.h. der Konsequenzen dieser Anpassungsverfahren für die betrachte-

ten Handlungsfelder der landwirtschaftlichen Betriebe (z.B. Klimaschutz, Bodenschutz, Ökonomie). Durch die Abschätzung von THG-Emissionen und Umweltrisiken durch Pflanzenschutzmittel können beispielsweise emissionsarme Verfahren identifiziert werden. Eine anschließende Multizieloptimierung (hinsichtlich Adaptation an den Klimawandel, Mitigation von THG unter Berücksichtigung von Umweltzielen und ökonomischen Zielen) ermöglicht die Identifikation der für die jeweilige Modellregion optimalen Verfahren.

Die Projektergebnisse sollen den Anpassungsprozess in der deutschen Landwirtschaft unterstützen und dazu beitragen, mögliche Konsequenzen und Chancen der betrachteten Anpassungsstrategien an den Klimawandel umfassender als bisher bewerten zu können.

Danksagung

Die Förderung des Projektes erfolgt aus Mitteln des BMEL über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), ptBLE-FKz: 281B203116.

Bildung zur nachhaltigen Anpassung der Landwirtschaft in Deutschland an den Klimawandel

ANDREAS ZIERMANN, SABINE SOMMER

1 Einleitung

Der Klimawandel ist weltweit eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Zeit, auch für die Landwirtschaft und vor allem die Ressource Boden. Zunehmende Starkniederschläge erhöhen das Erosionspotenzial. Hitze- und Dürreperioden beeinträchtigen das Bodenleben und den Humusgehalt. Bei der Anpassung der Landwirtschaft an die Folgen des Klimawandels spielt daher der Boden eine zentrale Rolle. Gleichzeitig können Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenqualität eine Erhöhung der Biodiversität, Verbesserung des Wasserhaushaltes und Speicherung von CO₂ bewirken und damit zum Klimaschutz beitragen. Das Wissen dazu ist vorhanden, dennoch handeln noch zu wenige landwirtschaftliche Betriebe danach.

Bildung und Beratung zur nachhaltigen Anpassung der Landwirtschaft in Deutschland an den Klimawandel bilden die Brücke von der Wissenschaft hin zur Praxis und können somit einen wichtigen Beitrag dazu leisten, Boden gut zu machen.

2 Das Projekt GeNIAL

Im Projekt GeNIAL werden von Mai 2020 bis April 2022 in Baden-Württemberg und Hessen Unterlagen zum Thema Klimawandel und Anpassung für die Aus- und Fortbildung von Landwirtinnen und Landwirten in den Bereichen Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau erarbeitet sowie Praxisveranstaltungen dazu durchgeführt. Die erarbeiteten Schulungs- und Beratungsunterlagen werden über die Projektregion hinaus bundesweit verbreitet und kostenlos zur Verfügung gestellt.

In einem ersten Schritt wurden Schulungsunterlagen zum Thema Klimawandel und Anpassung für den Einsatz in landwirtschaftlichen Fachschulen erarbeitet. Diese Unterlagen können von den Lehrkräften direkt übernommen oder in die eigenen Unterrichtsunterlagen integriert werden. Begleitend dazu wurden Lehrmodule für die Lehrkräfte entwickelt, anhand derer eigenständige Unterrichtseinheiten durchgeführt werden können. Schwerpunktthema in den pflanzenbaulichen Fächern ist immer wieder die Verbesserung der Bodenstruktur als wichtige Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel.

In einem weiteren Schritt wird ein Beratungsmodul erarbeitet. Auch hier wird das Thema Boden im Fokus stehen. Dabei werden für die Beratungskräfte, analog zu den Lehrkräften von landwirtschaftlichen Fachschulen, Beratungskonzepte mit begleitenden Unterlagen erstellt, um das Thema vermehrt in die landwirtschaftliche Fachberatung einzubringen. Die Bereitstellung attraktiver Beratungskonzepte sollen den Wissenstransfer in die Praxis erleichtern.

Die Projektpartner führen darüber hinaus selbst Fortbildungsveranstaltungen für ausgebildete Landwirtinnen und Landwirte sowie Beratungskräfte durch.

3 Fazit

Durch die erarbeiteten Unterlagen zur Aus- und Fortbildung soll das Thema Klimawandelanpassung in Verbindung mit Klimaschutz, Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit sowie Biodiversität festen Eingang in den Unterricht der landwirtschaftlichen Fachschulen finden und die Beratung um zukunftsweisende Aspekte erweitern. So soll gewährleistet werden, dass nachhaltige Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft eine noch breitere Anwendung finden.

Das Thema Bodenverbesserung ist in diesem Zusammenhang ein zentrales Thema, das mit vielen weiteren Themen wie Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfruchtanbau, effiziente Düngung und Bewässerung verbunden ist. Nur ein vitaler, gesunder Boden mit einem vielseitigen Bodenleben und einer guten Bodenstruktur kann (Stark-)Niederschläge gut aufnehmen, Verschlammung und Erosion länger standhalten und die Feuchtigkeit lange bewahren, sodass sie den Kulturpflanzen auch in trockeneren Perioden zur Verfügung steht.

Projektpartner

LLH (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen)

LTZ (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg)

LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum, Schwäbisch Gmünd)

Danksagung

Möglich ist das Projekt GeNIAL durch die finanzielle Förderung des BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit).

Battleground grain field-marker-assisted selection for Wheat dwarf virus (WDV) tolerance in wheat (*Triticum aestivum*)

ANNE-KATHRIN PFRIEME, ANTJE HABEKUSS, TORSTEN WILL

Wheat dwarf virus (WDV) is an important pathogen in wheat and other cereals in many European countries, e. g. Hungary, Spain and Germany. WDV is transmitted by the leafhopper *Psammotettix alienus*. Symptoms of a WDV infection on wheat include chlorosis, dwarfing and streaking along with high yield loss. Due to climate change, the incidence of insect-transmitted viruses will become more important worldwide due to the extended survival time of the vector as well as the increasing spreading area. The absence of approved insecticides against *P. alienus* renders growing of WDV resistant varieties, the only effective way to control WDV.

However, little is known about WDV resistance sources. Based upon a previous project in which wheat accessions were screened for WDV resistance and quantitative trait loci (QTL) were identified by genome-wide association studies (GWAS), this project aims to make this resistance accessible for breeding.

For this purpose, breeding partners produced single seed descent (SSD) and doubled haploid (DH) populations by crossing tolerant genotypes with susceptible varieties. This material will be phenotyped for WDV resistance and agronomical traits and will be genotyped using the 25K Illumina Infinium Chip. Based on the obtained data, the genes of interest will be mapped and molecular markers (KASP/CAPS) will be developed. The identification of QTLs for WDV resistance and the development of molecular markers are essential to replace the laborious and time-consuming resistance tests with WDV bearing leafhoppers. This will facilitate the integration of this breeding trait in future wheat breeding programs.



Entwicklung leistungsfähiger Elitesorten durch kontinuierliche Verbesserung des Ertragspotenzials und der Resistenz gegen wichtige phytopathogene Pilze bei Winterweizen

HOLGER ZETSCHE, ALBRECHT SERFLING, ANDREAS STAHL

Verbesserungen der Resistenz gegen Krankheitserreger und insbesondere phytopathogener Pilze sind seit Jahrzehnten ein wichtiges Ziel der Weizenzüchtung in Deutschland, da die Pflanzenresistenz die umweltfreundlichste und kosteneffizienteste Art des Pflanzenschutzes ist. Gelb- und Braunrost, Echter Mehltau und verschiedene Fusarium-Arten gehören weltweit zu den wichtigsten Krankheitserregern des Weizens. Jeder einzelne dieser Erreger stellt eine Bedrohung für die Weizenproduktion dar und kann bei anfälligen Sorten Ertragseinbußen von bis zu 70 % verursachen.

Um die Nachhaltigkeit der Züchtungsanstrengungen bewerten zu können, wurden im Rahmen des BRIWECS-Projekts ein dreijähriger Feldversuch mit vier Behandlungen unterschiedlicher Produktionsintensität und Gewächshausversuche durchgeführt. Dabei wurden jeweils 178 ökonomisch bedeutsame Sorten, die die Züchtungsgeschichte des Winterweizens in Deutschland in den letzten fünf Jahrzehnten repräsentieren, auf Unterschiede im Befall durch Gelb- und Braunrost, Echtem Mehltau und Fusarium und deren Auswirkungen auf den Ertrag analysiert.

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Effekt von Sorte (S), Jahr (J), Stickstoff (N) und der SxJ-Wechselwirkung für alle vier Krankheiten und den Ertrag. Eine gesteigerte N-Düngung erhöht die Anfälligkeit gegenüber allen getesteten Pathogenen signifikant. Das Resistenzniveau wurde über die letzten fünf Jahrzehnte auf beiden N-Niveaus signifikant gesteigert. Der Kornertrag stieg unter allen vier Behandlungen signifikant und wurde ohne Fungizide bei hohem N-Einsatz am stärksten erhöht. Moderne Elitesorten kombinieren also ein hohes Ertragspotenzial mit dem besten Resistenzspektrum. Auch unter dem Szenario eines reduzierten Einsatzes von N-Dünger und chemisch-synthetisierten Pflanzenschutzmitteln sind moderne Weizensorten leistungsfähiger als alte Sorten. Signifikante Unterschiede bestehen zudem in der Keimpflanzenresistenz gegen 13 verschiedene Isolate von Gelbrost, Braunrost und Fusarium. Gegen 11 dieser Isolate wurde ein signifikanter Züchtungsfortschritt erreicht. Der Trend zur Verbesserung des Resistenzpotenzials ist trotz der evolutiven Anpassung der Pathogene (bei den Rosten und Mehltau etwa 50 % des Resistenzfortschritts) ungebrochen.

Der prozentuale Beitrag der Resistenzen zum Ertrag und zur Ertragsstabilität ohne den Einsatz von Fungiziden ist im Züchtungsverlauf gestiegen. Die statistische Auswertung der Daten verweist aber darauf, dass Fungizide selbst bei hypothetisch resistenten Sorten derzeit noch einen erheblichen Beitrag zur Ertragssicherung leisten.

Die Untersuchungen zeigen, wie erfolgreich die Partner des Innovationsystems Pflanzenzüchtung bisher im Winterweizen in Deutschland die Züchtungsziele Ertragsniveau und Resistenz verbinden konnten und damit zu einer umweltfreundlicheren und zunehmend nachhaltigen Weizenproduktion beitragen. Um den Resistenzfortschritt auch in Zukunft unter für Roste günstigeren klimatischen Bedingungen, wie milden und weitgehend frostfreien Wintern, zu erhalten, müssen bisher nicht genutzte Resistenzen gefunden, in moderne Sortenmaterial integriert und pyramidiert, d. h. kombiniert werden. Dazu führt das JKI jährlich Feldversuche und Virulenzanalysen mit Braun- und Gelbrostrassen durch, die innerhalb der Pilzpopulation eine hohe Dynamik aufweisen.

So konnte die 2012 beginnende Gelbrostepidemie auf eine dominierende Rostrasse zurückgeführt werden, während der Braunrostbefall durch die Überwindung einzelner, in Sorten häufig genutzter Resistenzen zyklisch über Jahre hinweg zu hohen Befallswerten geführt hat. Die regelmäßige Untersuchung der Braun- und Gelbrostpopulationen hilft, stabile Resistenzen für den zukünftigen Weizen zu identifizieren und den Züchtungsprozess auf Basis dieser Daten und mithilfe moderner Züchtungsmethoden wie der markergestützten Selektion, aber auch Untersuchungen zum genetischen Hintergrund der Resistenzen zu beschleunigen.

Anbauwürdigkeit von ausdauerndem Weizen in Deutschland

LUKAS VOGT

Der Anbau von ausdauerndem Weizen könnte insbesondere auf marginalen Standorten eine ökonomisch wie ökologisch interessante Option für einen extensiven Anbau darstellen. Im Vordergrund seines Anbaus stehen nicht die Ertragsmaximierung, sondern die Minimierung des Aufwands sowie ökologische und naturschutzfachliche Aspekte wie Offenhaltung der Landschaft, Refugien für Tier- und Pflanzenwelt etc. Die perennierenden Weizenpflanzen haben ein tiefreichendes Wurzelsystem, wodurch es zu einer effektiven Wasser- und Nährstoffaufnahme kommt. Damit einher geht die Erhöhung der organischen Substanz, die Förderung der Bodenfauna und die Verbesserung der Bodenstruktur. In Deutschland gibt es bisher keine Versuchsergebnisse zum Anbau von ausdauerndem Weizen.

Auf drei Standorten in Bayern wurden im Herbst 2017 fünf Zuchtlinien von ausdauerndem Weizen (*Triticum aestivum* x *Thinopyrum intermedium*), eine Mischung aus den fünf Zuchtlinien und als Vergleich die zwei einjährigen Weizensorten Capo und Livius gesät (Abb. 1). Weitere Parzellen wurden zusätzlich mit Weißklee und Erdklee eingesät. Die drei Standorte sind aufgrund schlechter Bodenqualität nur bedingt für den Anbau von Weizen geeignet. Die Zuchtlinien wurden aus verschiedenen Ramschen von Stephen Jones, Washington State University, selektiert. Dabei wurden die Ähren selektiert, die am weizenähnlichsten waren.

Im Jahr 2018 lag der Ertrag der ausdauernden Zuchtlinien bei 49 bis 96 % der Sorte Capo, die durchschnittlich 17,4 dt/ha erreichte. Der Ertrag 2019 lag bei 9 bis 38 % der Sorte Capo, die durchschnittlich 10,8 dt/ha erreichte, wobei die Standorte große Unterschiede aufwiesen. Der Wiederaustrieb im Herbst war sowohl 2018 als auch 2019 durch die starke Trockenheit auf allen Standorten deutlich beeinträchtigt und zeigte Unterschiede zwischen den Linien bis hin zum Totalausfall auf einem Standort. Im dritten Jahr, 2020, war der Ertrag der Zuchtlinien sehr gering, sodass ein drittes Anbaujahr unter diesen Klima- und Bodenbedingungen nicht empfohlen werden kann. Die Erträge der Parzellen mit untergesättem Klee waren im dritten Jahr signifikant höher. Eine Mischung mit



Abb. 1: Parzellenversuch mit ausdauerndem Weizen (© Lukas Vogt)

einer niedrig wachsenden Kleespezies wird wegen einer besseren Unkrautbekämpfung empfohlen. Ein wichtiger Aspekt für den Anbau von mehrjährigem Weizen ist das intensive und tiefe Wurzelsystem, das die organische Bodensubstanz, das Bodenleben und die Bodenstruktur verbessern soll. Jedes Frühjahr wurden Bodenproben aus den Parzellen mit einjährigem Weizen, der Mischung der mehrjährigen Weizenlinien und der Mischung mehrjähriger Weizenlinien mit Weißklee-Untersaat entnommen. Die dreijährige Untersuchung ergab bereits einige interessante Tendenzen. Es wurde im sehr sandigen Boden eines Standortes ein signifikanter Anstieg des organischen Kohlenstoffs im Boden der mehrjährigen Linien mit Weißklee-Untersaat festgestellt. Darüber hinaus zeigten zwei der drei Standorte einen signifikanten Anstieg der mikrobiellen Biomasse im Ober- und Unterboden in den mehrjährigen Weizenlinien. Die Anzahl der Regenwürmer war im mehrjährigen Weizen im Vergleich zum einjährigen Weizen mehr als doppelt so hoch.

Das verwendete Zuchtmaterial kam schlecht mit den trockenen Witterungsbedingungen 2018 und 2019 zurecht. Das wird einen großflächigen Anbau begrenzen. Allerdings kann der Einsatz unter bestimmten Rahmenbedingungen, z.B. Erosionsschutz, kleine Flächen, Permakultur, insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten trotzdem sinnvoll sein. Dabei ist der gemeinsame Anbau mit einem nicht zu konkurrenzstarken Klee die vielversprechendste Möglichkeit.

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) unter der Nummer 18150E065, die Landwirtschaftlichen Rentenbank und die EU in Horizon 2020 ECOBREED Projektnummer 771367.

Präriestaudenmischungen fördern Biodiversität im Klimawandel

ELENA KRIMMER, KORNELIA MARZINI, INA HEIDINGER, INGRID ILLIES, MARTIN DEGENBECK

1 Einleitung

Wildpflanzenmischungen zur Biogasproduktion verbinden Biodiversität und Produktivität, indem sie Blütenreichtum und Biomasse liefern. Sie bieten Lebensraum für Insekten und Vögel (Vollrath et al. 2015). Durch den Klimawandel verschiebt sich die Wachstumsperiode von einheimischen Wildpflanzen, viele Arten sind Mitte Juli bereits abgeblüht. Dies führt besonders in strukturarmen Agrarlandschaften zu einem Mangel an Blühressourcen im Sommer, was sich insbesondere auf späte Wildbienen negativ auswirkt (Hofmann et al. 2019). Innovative Lösungsansätze gegen den Biodiversitätsverlust in Agrarlandschaften werden in Hinblick auf den Klimawandel dringend benötigt. Mehrjährige spätblühende Präriestaudenmischungen können ein solcher Ansatz sein und müssen auf ihre Tauglichkeit für verschiedene Tiergruppen geprüft werden.

2 Methoden

Seit 2016 wird jährlich eine Praxisfläche mit einer artenreichen, mehrjährigen Präriestaudenmischung eingesät, mit geringfügig veränderter Artenzusammensetzung. Der Blühzeitraum der Mischungen wurde durch Bonituren überprüft und ein Blühindex berechnet (Artenvielfalt und Blütenreichtum). Es wurden Wildbienenfänge mit Farbschalen durchgeführt und Blütenbesucher aufgenommen. Vögel wurden durch Sichtbeobachtungen und Verhören kartiert. Säugetiere wurden ebenfalls durch Beobachtungen und stichprobenartig durch Kamerafallen aufgenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Blütenvielfalt

Im Jahr 2019 blühten bei der Ansaat 2016 Anfang August 12 verschiedene Arten (Abb. 1 A). Die meisten Blüten hatten *Helenium autumnale*, *Solidago virgaurea* und *Silphium perfoliatum*. Im Gegensatz zu einer Monokultur *Silphium perfoliatum* (Blühindex 45) bietet der Präriemix sowohl mehr Blütenreichtum als auch mehr Blütenvielfalt (Abb. 1 B). Die Blüte bleibt bis zur Ernte im September artenreich.

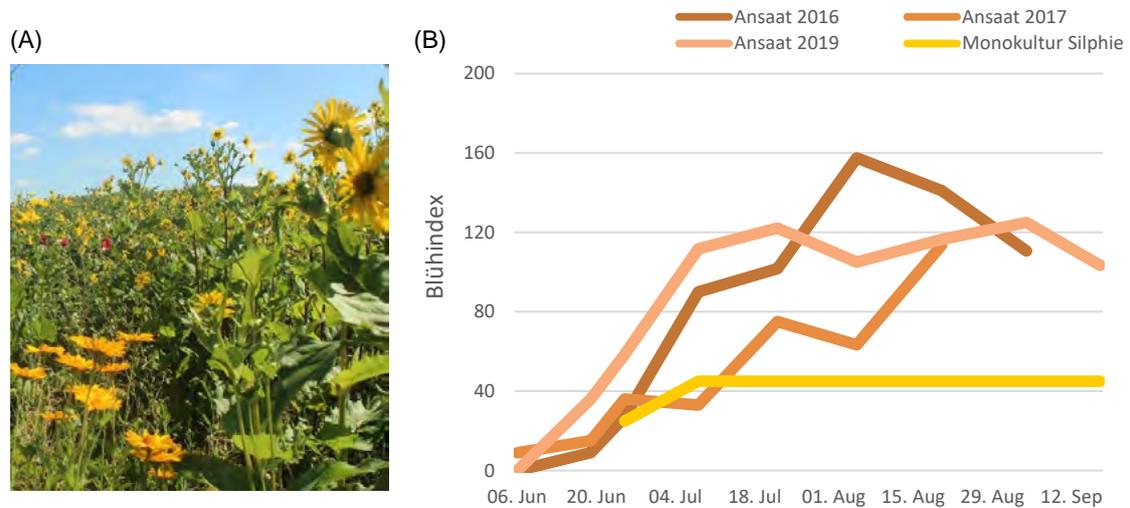


Abb. 1: (A) Vollblüte der Ansaat 2016; (B) Jahresverlauf 2019 des Blühindex der verschiedenen Ansaaten im Vergleich zu einer Monokultur *Silphium perfoliatum* (© Kornelia Marzini, LWG)

3.2 Wildbienen und Blütenbesuche

In den Fangschalen konnten insgesamt 43 Wildbienenarten aus 9 Gattungen gefangen werden, darunter 14 Rote-Liste-Arten (Abb. 2 A). Die meisten Blütenbesuche erhielten die nichtheimischen Arten *Coreopsis tripteris*, *Leonurus japonicus* und *Alcea ficifolia*.

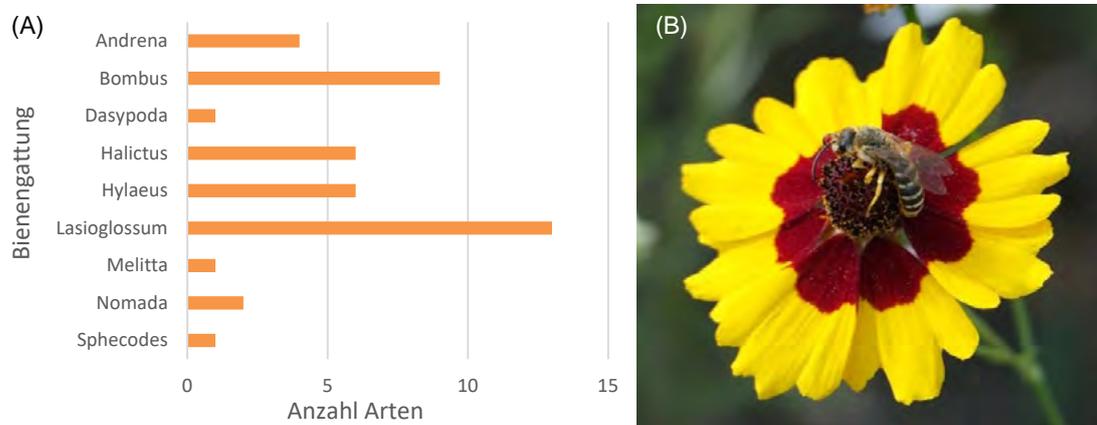


Abb. 2: (A) Anzahl der Wildbienenarten aufgeteilt nach Gattungen der Farbschalenfänge 2016–2018; (B) *Halictus scabiosae* auf *Coreopsis tinctoria* in der Ansaat 2019 (© Elena Krimmer, LWG)

3.3 Vögel

Insgesamt fünf Brutvogelarten konnten 2018–2020 in der Präriestaudenmischung festgestellt werden, darunter die beiden gefährdeten Arten Feldlerche und Rebhuhn (Tab. 1, Abb. 3). Weitere 20 Arten wurden als Nahrungsgäste gesichtet.

Tab.1: Auf den Flächen mit Präriemix vorkommende Brutvögel mit Gefährdungsgrad in der Roten Liste Deutschlands (RL D: 2016); 0: Bestand erloschen, 1: vom Aussterben bedroht, 2: stark gefährdet, 3: gefährdet

Artname		RL D
<i>Acrocephalus palustris</i>	Sumpfrohrsänger	
<i>Alauda arvensis</i>	Feldlerche	3
<i>Motacilla flava</i>	Schafstelze	
<i>Perdix perdix</i>	Rebhuhn	2
<i>Sylvia communis</i>	Dorngrasmücke	



Abb. 3: In der Ansaat 2017 am 27.03.2020 aufgenommene Feldlerche (*Alauda arvensis*), die in den Flächen als Brutvogel vorkommt und in Deutschland gefährdet ist (© Hans Bätz)

3.4 Säugetiere

Auf den Flächen wurden verschiedene Säugetiere gesichtet, darunter Feldhasen (*Lepus europaeus*) und Rehe (*Capreolus capreolus*). Besonders bemerkenswert ist das Vorkommen des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*) in der Ansaat 2016. Im Jahr 2018 konnten erstmals 5 und 2020 14 bewohnte Hamsterbaue festgestellt werden.



Abb. 4: Aufnahmen der in Ansaat 2016 aufgestellten Kamerafallen im vollen Bestand: (A) Feldhase (*Lepus europaeus*), aufgenommen am 30.07.2019 und (B) Feldhamster (*Cricetus cricetus*), aufgenommen am 05.08.2019 (© LWG)

4 Zusammenfassung und Fazit

Die Bonituren haben gezeigt, dass spätblühende Präriestaudenmischungen von Juni bis September eine Vielfalt an Blüten bieten und daher die Trachtlücke im Sommer schließen können, was insbesondere in Hinblick auf den Klimawandel von Bedeutung ist. Sie bieten bis in den Spätsommer hinein Pollen und Nektar. Dies kommt vor allem Hummeln und späten Wildbienen zugute, es entstehen Brutflächen für Vögel und Säugetiere. Durch die späte Ernte Mitte September kommt es zu keiner Gefährdung in der Brut- und Setzzeit. Die Flächen werden insgesamt von vielen verschiedenen Tierarten als Nahrungs- und Deckungshabitat angenommen. Durch den massigen Wuchs liefern die Mischungen Biomasse für die Biogasanlage, der Präriemix liegt bei ungefähr 60 % des Methanhektarertrages von Mais. In Zeiten des Klimawandels stellen Präriestaudenmischungen somit eine vorrausschauende, produktionsintegrierte Maßnahme zu Erhöhung der Biodiversität in Agrarlandschaften dar.

Literatur

Hofmann, M. M.; Zohner, C. M.; Renner, S. S. (2019): Narrow habitat breadth and late-summer emergence increases extinction vulnerability in Central European bees. *Proc. R. Soc. B.* 286, 20190316

Vollrath, B.; Werner, A.; Degenbeck, M.; Marzini, K. (2015): Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion. Schlussbericht, <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22005308>

Bunte Blühpflanzen und Sorghumhirsen im Mischanbau: insektenfreundliche Bioenergieerzeugung

REINHOLD SIEDE, STEFFEN WINDPASSINGER, RALPH BÜCHLER

Die Insektenfauna verzeichnet in den vergangenen Jahren einen massiven Rückgang. Ein wichtiger Treiber ist die Intensivierung der Landwirtschaft. Ertragsorientierte Agrarlandschaften bieten blütenbesuchenden Insekten kaum Habitats und wenig Nahrungsressourcen. Insbesondere der Anbau von Mais für die Bioenergieerzeugung wird kritisiert. Mit dem Ziel, Bioenergiefruchtfolgen agrarökologisch aufzuwerten, sucht das SoBinEn Projekt praxistaugliche Kombinationen des Energiebringers *Sorghum bicolor* mit blühreichen Mischungspartnern. Ziel des Vorhabens sind Mischungen, die hohe Energieerträge und ein hochwertiges Blühangebot liefern (Abb. 1).

2020 wurde in Hessen ein Feldversuch mit den fünf Faktoren Standort (2), Sorghumherkunft (2), Sorghumbestandesdichte (2), Untersaatart (22) und Untersaatsorte (1–2) angelegt. Die Zahlen in Klammern beschreiben die Abstufungen. Getestet wurde: *Camelia sativa* (Cs), *Fagopyrum esculentum* (Fes), *F. tataricum* (Fta), *Helianthus annuus* (Ha), *Lablab purpureus* (Lap), *Medicago sativa* (Msa), *Melilotus officinalis* (Mel), *Onobrychis viciifolia* (Ovi), *Phaseolus vulgaris*, *Phacelia tanacetifolia* (Pht), *Raphanus sativus* (Rs), *Sinapis alba* (Sal), *Trifolium alexandrinum* (Ta), *T. hybridum* (Thy), *T. incarnatum* (Ti), *T. pratense* (Tp), *T. repens* (Tr), *T. resupinatum* (Trr), *Vicia faba* (Vf), *V. sativa*, Landsberger Gemenge (Lands) und TerraLife® (MaisPro) der Deutsche Saatveredelung AG. An jede Versuchsanlage wurden 6 Bienenvölker aufgestellt. Die Blütenbesuche wurden drei Minuten lang im Kern jeder blühenden Parzelle und an den Parzellenstirnseiten gezählt. Die Blühdauer, der Deckungsgrad der Blüten und die Anzahl der Blütenstände je Flächeneinheit wurde gemessen. Die Bienenkästen waren mit Pollenfallen ausgestattet worden. Anhand der Pollenfänge wird das Sammelverhalten der Bienen mikroskopisch und molekulargenetisch charakterisiert werden. Die Parzellenkerne wurden mit einem Parzellenhäcksler beerntet.

Intensiv wurden die folgenden 15 Arten von Insekten besucht (Zahlen in Klammern: Summe Anzahl Blütenbesuche): Pht (3.951), Ha (2.478), Fes (1.741), MaisPro (1.321), Rs (1.268), Trr (1.013), Thy (880), Sal (696), Cs (675), Ta (352), Fta (342), Tp (265), Msa (176), Tr (130) und Lands (112). Die Faktoren Zeit ($p < 0,001$), Ort ($p < 0,001$) und Untersaatenart ($p < 0,001$) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl Blütenbesuche (glm, SPSS, autoregressiver Kovarianztyp). Nicht signifikant waren die Faktoren Sorghumhybride ($p = 0,969$), Bestandesdichte Sorghum ($p = 0,279$) und Untersaatenart ($p = 0,839$). Signifikante Wechselwirkungen gab es zwischen Ort und Untersaatenart und Zeit und Untersaatenart (jeweils $p < 0,001$). An den Stirnseiten der Parzellen wurden signifikant mehr Blütenbesuche je m^2 gezählt als im Bestand ($p < 0,001$, glm). Der Blütenbesuch korrelierte signifikant mit der Anzahl Blütenstände (Pearson $p < 0,001$) und der Blühdauer der Untersaat ($\rho = 0,381$; $p < 0,001$). Neben den Faktoren Ort, Sorghumhybride und Bestandesdichte war der Faktor Untersaat ertragsrelevant ($p < 0,001$, ANOVA). Die Untersaaten wirkten immer ertragsmindernd auf die Trockenmasseerträge (t/ha). Die Erträge der Varianten Lands, Lap, MaisPro, Ovi, Ti, Ta, Tp, Tr, Thy und Vf waren mit 11,504 t/ha bis 12,906 t/ha zwar niedriger, aber statistisch nicht vom Ertrag der Kontrolle unterscheidbar (13,5 t/ha, $\alpha = 0,05$, Tukey Test). Somit stehen mit MaisPro, Thy und Ta insektenattraktive Partner für den Mischanbau zur Verfügung, die ertraglich dem Reinanbau nahekommen. Die Tests in 2020



Abb. 1: Blühende Kleeuntersaaten unter Sorghum (© R. Siede)

waren ein erstes Screening. Geeignete Kombinationen wird das Projekt hinsichtlich pflanzenbau-licher Parameter und Sortenwahl weiter optimieren, um die Erträge des Misanbaus zu steigern.

SoBinEn ist ein Verbundvorhaben der Partner TFZ, Straubing, der DSV AG – Asendorf, des LLH, Bieneninstitut Kirchhain und der JLU - Professur für Pflanzenzüchtung, Gießen. Es wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Modell- und Demonstrationsvorhaben im Bereich der Erhaltung und innovativen Nutzung der biologischen Vielfalt „Weite-Reihe-Getreide mit blühender Untersaat“

RAINER OPPERMANN, CÉLINE WENDLAND, DORIS CHALWATZIS, SONJA PFISTER, OKSANA BUKHOVETS, ULRIKE KLÖBLE

1 Einleitung

Mit dem Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) „Weite-Reihe-Getreide mit blühender Untersaat“ soll auf 60 Betrieben deutschlandweit der Anbau von Getreide (Sommergerste und Winterweizen) in weiter Reihe mit einer blühenden Untersaat erprobt und evaluiert werden. Die Projektlaufzeit ist vom 01.01.2020 bis zum 30.11.2023 (Projekt-FKZ: 2819BM010 und 2819BM011).

2 Ziel

Ziel des Projekts ist es, den Anbau von Winterweizen und Sommergerste in weiter Reihe mit blühender Untersaat zu erproben und wissenschaftlich zu begleiten. Mit dem Anbausystem soll eine Erhöhung der biologischen Vielfalt, eine Verbesserung der Bodenstruktur und eine Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes erreicht werden. Schwerpunkte sind ökologische und ökonomische Bewertungen der Auswirkungen des Anbauverfahrens gegenüber gängigem Getreideanbau mit normalem Reihenabstand im Praxiseinsatz.

3 Umsetzung

Aus ca. 300 Interessenten wurden bislang 52 konventionelle Betriebe ausgewählt. Es wurde eine möglichst breite Verteilung über die verschiedenen Anbauregionen in Deutschland angestrebt.

Der Versuchsaufbau sieht die Anlage von 3 nebeneinanderliegenden Versuchspartzen je 0,25 ha vor: eine Parzelle mit weitem Reihenabstand und Untersaat (WRmU), eine Parzelle mit weitem Reihenabstand ohne Untersaat (WRoU) und eine Parzelle mit normalem Reihenabstand (NS). Der normale Reihenabstand beträgt meist 11 bis 15 cm, und in der „Weiten Reihe“ 25 bis 45 cm. Auf den WR-Parzellen wird die Saatstärke des Getreides und die Düngemenge um ca. 50 bis 70 % reduziert. Außerdem wird auf jegliche Unkrautbekämpfung durch Herbizide oder Striegeln verzichtet. Die Untersaat enthält 15 Arten mit 75 % Leguminosenanteil. Es wurden im Vegetationsverlauf 4 Bonituren durchgeführt; der vierte Termin fand nach der Ernte statt.

4 Ergebnisse Zwischenstand 2020

Auswirkung auf die Artenvielfalt

Im Vergleich zum Sommergersteanbau in NS wurden ca. 20 % mehr Insektenarten und fast doppelt so viele Individuen in der WRmU gezählt.

Es konnten bis zu 20 blühende Pflanzenarten bei den Bonituren gezählt werden, ca. 14 Pflanzen aus der Untersaat kamen zur Blüte. Durchschnittlich lag die Anzahl der blühenden Arten bei 9 Arten, während eine Segetalflora in den NS-Parzellen in den meisten Fällen unterentwickelt oder gar nicht entwickelt war.

Auswirkung auf den Ertrag und Qualitätsparameter

Die durchschnittliche Erntemenge in den WRmU-Versuchspartellen lag ca. 22 % unter dem Sommergerstenertrag der Saat mit normalem Reihenabstand (NS). Für die weitere ökonomische Auswertung wurden außerdem relevante Qualitätsparameter wie Proteingehalt, Feuchte und Vollgerstenanteil ermittelt. Es wurden auch die Daten zum Besatz in der Erntemenge abgefragt.

Die erste Auswertung der Qualitätsparameter zeigte, dass der durchschnittliche Proteingehalt ($n = 11$ von 22) der Sommergerste aus den Versuchspartellen WRmU mit 10,9 % leicht über den Werten der anderen Partellen (WRoU = 10,5 % und NS = 10,7 %) lag. Bei einem Vollgerstenanteil < 85 % kann die Gerste aus Qualitätsgründen nur als Futtermittel genutzt werden. Dies war in der WRmU bei 2 Betrieben, in den NS- und WRoU-Partellen bei je einem Betrieb der Fall ($n = 12$).

5 Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse stellen eine Zusammenfassung aus dem ersten Versuchsjahr und nur für den Anbau von Sommergerste dar (Abb. 1).

Im weiteren Verlauf wird das Projekt auch Ergebnisse aus dem Winterweizenanbau in weiter Reihe mit blühender Untersaat sowie Ergebnisse aus weiteren Versuchsjahren liefern.



Abb. 1: Sommergersteanbau in weiter Reihe mit blühender Untersaat (© R. Oppermann, IFAB)

Insektenfreundlicher Energiepflanzenbau – Optimierung der Produktionstechnik für Sorghum-Untersaaten-Kombinationen

KATRIN REHAK, MAENDY FRITZ

Der Mangel an Artenreichtum im Pflanzenbau wird als Mitverursacher des Insektensterbens diskutiert. Angesichts des Klimawandels, mit Trockenperioden in unseren Breiten, ist eine trocken-tolerante Kultur wie Sorghum eine gute Alternative zu Mais als Biogassubstrat. Dabei bieten blühende Untersaaten eine Möglichkeit, die Diversität in der Agrarlandschaft zu steigern und das Nahrungsangebot für Insekten zu erhöhen. Um die ökologische Wertigkeit des Energiepflanzenbaus zu verbessern, wurde das Verbundprojekt „Sorghum-Blümmischungen für einen insektenfreundlichen Energiepflanzenbau“ (SoBinEn) gestartet.

2020 wurde *Sorghum bicolor* (Sorte „Farmsugro 180“) als Hauptertragsbildner mit *Phacelia* (*Phacelia tanacetifolia*), Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), Perserklee (*Trifolium resupinatum*), Sommerwicke (*Vicia sativa*) und Sonnenblume (*Helianthus annuus*) als Untersaaten (US) angebaut. In drei Versuchen wurden am Versuchsstandort des TFZ in Straubing Folgendes erforscht: Beim Grasgemenge-Versuch wurde überprüft, ob verschiedene Grasanteile an Deutschem Weidelgras (0 %, 10 % und 30 %) zusätzlich zur US die Befahrbarkeit des Ackerbodens zur Ernte positiv beeinflussen. Der Reihenweite-Versuch untersuchte den Einfluss von Reihenweiten und Saatgutmischungen von Sorghum und US auf den Etablierungserfolg (a: Einzelkornsaat Sorghum auf 75 cm und US getrennt auf 14,5 cm Reihenabstand; b: Drillsaat eines Sorghum-US-Gemenges auf 14,5 cm Reihenabstand; c: Drillsaat eines Sorghum-US-Gemenges auf 37,5 cm Reihenabstand). Im Versuch zum Aussaatzeitpunkt variierte der Saatzeitpunkt der US (a: gleichzeitige Saat von Sorghum und US; b: US-Saat 14 Tage vor Sorghumsaat; c: US-Saat erfolgte bei BBCH 16 von Sorghum). Für die Trockenmasseerträge wurden jeweils die Kernparzellen mit Sorghum und der US gehäckselt, im Feld verwogen und aus dem laufenden Häckselgutstrom repräsentative Proben zur Bestimmung der Trockensubstanzgehalte entnommen.

Erste Resultate zeigten in allen Versuchen einen untersaatspezifischen Effekt auf den Ertrag. Die Untersaaten Buchweizen, Sonnenblume und *Phacelia* wurden sehr stark von Insekten befliegen, gefolgt von Perserklee. Wenig Insektenflug konnte bei der nur mäßig etablierten Sommerwicke beobachtet werden. Die Ergebnisse des Grasgemenge- und Reihenweite-Versuchs zeigten, dass die verschiedenen Faktoren (Grasanteil $p = 0,77$ oder Reihenweite $p = 0,68$) keinen Einfluss auf den Ertrag hatten. Die Trockenmasseerträge unterschieden sich rein durch die Untersaatenart. Die Mischungspartner *Phacelia*, Buchweizen und Sonnenblume hatten sich zu stark entwickelt und eine Konkurrenzsituation zu Lasten des Sorghums erzeugt. Dennoch brachte die Mischung Sonnenblume und Sorghum gute Trockenmasseerträge, die allerdings zu einem Großteil durch die Sonnenblume getragen wurden. Positiv zu beurteilen waren die Kombinationen mit Perserklee, da sie einen guten Kompromiss zwischen Ertragsleistung und Blütenangebot boten. Der Versuch zum Aussaatzeitpunkt zeigte sehr unterschiedliche Etablierungserfolge von Sorghum oder US. Die zeitlich versetzte Saat beeinflusste den später gesäten Mischungspartner negativ. Wurden zuerst die Untersaaten gesät, wurden massive Ertragsverluste (76,9 dt/ha) im Vergleich zur umgekehrten Saatreihenfolge (136,6 dt/ha) beobachtet. Die US später zu säen, ermöglichte eine Unkrautregulierung (Fräse und Herbizid), allerdings entwickelten sich die Untersaat durch die Beschattung nur mäßig und verloren an Attraktivität für Insekten.

In den hier getesteten Varianten reduzierten Untersaaten den Ertrag signifikant; jedoch wurden wertvolle Lebensräume für Insekten geschaffen. Im SoBinEn-Projekt wird daher weiter an einer produktionstechnischen Optimierung des Mischanbaus gearbeitet.

Projektpartner

JLU Gießen – Professur für Pflanzenzüchtung (Koordination)
LLH, Bieneninstitut Kirchhain
Deutsche Saatveredelung AG – Lippstadt

Danksagung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Anisanbau zur Förderung der Biodiversität in der deutschen Agrarlandschaft

ANNE-MARIE STACHE, URS HÄHNEL, FRANK MARTHE

11,7 Mio. ha werden in Deutschland ackerbaulich genutzt. Auf mehr als der Hälfte dieser Fläche wird Getreide angebaut, wobei Winterweizen mit 2,8 Mio. ha die häufigste Kultur in Deutschland ist. Mais (2,7 Mio. ha) und Gerste (1,7 Mio. ha) stehen an zweiter und dritter Stelle (Statistisches Bundesamt 2020). Daraus ist schnell ersichtlich, dass die Fruchtfolgen relativ eng und getreidelastig sind. Fruchtfolgekrankheiten, Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln und ein erhöhtes Auftreten von Schadinsekten sind die Folge. Um in der Zukunft weiterhin hohe Erträge erwirtschaften und die Feldhygiene aufrecht erhalten zu können, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um dieser Entwicklung entgegenzuwirken. Eine wichtige Maßnahme wäre die Entzerrung der Fruchtfolge unter phytosanitären Aspekten. Die Erweiterung der Fruchtfolge mit möglichst vielen artverschiedenen Kulturen würde die Periode zwischen dem Auftreten der verschiedenen Wirte der Schaderreger vergrößern. Eine einfache Vermehrung und Verbreitung wäre damit erschwert. Gleichzeitig hilft die Förderung von Nützlingen, die Population der Schaderreger zu reduzieren und den wirtschaftlichen Schaden durch diese zu minimieren (Hallmann 2007).

Doldengewächse (Apiaceae) wie Fenchel, Kümmel und Anis werden als Arznei- und Gewürzpflanzen verwendet. Als weitere Kultur im Anbau wären sie geeignet die eingeengte Fruchtfolge aufzulockern. Die stark blühenden Pflanzen sind als Futterquelle für Insekten interessant (Abb. 1) (Fortmann 2014). So sind Schwebfliegen, neben anderen Bestäubern, besonders häufig an Apiaceen zu finden. Adulte Schwebfliegen leisten einen wichtigen Beitrag bei der Bestäubung; ihre Larven ernähren sich von Blattläusen (Hallmann 2007).



Abb. 1: Blühende Anispflanzen sind besonders attraktiv für Bestäuber (© A. Stache)

Da die Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Anis (*Pimpinella anisum*) wächst, wird auch der Anbau wirtschaftlich attraktiv. Die Anbaufläche in Deutschland beträgt nur etwa 100 ha und müsste auf 2.500 ha erweitert werden, um den Bedarf zu decken. Aufgrund des geringen Flächen-

aufkommens besteht nur wenig Erfahrung im Anbau von Anis in Deutschland. An hiesige klimatische Bedingungen angepasste Sorten sind nicht verfügbar. Aus diesen Gründen wurde am Julius Kühn-Institut (JKI) im Juni 2020 ein neues Projekt initiiert. Neben der Optimierung der Anbaumethoden von Anis sollen auch züchterische Methoden adaptiert werden, um Anissorten zu entwickeln, die mit den klimatischen Bedingungen in Deutschland zurechtkommen. Anis wird unter anderem im Mittelmeerraum angebaut und ist an ein mildes, warmes Klima angepasst. Insbesondere die Ertragsstabilität und der Ölgehalt sind wichtig, um diese Kultur für Landwirte interessant zu machen. Ein besonderer Aspekt ist die Kältetoleranz in der Jugendentwicklung. Diese würde eine frühe Aussaat ermöglichen, wenn ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Mit Blick auf die immer ausgeprägteren Trockenperioden im Frühjahr und Frühsommer ist eine effektive Nutzung des vorhandenen Wassers erstrebenswert.

Innerhalb des Projektes wird u. a. Pflanzenmaterial der Genbank des Leibniz-Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK Gatersleben) in Feld- und Anbauversuchen charakterisiert. Anschließend sollen vielversprechende Akzessionen züchterisch bearbeitet werden, um ertragsstabile Sorten mit hohem Ätherischölgehalt zu entwickeln. Eine schnelle Methode, um homozygote Linien zu erhalten, die ihre Eigenschaften stabil vererben, ist die DH-Technik. Diese soll im Zuge des Projektes in Anis etabliert werden, um schnell gezielt züchterisch arbeiten zu können. Ziel des Projektes ist, durch Optimierung der Anbautechnik und der Bereitstellung geeigneten Saatgutes, die Agrar-Biodiversität mit dem Anbau von Anis in Deutschland zu erweitern.

Literatur

Fortmann, L. (2014): Einsatz von Kulturpflanzen in Blühstreifen zur Steigerung der Biodiversität in Agrarökosystemen. Masterarbeit, Universität Bonn

Hallmann, J.; Quadt-Hallmann, A.; von Tiedemann, A. (2007): Phytomedizin: Grundwissen. UTB, Stuttgart, Ulmer

Statistisches Bundesamt (2020): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung – Anbau auf dem Ackerland. Vorbericht

Evaluierung genetischer Ressourcen des Weizens zur Ertragssicherung unter veränderten Klimabedingungen

ALBRECHT SERFLING, ULRIKE BEUKERT, ANDREAS STAHL

Der bisher stetig ansteigende jährliche Ertrag des Weizens stagniert bzw. sinkt in den letzten Anbaujahren bedingt durch erhöhte Temperaturen und Trockenstressbedingungen. Weitere Gründe sind biotische Stressfaktoren wie pilzliche Pathogene, Vektoren von Viren, z.B. Aphiden, und die daraus resultierenden Virosen, die vor allem von den höheren Temperaturen im Winter profitieren. Einen Großteil dieser Stressoren konnten vorhandene resistente/tolerante Sorten bisher abfangen, jedoch gibt es insbesondere bei den pilzlichen Pathogenen wie Gelb- und Braunrost Anpassungsprozesse, die eine Erschließung neuer Resistenzquellen für Weizen notwendig machen (Abb. 1). Im Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz (RS) des JKI werden daher Weizensorten-, akzessionen aber auch nah verwandte Wildformen aus Genbanken evaluiert. Derzeit werden beispielsweise im Projekt Genebank2.0 gemeinsam mit dem IPK Gatersleben insgesamt 22.000 Genbankakzessionen des Weizens der Genbank des IPK Gatersleben auf Resistenz gegenüber den wichtigsten Getreiderosten – Braun- und Gelbrost – untersucht. Dazu kommen Hochdurchsatztechniken zum Einsatz, die eine automatisierte Erfassung der Symptomausprägung ermöglichen. So konnten aus den bereits untersuchten 2.875 Winterformen 321 braunrost- und 387 gelbrostresistente Genotypen identifiziert werden, die auch Eingang in das seit 2001 bestehende nationale Evaluierungsprogramm EVA2 und das europaweite Evaluierungsprogramm des ECPGR (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources) finden. So können Ergebnisse von Feldversuchen an etwa



Abb. 1: Parzelle mit einer gelbrostanfällige Sorte in einem Evaluierungsfeldversuch. Links ein vergrößerter Ausschnitt mit einem gelbrostbefallenen Blatt, auf dem sich zahlreiche Sporenlager entwickelt haben – mit enormen Sporenmengen, die windbürtig verbreitet werden.

30 Standorten europaweit validiert und die Stabilität der gefundenen Resistenzen unter verschiedenen Anbaubedingungen und der Rassenzusammensetzung der Roste getestet werden. Gleichzeitig werden diese Genotypen genotypisiert, d. h. mit molekularen Markern untersucht. Dadurch ist zum einen sichergestellt, dass es sich um bisher nicht genutzte Resistenzen handelt, zum anderen besteht die Möglichkeit für kooperierende Züchtungsunternehmen, durch markergestützte Selektion neue Resistenzen gegen Braun- und Gelbrost beschleunigt in Sortenmaterial einzubringen und so aktiv zur Ertragsstabilität und -steigerung sowie zu einer Verringerung des Fungizidaufwandes beizutragen. Wissenschaftliches Ziel für das Institut RS ist neben der Markerentwicklung in Kooperation mit der Züchtergemeinschaft die Untersuchung der Mechanismen und der zugrundeliegenden Gene, die für effektive Resistenzen verantwortlich sind. So wurde bereits Material aus den Evaluierungsprogrammen zunächst auf Resistenz im Feldversuch, danach auf Keimlingsresistenz gegen verschiedene Rostrassen unter Gewächshausbedingungen als auch hinsichtlich der zugrundeliegenden Resistenzmechanismen (z. B. mittels Mikroskopie und Expressionsstudien) geprüft werden. So konnte mithilfe molekularer Marker auf den genetischen Hintergrund und schließlich auf Kandidatengene zurückgeschlossen werden. Diese Kenntnisse bilden die Grundlage, um stabile Resistenzen in zukünftigen Sorten zu etablieren und zu einer nachhaltigen Entwicklung der Pflanzenproduktion beizutragen.

Selbstregulierungsfähigkeit landwirtschaftlicher Böden – Einfluss von Regenwürmern (*Lumbricus terrestris*) auf die Befallsentwicklung von Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) in Raps

FRIEDERIKE MEYER-WOLFARTH, TANJA SCHÜTTE, NAZANIN ZAMANI-NOOR

Kohlhernie ist eine wirtschaftlich bedeutende Krankheit im deutschen Rapsanbau. Der Erreger *Plasmodiophora brassicae*, ein bodenbürtiger Schleimpilz, befällt Rapswurzeln und bildet Gewebewucherungen in Form von Wurzelgallen aus, welche zur Unterbrechung des Wasser- und Nährstofftransports in der Pflanze und somit zum Absterben der Pflanze führen können. Die Folge ist ein enormer Ertragsverlust. *P. brassicae* bildet Dauersporen, die bis zu 20 Jahre im Boden überdauern können. Die Bekämpfung dieses Pilzes gestaltet sich dadurch als schwierig, da zurzeit keine Pflanzenschutzmittel gegen diesen Erreger verfügbar sind und bislang nur eine gute Feldhygiene, Stickstoffdüngung und Sortenwahl zur Regulierung des Befalls beitragen. Eine weitere Möglichkeit *P. brassicae* einzudämmen, ist in der biologischen Kontrolle durch fungivore Bodenorganismen gegeben. Diese sind nachweislich an der Kontrolle von Pflanzenpathogenen beteiligt. Eine wichtige Rolle spielt diesbezüglich die Gruppe der Regenwürmer (RW). So ist bekannt, dass verschiedene RW-Arten in der Lage sind, verschiedene Pflanzenpathogene deutlich zu reduzieren. Durch ihre Grab- und Fraßaktivität wird befallenes Material von der Bodenoberfläche in den Boden gezogen und dort „verbaut“.

Vor diesem Hintergrund wurden am Julius Kühn-Institut in Braunschweig Untersuchungen durchgeführt, die klären sollten, ob die RW-Art *Lumbricus terrestris* einen Einfluss auf die Befallsentwicklung von *P. brassicae* im Raps hat. Des Weiteren sollte geklärt werden, ob die Aktivität der RW zu einer Eindämmung der Infektionsquelle im Boden und zur Reduzierung der Krankheit im Raps führen kann.

Adulten Regenwürmern wurden in einem ersten Teilversuch unter Gewächshausbedingungen für einen Zeitraum von 7, 14 bzw. 21 Tagen entweder von Kohlhernie befallene Wurzelgallen (*P. brassicae*-Pathotyp 1) oder gesunde Rapspflanzen als Futtersubstrat angeboten. In Pflanztöpfe wurde je 1 kg Bodengemisch, 50 g Futtersubstrat und 1 RW gegeben. Zudem wurde eine Kontrollvariante ohne RW angesetzt. Nach Ende des Teilversuches wurden die Regenwürmer aus ihren Töpfen entfernt und ein Biotest durchgeführt. Hierfür wurden Rapssamen (5 pro Topf) einer Kohlhernie anfälligen Sorte (cv. Visby) in die jeweiligen Pflanztöpfe mit dem jeweiligen Bodensubstrat aus dem ersten Versuchsteil gesät. Nach 10 Wochen Pflanzenwachstum wurde der Befall mit Kohlhernie in den Wurzeln der Rapspflanzen erfasst.

Die Ergebnisse zeigten, dass sowohl die RW als auch der Versuchszeitraum Effekte auf Befallsstärke und -häufigkeit von *P. brassicae* im Raps haben. Vor allem der Versuchszeitraum scheint eine wichtige Rolle hinsichtlich der Reduzierung des Schaderregers zu spielen. Die Rapspflanzen aus den Töpfen mit 7-tägiger Kohlhernie-Exposition wiesen im Mittel eine höhere Befallshäufigkeit (70,4 %) auf als nach 14 Tagen (46,6 %). Nach 21 Tagen war der Befall mit 7,5 % am geringsten. Bezüglich der Befallshäufigkeit konnte nach 3 Wochen ein deutlicher RW-Einfluss auf den Kohlherniebefall festgestellt werden. Hier war die Befallshäufigkeit von *P. brassicae* an den Pflanzen in den Töpfen ohne Regenwurmbesatz um ein Fünffaches höher als in den Töpfen mit RW. Die Befallsstärke war in den Töpfen ohne RW sogar zehnmal höher als unter Einfluss von Regenwurmartivität. Demnach können Regenwürmer durch ihre Aktivität einen wichtigen Beitrag zur natürlichen Selbstregulierungsfähigkeit landwirtschaftlicher Böden leisten.

Risiken des Greenings und Zwischenfruchtanbaus auf die Vermehrung und Verbreitung von *Plasmodiophora brassicae* im Boden

SINJA BRAND, HANS-PETER SÖCHTING, NAZANIN ZAMANI-NOOR

Nicht zuletzt durch die aktuellen Greening-Anforderungen im Rahmen einer Umsetzung der EU-Agrarpolitik gewinnen der Zwischenfruchtanbau und die Nutzung von Untersaaten immer mehr an Bedeutung. Den Vorzügen des Zwischenfruchtanbaus, wie die Verbesserung der bodenbiologischen, -chemischen und -physikalischen Eigenschaften und des Erosionsschutzes, stehen gewisse Risiken gegenüber. So können bestimmte Krankheiten und Schädlinge durch einen unbedachten Zwischenfruchtanbau ungewollt gefördert werden. Ein Beispiel ist die Fruchtfolgekrankheit Kohlhernie, welche durch den pilzlichen Erreger *Plasmodiophora brassicae* verursacht wird. Der bodenbürtige Schleimpilz befällt insbesondere die Rapskultur und verursacht an den Wurzeln Gewebewucherungen, welche die typischen Gallen bilden. Dadurch wird der Wasser- und Nährstofftransport in der Pflanze unterbrochen, die Pflanze welkt, verkümmert und kann sogar absterben. Neben Raps kann der Pilz weitere kreuzblütige Pflanzenarten, wie beispielsweise die gängigen Zwischenfrüchte Senf-Arten oder Rübsen befallen. Der Pilz bildet Dauersporen aus, welche bis zu 20 Jahre im Boden überleben können. Da eine direkte Bekämpfung nicht möglich ist, stehen vor allem vorbeugende Maßnahmen im Fokus.

In einer vorherigen Studie wurde die Anzahl der Dauersporen pro Gramm Boden und die Konzentration an pilzlicher DNA (ng/µl) in Gewächshausversuchen an einer resistenten und einer anfälligen Rapsorte untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Zunahme von Dauersporen im Boden nach dem Anbau der anfälligen Rapsorte signifikant größer war als nach dem Anbau der resistenten Sorte. Von einem ähnlichen Effekt bei alternativen Wirtspflanzen von Kohlhernie ist auszugehen.

Um die Vielfalt der Wirtspflanzen und mögliche Unterschiede hinsichtlich der Befallsausprägung zu untersuchen, wurde ein breit angelegter Gewächshausversuch am Julius Kühn-Institut in Braunschweig durchgeführt. Dazu wurden 56 Pflanzenarten (15 Zwischenfrucht-, 5 Kultur-, 36 Unkrautarten) angezogen und im Keimblattstadium drei Tage nach dem Pikieren mit einer Sporensuspension von *P. brassicae* (Pathotyp P1; 10^7 Sporen/ml) inokuliert. Als Kontrollpflanze diente die anfällige Rapsorte „Visby“. 35 Tage nach der Inokulation (35 dpi) wurde der Infektionsgrad anhand einer Skala von 0 bis 3 visuell bonitiert (0 = gesund, 1 = kleine Gallen an den Nebenwurzeln, 2 = mittelgroße Gallen an den Haupt- und Nebenwurzeln, 3 = starker Befall der Hauptwurzel). Aus diesen Daten wurde die Befallshäufigkeit (BH) und der Befallsstärkeindex (BSI) ermittelt (Zamani-Noor 2017).

Von den 15 Zwischenfruchtarten waren nur die 5 kreuzblütigen Arten visuell befallen. Bei den 12 kreuzblütigen Unkrautarten wiesen nur 9 Arten eine Gallenbildung auf. Die Ausnahmen waren *Barbarea vulgaris*, *Bunias orientalis* und *Raphanus raphanistrum*. Die Befallsstärke und der Befallsstärkeindex war artspezifisch. Alle weiteren untersuchten Arten waren visuell nicht befallen.

Den Ergebnissen zufolge ist eine gezielte Auswahl der Zwischenfruchtarten notwendig, um eine Förderung der Kohlhernie zu vermeiden. Potenziell können nahezu alle untersuchten kreuzblütigen Arten (ca. 82 %) als Wirtspflanze für den Erreger dienen. Somit müssen in ausgeprägten Rapsanbaugebieten nicht nur der Ausfallraps, sondern auch alle kreuzblütigen Arten bekämpft werden. In

weiteren Versuchen soll die Artenzahl erweitert werden und neben der visuellen Bonitur auch die pilzliche DNA in den Wurzeln mittels PCR nachgewiesen werden. Auf diese Weise könnten auch Primärinfektionen an den Wurzelhaaren, welche visuell noch keine Gallenbildung zur Folge haben, identifiziert und analysiert werden.

Literatur

Zamani-Noor, N. (2017): Variation in pathotypes and virulence of *Plasmodiophora brassicae* populations in Germany. *Plant Pathol.* 66(2), pp. 316-324, <https://doi.org/10.1111/ppa.12573>

Biologische Blattlausbekämpfung durch Blühstreifen in Zuckerrüben

SÖREN SCHILASKY, SOPHIA CZAJA

Der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel wird in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch diskutiert und politisch neu bewertet. Durch strengere Auflagen bei der Zulassung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln werden diese immer weiter für die Landwirtschaft limitiert. Lösungen für bestehende Herausforderungen im Pflanzenschutz, wie dem vermehrten Auftreten von bekannten und neuen phytopathogenen Pilzen, Viren und Insekten, sind noch nicht gefunden. So bedroht im Ackerbau die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) als Virusvektor den Zuckerrübenanbau und die Kartoffelvermehrung in Deutschland. Mögliche phytosanitäre und alternative Pflanzenschutzmaßnahmen müssen untersucht und in die landwirtschaftliche Praxis etabliert werden. Im Sinne des Integrierten Pflanzenschutz werden zurzeit verschiedene Maßnahmen zur Minderung des Pestizideinsatzes und zur Risikominderung z.B. durch eine erhöhte Strukturvielfalt oder das Anlegen von Blühstreifen erarbeitet und teilweise angewandt.

Der Einsatz von Nützlingen zur Kontrolle von Schädlingen ist im kontrollierten Kulturanbau ein wichtiger Bestandteil im integrierten Pflanzenschutz. Um den positiven Effekt der Nützlinge auch im Freiland zu erhöhen, wurde der Förderfaktor eines speziell zusammengestellten Blühstreifens mit nachweislich nützlingsfördernden Pflanzen untersucht. Ziel war es, durch das Futter- und Rückzugsangebot für Nützlingen (wie Marienkäfern, Florfliegen oder Schlupfwespen) deren Population zu erhöhen und eine reduzierende Wirkung auf die Blattlauspopulationen im anliegenden Zuckerrübenfeld zu erreichen.

Der 6 m breite Blühstreifen wurde an einem Rübenfeld in Nörvenich (südliches Rheinland) im Herbst 2019 angelegt. Ausgesät wurden Kamille, Klatschmohn, Kornblume, Ringelblume, Wiesenklees und Winterwicke. Das anliegende Rübenfeld wurde in 3 Versuchsflächen eingeteilt, die jeweils (I) betriebsüblich mit Insektiziden, (II) mit einer reduzierten Insektizidapplikation und (III) ohne Insektizidmaßnahmen (Kontrolle) behandelt wurden. In den 3 Versuchsflächen wurden je 5 Zählstrecken à 10 Zuckerrüben im Abstand zum Blühstreifen von jeweils 1, 5, 10, 50 m und am äußeren Feldrand als Kontrolle angelegt. Diese 15 Zählstrecken wurden von Ende April bis Anfang Juni zweimal die Woche auf den Besatz mit (I) Grünen Pfirsichblattläusen und (II) Schwarzen Bohnenläusen sowie verschiedenen (III) Nützlingen bonitiert. Zusätzlich wurden an 6 Stellen im Blühstreifen in je einem Quadratmeter die Anzahl (IV) blühender Pflanzen und der (V) Besatz an Nützlingen und Schädlingen dokumentiert.

Die Berechnung und der Vergleich von Populationswachstumsmodellen mit Standardmodellen zeigen, dass das vermehrte Auftreten von Marienkäfern in der unbehandelten Kontrolle einen kausalen Einfluss auf die Blattlauspopulation hat. Die Blattlauspopulationen in dieser Versuchsfläche nahe des Blühstreifens waren im Vergleich zu den anderen Versuchsflächen ähnlich stark reduziert wie nach einer Insektizidbehandlung.

Der Einsatz von speziellen Blühstreifen wird in Zukunft ein wichtiger Baustein im Integrierten Pflanzenschutz und erfolgreichem Ackerbau mit hoher Qualität sein.

Gezielte Anwendung von Mineraldüngern zur Verbesserung der Pflanzentoleranz gegen Krankheitserreger unter Feldbedingungen

MARKUS GÖBEL, KLÁRA BRADÁČOVÁ, TORSTEN MÜLLER

Ein ausreichendes Angebot an hochwertigen Lebensmitteln für die zunehmende Welternährung, das umweltschonend und nachhaltig produziert wird, stellt eine große aktuelle Herausforderung für die Landwirtschaft dar. Gleichzeitig steht der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel wegen des Risikos von Rückständen in der Natur und in den Nahrungsketten in zunehmender Kritik. Daher ist das Projekt „LaNdwirtschaft 4.0 Ohne chemisch-synthetischen PflanzenSchutz“ (NOcsPS), in welchem ackerbauliche Anbausysteme unter Einsatz modernster Technologien und optimaler Düngung aber unter Verzicht auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz untersucht und entwickelt werden, von hoher Relevanz. Das NOcsPS-Anbausystem soll zwischen dem konventionellen und dem ökologischen Anbausystem stehen, sodass die vermarktungsfähigen Endprodukte für breite Gesellschaftsschichten erschwinglicher als ökologisch produzierte Produkte werden.

Unser Ziel im NOcsPS-Projekt ist die Entwicklung innovativer Düngungsstrategien in Kombination mit biologischen Pflanzenstärkungsmitteln, um die Toleranz der Kulturpflanzen gegen biotischen Stress (Pathogenbefall) zu optimieren. Dabei werden die Kulturpflanzen Winterweizen, Sojabohne und Mais mit den Pathogenen *Fusarium* sp. und *Septoria* sp. in jeweils 2-jährigen Feldversuchen untersucht.

Als Düngbehandlungen werden unterschiedliche Stickstoffformen mit Fokus auf stabilisiertes Ammonium sowie die gezielte Applikation von Mikronährstoffen und Silizium eingesetzt. Weiterhin werden unterschiedliche mikrobielle und nicht mikrobielle Bioeffektoren zur Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit, Förderung des Pflanzenwachstums und zur Stärkung der Pflanzen unter Stressbedingungen gezielt eingesetzt. Konkret wird ein Konsortium aus dem pflanzenwachstumsfördernden Mikroorganismus *Pseudomonas brassicacearum* 3Re27 und der Arbuskulären Mykorrhiza (AMF) *Rhizophagus irregularis* MUCL41833 als Granulat im Feld getestet. Gesteigertes Pflanzenwachstum bei einer Kombination von stabilisiertem Ammoniumdünger und mikrobiellen Bioeffektoren wurde bereits in mehreren Studien beobachtet. Eine positive Auswirkung von Mikronährstoffen und nicht mikrobiellen Präparaten (Algenextrakte) auf das Pflanzenwachstum unter Stressbedingungen wurde ebenso bereits nachgewiesen.

Der erste Feldversuch mit Winterweizen (Asory) zur Untersuchung der Auswirkung gezielter Anwendung von stabilisiertem Ammonium, Kalkstickstoff, Mikronährstoffen, Silizium und dem mikrobiellen Konsortiumprodukt auf den Septoriabefall und auf das Wachstum der Weizenpflanzen wurde bereits im Herbst 2020 angelegt (Abb. 1). Im Moment befinden sich die Pflanzen im Zweiblattstadium (Abb. 2).



Abb. 1: Weizenpflanzen 16 DAS (days after sowing)
(© Göbel)



Abb. 2: Weizenpflanzen im Zweiblattstadium 58 DAS
(days after sowing) (© Göbel)

Während der Wachstumsperiode werden mikrobielle sowie enzymatische, phytohormonelle und molekularbiologische Untersuchungen durchgeführt, um die potenziellen Wirkungsmechanismen der Bioeffektoren in Kombination mit der gezielten Düngung beschreiben zu können. Nach der Ernte werden die Erträge der jeweiligen Varianten sowie die Unterschiede im Pflanzenwachstum und der Nährstoffstatus der Pflanzen erfasst. Das Potenzial von Mikronährstoffen, Silizium und gezielter N-Düngung mit Fokus auf stabilisiertes Ammonium für eine Erhöhung der Krankheits-toleranz und eine Verbesserung des Pflanzenwachstums soll unter diesen Bedingungen getestet werden, ebenso wie die Auswirkung verschiedener Düngevarianten auf die Erträge im Vergleich zum konventionellen Anbau. Anhand der Feldversuchsergebnisse sollen gezieltere, innovative und praxisorientierte Ansätze in der Pflanzenernährung mit konventioneller Düngung ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz weiterentwickelt werden.

Danksagung

Das NOcsPS-Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und von Agrarsysteme der Zukunft.

Unkrautmanagement in einem NOcsPS-Anbausystem unter Praxisbedingungen in Sommergerste (*Hordeum vulgare*)

MARCUS SAILE

Die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft wird von Politik und Bevölkerung gleichermaßen gefordert. Ein kompletter Verzicht auf Pflanzenschutz bei gleichzeitig höheren Erträgen als im ökologischen Anbau würde solchen Anforderungen in der Zukunft mehr als gerecht werden. An dieser Stelle setzt das neue Anbausystem NocsPS (Landwirtschaft 4.0 ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz) als Möglichkeit für die zukünftige Nahrungsmittelproduktion an: Durch die Applikation mineralischer Düngemittel wird versucht, Qualität und Ertrag von konventionellen Anbausystemen zu erhalten; Pflanzenschutzmittel kommen hierbei jedoch nicht zum Einsatz. Ein besonderes Augenmerk liegt auf Anbausystemen ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz bei der Reduktion von Unkräutern in der Kulturpflanze.

Im Jahr 2020 wurden in einem Feldversuch mit Sommergerste (*Hordeum vulgare*) vier Anbausysteme bei je fünf verschiedenen Stoppelbearbeitungsintensitäten miteinander verglichen.

Folgende vier Anbausysteme wurden untersucht:

1. konventionell-intensives Anbausystem
2. konventionell-reduziertes Anbausystem
3. organisches Anbausystem
4. NOcsPS-Anbausystem

Die Anbausysteme wurden mit fünf Stoppelbearbeitungsintensitäten geprüft:

1. tief-wendend, 25 cm (einfach)
2. tief-konservierend, 15 cm (zweimal)
3. flach-konservierend, 5 cm (zweimal)
4. keine Stoppelbearbeitung mit Saatbettbereitung
5. Direktsaat

Ziel der Studie ist es, die Anbausysteme unter verschiedenen Stoppelbearbeitungsintensitäten miteinander zu vergleichen, um den Einfluss von NOcsPS auf die Unkrautdichte im Verhältnis zu anderen Anbausystemen aufzuzeigen. Zusätzlich sollen mit der Kombination aus Anbausystem und Stoppelbearbeitung sowie deren Interaktion miteinander die unterschiedlichen Auswirkungen auf den Ertrag der Kultur abgebildet werden.

Die Ergebnisse des ersten Jahres haben gezeigt, dass die Unkrautdichte im NOcsPS-Anbausystem nicht signifikant verringert werden konnte. Innerhalb der unterschiedlichen Stoppelbearbeitungsmethoden wurden bezüglich der Dichte an Unkräutern keine Signifikanzen festgestellt. Die Unkrautzusammensetzung im Versuch war wie folgt: 31 % *Veronica persica*, 20 % *Stellaria media*, 17 % *Thlaspi arvense*, 10 % *Chenopodium album*, 8 % *Galium aperine*, 7 % *Lamium purpureum*, 3 % *Lolium multiflorum* und 3 % andere. Der Kornertrag der Sommergerste war innerhalb der Anbausysteme signifikant verschieden. Im konventionell-intensiven mit 8,9 t/ha sowie im konventionell-reduzierten System mit 7,89 t/ha wurden signifikant höhere Erträge als in NOcsPS mit 6,98 t/ha erzielt. Die Bewirtschaftung mit NOcsPS erzielte wiederum signifikant höhere Kornerträge gegenüber dem organischen System, in dem ein Kornertrag in Höhe von 5,5 t/ha erzielt wurde. Die Interaktion zwischen Bodenbearbeitung und Anbausystem hat ergeben, dass in allen Anbausystemen über die wendende Bodenbearbeitung ein Ertragsvorteil in Höhe von 0,45 t/ha generiert werden kann.

Das Feldexperiment hat deutlich gemacht, dass im NOcsPS-Anbausystem aufgrund der mineralischen Düngung die Erträge gegenüber des herkömmlichen organischen Anbausystems signifikant erhöht waren. Beim Besatz von Unkräutern konnte keine eindeutige Tendenz zwischen NocsPS- und organischen Anbausystemen festgestellt werden. Jedoch wurde in NocsPS bezüglich Ertrag und Erfolg in der Unkrautbekämpfung nicht dasselbe Niveau wie in konventionellen Systemen erreicht.

Um verlässliche Daten zu generieren, wird das Experiment um zwei weitere Jahre fortgeführt.

Sensorgestützte herbizidfreie Unkrautregulierung in pfluglos angebauten Erbsen und Ackerbohnen

ROBERT HOMMEL, ULF JÄCKEL, TIM ZURHEIDE, DIETER TRAUTZ

1 Hintergrund

Die Regulierung von Unkräutern in pfluglos angebauten Erbsen und Ackerbohnen erfolgt konventionell fast ausschließlich mit Herbiziden. Herbizidresistenz von Unkräutern, abnehmende Akzeptanz des Pflanzenschutzmitteleinsatzes sowie das Verbot des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf ökologischen Vorrangflächen (Greening) sind Anlass für die Suche nach Alternativen. Im ökologischen Landbau sind herbizidfreie Verfahren etabliert, allerdings erfolgt hier der Anbau überwiegend nach Pflugeinsatz mit entsprechender Erosionsgefahr.

2 Ziele

Ziel des Vorhabens ist es, pflanzenbauliche Verfahren für den pfluglosen Anbau von Erbse und Ackerbohne durch mechanische Unkrautregulierung mit Rollstriegel im konventionellen Ackerbau zu entwickeln. Im ökologischen Landbau sollen zusätzlich Verfahren der Mulch- und Direktsaat weiterentwickelt werden. Ein Schwerpunkt liegt im Einsatz von Sensoren zur Unkrautregulierung mit einem Rollstriegel (Abb. 1). Der Ertrag im mechanisch regulierten Prüfglied soll nicht signifikant unterschiedlich zum chemischen Prüfglied (Herbizideinsatz) sein.

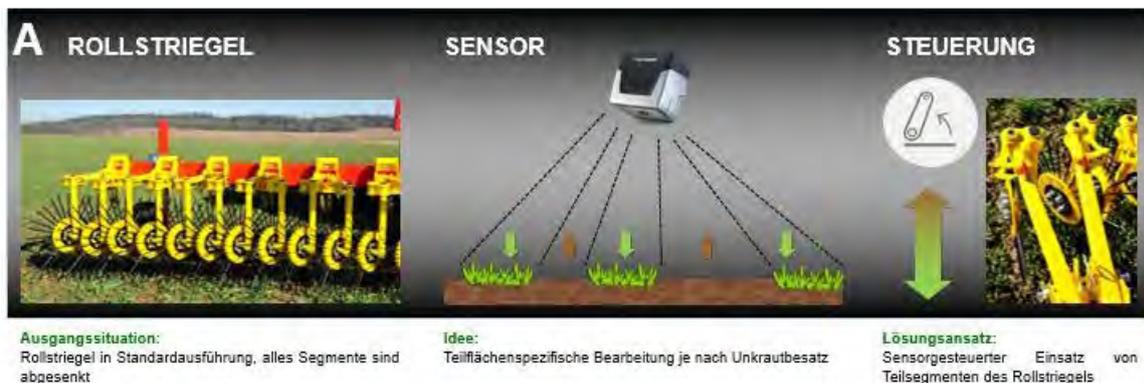


Abb. 1: Mechanische Unkrautregulierung (© T. Zurheide)

3 Durchführung

Die Untersuchungen werden in randomisierten Exaktversuchen mit Vierfachwiederholung und Kontrolle (keine Unkrautregulierung) auf ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben an unterschiedlichen Standorten (Verwitterungs(V)-Standort, Diluvial(D)-Standort, Löss(Lö)-Standort) realisiert. Erprobt wird ein neues Verfahren hinsichtlich der Erfassung des Unkrautdeckungsgrades mittels eines Sensors. Es werden Richtwerte zum Geräteeinsatz (Rollstriegel) ermittelt, um dieses teilflächenbezogen zu steuern. Dazu ist aus dem Messergebnis des Sensors ein Steuersignal abzuleiten, das den Segmentheber steuert, der die einzelnen Segmente des Rollstriegels in Arbeits- oder Ruhestellung bringt. Die mit dem Striegeln verbundenen keimstimulierenden Lichtreize und die N-Mineralisierung im Boden sollen auf die Teilbereiche mit bekämpfungsbedürftiger Verunkrautung (Nester) begrenzt und Beschädigungen an den Kulturpflanzen durch den Striegel reduziert werden.

4 Ergebnisse und Ausblick

Grundlegend liefert der Sensor schlüssige Ergebnisse der Unkrautdeckungsgrade (UDG). Die Ergebnisse zwischen manueller Bonitur und Sensordaten sind bis zu einem BBCH der Kulturpflanzen von 35 plausibel. Dabei kommt es durch manuelle Erhebung zu einer Unterschätzung. Ab einem BBCH > 51 kann der Sensor den Unterschied zwischen Kulturpflanze und Unkraut nicht mehr eindeutig detektieren, weil die Konturen der Pflanzen sich berühren und überschneiden. Da im BBCH > 51 (Rosettenstadium) kein Striegel mehr Anwendung findet, wird dem nur eine geringe Bedeutung zugerechnet. Aus den Messergebnissen konnten dynamische Grenzwerte für den UDG zur teilflächenspezifischen Unkrautregulierung abgeleitet werden. Grundlegend zeigte sich, dass ab einem initialen Unkrautdeckungsgrad von > 1 % mit Ertragseinbußen zu rechnen ist. Um einen vergleichbaren Kornertrag zwischen mechanischem und chemischen Prüfglied zu erhalten, waren in unseren Versuchen mindestens 3 Striegelgänge erforderlich. Die 3 Striegelgänge erfolgten flächenhaft. Der neu entwickelte Segmentheber kann das gewonnene Steuersignal bei Fahrgeschwindigkeiten von 5 bis 8 km/h in Echtzeit zur teilflächenspezifischen Arbeit umsetzen.

2021 wird die teilflächenspezifische Unkrautregulierung auf Praxisschlägen (up-scaling) getestet und die Übertragbarkeit auf Hackstriegel sowie hinsichtlich der Intensitätssteuerung geprüft.

Method for the feasible acquisition of rating data and the use of the data for site-specific plant protection in agriculture – BoniPS

JULIA GITZEL, JÜRGEN SCHWARZ

Since January 2014, the general principles of integrated pest management from Appendix III of Directive 2009/128/EC of the European Parliament and Council have been anchored in the Plant Protection Act. The aim is to limit the use of chemical pesticides. The National Action Plan for the Sustainable Use of Plant Protection Products (NAP) also provides for further reducing the risks and impacts on human health and the ecosystem associated with the use of plant protection products. This defines binding principles of integrated pest management, in which the monitoring of the occurrence of pests using suitable methods is an essential part. The pest monitoring is usually carried out using ratings, forecast models and information from the official advice. Based on this information and taking into account the threshold values, a decision about a specific plant protection measure must be made. The scoring necessary before treating the stand is usually complex and time-consuming. The farmer should be able to judge the field properly.

The goal of the project BoniPS is to develop a fully practicable process with which farmers and contractors, with the professional help of a software assistant (app), can easily assess plant populations. This starts with the data acquisition onwards to site-specific application of pesticides which includes also the creation of application maps for winter wheat, winter rape and pea.

Data from forecasting systems, warning messages from the plant protection services as well as assessments from previously carried out crossings can be included in the decision-making process for technical support. In addition to the documentation of the frequency and intensity of the infestation, a geo-referenced determination of the infested areas can be carried out. Based on this, a recommendation for action is drawn up in the form of a traffic light system. Green stands for “below the threshold value”, yellow for “around the threshold value” and red for “above the threshold value”. Pictures and descriptions of 136 pests are also included in the app. The data documentation is carried out in real time. With the help of the assessed rating points, it's possible to create a site-specific application map of the plant protection products. This can be used with existing technology (plant protection equipment with GPS part-width section control). The areas are calculated by the app, based on the rating points and are color-coded on the application map. The site-specific application of the pesticides leads to a reduction in the treated area and thus to a lower treatment index. The ratings are saved and serve as a kind of “memory” for the next few years.

11 farmers tested the beta-version of the app, to record data under practical conditions and to be able to provide feedback on usability. All farmers of the test phase are located in the federal state of Thuringia in order to guarantee similar weather, soil conditions and pests that may occur. During the first assessments of the test farms, it was founded that the duration of the recording for one assessment point is approx. 3 minutes. A normal line assessment with 5 assessment points results in a total time requirement of 15 minutes / assessment (for a field of an average of 15 ha). If one compares these provisional figures with information from the literature (Kehlenbeck et al., 2016), we can assume that the use of the app can be save time. Due to the faster evaluation of the rating points, the farmers are motivated to rate a higher number of fields and points. The procedure also offers them a fixed process. The farmers quote the use of the software as intuitive and the guide through the necessary steps to be simple and fluid.

References

Kehlenbeck, H.; Saltzmann, J.; Gummert, A.; Helbig, J.; Peters, M. (2016): Bericht zum Projekt "Monitoring-aufwand im integrierten Pflanzenschutz". KTBL-Arbeitsprogramm Kalkulationsunterlagen 2015, 35 S.

Acknowledgement

The project is funded by the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a resolution by the German Bundestag.

The project sponsorship is provided by the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) as part of the innovation promotion program.

Nicht invasives, flächendeckendes Monitoringsystem für Pflanzenkrankheiten sowie Erprobung neuer BCAs für das NOcsPS-Anbausystem

MARTIN RIEKER, STEFAN THOMAS, ABBAS EL-HASAN, RALF T. VOEGELE

Um einen hohen Ertrag mit guter Qualität zu erhalten, sind Pflanzenschutzmaßnahmen notwendig. Besonders in Anbausystemen mit enger Fruchtfolge und hoher Ertragsintensität kommen dabei überwiegend chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel (csPSM) zum Einsatz. Deren Ausbringung bringt jedoch etliche Probleme mit sich und wird von Verbrauchern zunehmend kritisch gesehen. Außerdem unterliegt deren Anwendung immer strengeren Restriktionen und Wirkstoffe gehen z. B. durch Resistenzbildung verloren.

In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt „LaNdwirtschaft 4.0 Ohne chemisch-synthetischen PflanzenSchutz“ (NOcsPS) im Rahmen der Initiative „Agrarsysteme der Zukunft“ suchen wir zukunftsweisende Alternativen zur konventionellen Produktion, aber auch zum ökologischen Landbau. NOcsPS erlaubt die gezielte Ausbringung mineralischer Düngemittel bei gleichzeitigem Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel. Eine Voraussetzung für die nachhaltige Umsetzung von NOcsPS ist eine schnelle und genaue Erkennung von Pathogenen im Feld kombiniert mit dem Einsatz neuartiger biologischer Antagonisten (BCAs), welche das Potenzial besitzen csPSM auf lange Sicht zu reduzieren oder sogar zu ersetzen.

Unser Teilprojekt fokussiert auf die Erkennung und Kontrolle zweier bedeutender Pflanzenpathogene: *Fusarium graminearum* an Weizen und *Sclerotinia sclerotiorum* an Sojabohne.

Ein wesentliches Ziel des Projektes ist die Etablierung eines nicht invasiven, flächendeckenden, drohnenbasierten Monitoringsystems in Verbindung mit der Applikation von Antagonisten als Alternative zu csPSM. Hierzu werden pathogenspezifische Veränderungen im Metabolismus zuvor künstlich inokulierter Pflanzen unter kontrollierten Bedingungen mittels Hyperspektralkamera gemessen. Die hyperspektralen Daten werden anschließend durch molekulare Methoden (qPCR) verifiziert und zur Identifikation bestimmter pathogenspezifischer Änderungen der spektralen Profile der Pflanzen herangezogen. Diese liefern notwendige Informationen zur Entwicklung eines Monitoringsystems, welches eine frühzeitige Erkennung von Pflanzenpathogenen erlaubt und mithilfe eines Hybrid-Flugzeugs als Trägerplattform für die Hyperspektralkamera auch im Freiland Anwendung finden soll.

Darüber hinaus werden mehrere neue pilzliche und bakterielle BCAs in vitro und in vivo hinsichtlich ihrer Wirksamkeit gegen *F. graminearum* und *S. sclerotiorum* getestet. Zusätzliche Anwendungen der BCAs in Gewächshaus- und Freilandversuchen dienen zur Bestimmung ihrer Fähigkeit die beiden Pathogene auch unter Realbedingungen kontrollieren zu können. Außerdem soll die Performance der BCAs durch die Entwicklung innovativer Formulierungen und durch Zusatz verschiedener aktiver Wirkstoffe verbessert werden.

Erste Ergebnisse eines im Jahr 2020 auf der Versuchsstation der Universität Hohenheim (Stuttgart) durchgeführten Feldversuches mit Sommerweizen der Sorte „Servus“ belegen eine gute Wirksamkeit aller getesteten Antagonisten gegen einen Befall mit *F. graminearum*. Die pilzlichen Antagonisten *Trichoderma* sp. T10, *T. harzianum* T16, *T. asperellum* T23 und *Clonostachys rosea* CRP1104 sowie die bakteriellen Antagonisten *Bacillus subtilis* HG77 und *Pseudomonas fluorescens* G308

konnten die Befallshäufigkeit mit Ährenfusarium im Vergleich zu einer nur mit *F. graminearum* inokulierten Kontrolle signifikant reduzieren. Dabei zeigten die beiden Antagonisten *T. harzianum* T16 und *Clonostachys rosea* CRP1104, bei denen es keine signifikanten Unterschiede zur nicht mit *F. graminearum* inokulierten Negativkontrolle gab, eine signifikant bessere Wirkung als die übrigen Antagonisten.

Da alle getesteten Antagonisten einen signifikanten Effekt zeigten, werden wir in den kommenden Jahren versuchen, die Formulierungen zu einer Steigerung der Effizienz der Antagonisten weiterzuentwickeln. Gleichzeitig sollen auch das Monitoringsystem ins Freiland übertragen sowie die Versuche auf das zweite Pathosystem ausgeweitet werden.

Mitwirkende

Prof. Dr. Joachim Aurbacher
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft
Gießen

Dr. Ruth Bartel-Kratochvil
Forschungsinstitut für Biologischen Landbau FiBL
Wien, Österreich

Patrick Becker
Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Birkenfeld

Harald Becker
Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH
Kassel

Dr. Richard Beisecker
Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH
Kassel

Camilla Bentkamp
Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Birkenfeld

Prof. Dr. Thomas Berger
Universität Hohenheim
Hans-Ruthenberg-Institut
Stuttgart

Prof. Dr. Heinz Bernhardt
Technische Universität München (TUM)
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Freising

Dr. Ralf Bloch
Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Arbeitsgruppe Ressourceneffiziente Anbausysteme
Müncheberg

Jörg Böhmer
Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Birkenfeld

Benedikt Bösel
Schlossgut Alt Madlitz GmbH & Co. KG
Briesen (Mark) OT Alt Madlitz

Prof. Dr. Peter Breunig
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Weidenbach

Prof. Dr. Franz J. Conraths
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Institut für Epidemiologie
Greifswald - Insel Riem

Iris Dahms
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
OG Nachhaltige Bewässerung
Suderburg

Dr. Michael Scott Demyan
Ohio State University
School of Environment and Natural Resources
Columbus, Ohio, USA

Prof. Dr. Klaus Dittert
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Pflanzenernährung und Ertragsphysiologie
Göttingen

Prof. Dr. Eike Stefan Dobers
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Agrarwirtschaft und
Lebensmittelwissenschaften
Neubrandenburg

Dr. Xiaohong Duan
Helmholtz Zentrum München
Institut für Biochemische Pflanzenpathologie
München

Braida Dür
Berner Fachhochschule BFH
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Zollikofen, Schweiz

Dr. Knut Ehlers
Umweltbundesamt (UBA)
Dessau

Prof. Dr. Martin Elsäßer
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg
(LAZBW)
Fachbereich Grünland, Futterbau, Futterkonservierung
Aulendorf

Bernhard Feller

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Produktionstechnische Beratung Ferkelproduktion
Münster

Prof. Dr. Robert Finger

ETH Zürich
Department Management, Technologie und Ökonomie
Zürich

Lisa Fröhlich

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH)
Fachgebiet Ökologischer Landbau
Marburg

Dr. Cathleen Frühauf

Deutscher Wetterdienst (DWD)
Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung
Braunschweig

Prof. Andreas Gattinger

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II –
Ökologischer Landbau
Gießen

Dr. Sebastian Gayler

Universität Hohenheim
Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Stuttgart

Prof. Dr. Bärbel Gerowitt

Universität Rostock
Institut für Landnutzung FB Phytomedizin
Rostock

Dr. Kerstin Grant

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg
(LAZBW)
Fachbereich Grünland, Futterbau, Futterkonservierung
Aulendorf

Dr. Jan Grenz

Berner Fachhochschule BFH
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissen-
schaften HAFL
Zollikofen, Schweiz

Dr. Jürgen Grocholl

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Uelzen

Jonas Groß

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Land-
wirtschaft e.V. (KTBL)
Darmstadt

Prof. Dr. Anna Häring

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
(HNE)
Fachbereich Politik und Märkte in der Agrar- und
Ernährungswirtschaft
Eberswalde

Dr. Florian Heinlein

Helmholtz Zentrum München
Institut für Biochemische Pflanzenpathologie
München

Sebastian Ineichen

Berner Fachhochschule BFH
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Zollikofen, Schweiz

Prof. Dr. Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Institut für
Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Kiel

Dr. Joachim Ingwersen

Universität Hohenheim
Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Stuttgart

Prof. Dr. Folkhard Isermeyer

Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume,
Wald und Fischerei
Präsident
Braunschweig

Dr. Christian Klein

Helmholtz Zentrum München
Institut für Biochemische Pflanzenpathologie
München

Tamara Köke

Berner Fachhochschule BFH
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Zollikofen, Schweiz

Martin Kraft

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume,
Wald und Fischerei
Braunschweig

Dr. Pascal Kremer

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz
Mainz

Dr. Sandra Kregel

Julius Kühn-Institut (JKI)
 Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
 Institut für Strategien und Folgenabschätzung
 Kleinmachnow

Dr. Martin Kunisch

Kuratorium für Technik und Bauwesen
 in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
 Darmstadt

Moritz Laub

Universität Hohenheim
 Hans-Ruthenberg-Institut
 Stuttgart

Kilian Loesch

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Oldenburg

Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
 Forschungsabteilung II - Klimaresilienz -
 Klimawirkungen und Anpassungsoptionen
 Potsdam

Dominic Meinardi

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
 OG Nachhaltige Bewässerung
 Suderburg

Andreas Meyer

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Beratung Pflanzenbau, Beregnung
 Hannover

Dr. Jens Möller

DKE-Data GmbH & Co. KG
 Osnabrück

Dr. Sandra Münzel

Universität Potsdam
 Institut für Geowissenschaften
 Potsdam-Golm

Dr. Matthias Nachtmann

BASF SE Agrarzentrum
 Limburgerhof

Prof. Dr. Frank Ordon

Julius Kühn-Institut (JKI)
 Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
 Präsident
 Quedlinburg

Dr. Peter Oswald

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
 (BMEL)
 Limburgerhof

Lutz Otto

Universität Hohenheim
 Hans-Ruthenberg-Institut
 Stuttgart

Wolfgang Palme

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt
 für Gartenbau Schönbrunn und
 Österreichische Bundesgärten (HBLFA)
 Schönbrunn, Wien, Österreich

Marcel Phieler

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH)
 Fachgebiet Ökologischer Landbau
 Marburg

Dr. Arne Poyda

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
 Kiel

Prof. Dr. Eckart Priesack

Helmholtz Zentrum München
 Institut für Biochemische Pflanzenpathologie
 München

Jürgen Recknagel

Landwirtschaftliches Technologiezentrum
 Augustenberg, Außenstelle Emmendingen-Hochburg
 am Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau
 Baden-Württemberg (KÖLBW)
 Emmendingen

Dr. Beat Reidy

Berner Fachhochschule BFH
 Hochschule für Agrar-, Forst- und
 Lebensmittelwissenschaften HAFL
 Zollikofen, Schweiz

Angela Riedel

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Beratung Pflanzenbau, Beregnung
 Hannover

Prof. Dr.-Ing. Klaus Röttcher

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
 Fakultät Bau-Wasser-Boden
 Suderburg

Mortimer von Rümker

SaatGut Friedrichswerth
 Friedrichswerth

Harald Schmid

Technische Universität München (TUM)
Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und
Pflanzenbausysteme
Freising

Prof. Dr. Knut Schmitke

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Frick, Schweiz

Dr. Marco Schneider

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) Bildungs-
und Beratungszentrum Alsfeld
Alsfeld

Sabrina Scholz

Hochschule für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde (HNE)
Fachbereich Politik und Märkte in der Agrar- und
Ernährungswirtschaft
Eberswalde

Johanna Schröder

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume,
Wald und Fischerei
Braunschweig

Sabine Sommer

Bodensee-Stiftung
Radolfzell

Andreas Stämpfli

Aaremilch AG
Lyss, Schweiz

Peter Stötzel

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Poing-Grub

Prof. Dr. Thilo Streck

Universität Hohenheim
Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Stuttgart

Prof. Dr. Hermann H. Swalve

Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaft
Halle/Saale

Dr. Michaela Clarissa Theurl

Forschungsinstitut für Biologischen Landbau FiBL
Wien, Österreich

Francisco Tijerino

Universität Hohenheim
Hans-Ruthenberg-Institut
Stuttgart

Prof. Dr. Dieter Trautz

Hochschule Osnabrück Fakultät Agrarwissenschaften
und Landschaftsarchitektur
Osnabrück

Dr. Christian Troost

Universität Hohenheim
Hans-Ruthenberg-Institut
Stuttgart

Patrick Trötschler

Bodensee-Stiftung
Radolfzell

Carolina Wackerhagen

Bodensee-Stiftung
Radolfzell

Frank Wagener

Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Birkenfeld

Dr. Kirsten Warrach-Sagi

Universität Hohenheim
Institut für Physik und Meteorologie
Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Cornelia Weltzien

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.
(ATB)
Potsdam

Jochen Georg Wiecha

Technische Universität München (TUM)
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Freising

Prof. Dr. Volkmar Wolters

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Allgemeine und Spezielle Zoologie
Gießen

Johannes Zahner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Poing-Grub

Kathrin Ziegler

Technische Universität München (TUM)
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Freising

Andreas Ziermann

Bodensee-Stiftung
Radolfzell