



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



**Pflanzenbausysteme der Zukunft  
LfL Jahrestagung 2018**



6

2018

**Schriftenreihe**

ISSN 1611-4159

## IMPRESSUM

Herausgeber:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttlinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
[www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion:

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz  
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan  
[Agrarökologie@LfL.bayern.de](mailto:Agrarökologie@LfL.bayern.de)  
Telefon: 08161 71-3640

1. Auflage: Oktober 2018

Druck: Ortmaier Druck GmbH, Frontenhausen

Schutzgebühr: 10,00 Euro

© LfL

# **Pflanzenbausysteme der Zukunft**

## **Tagungsband**





# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
Jakob Opperer.....	7
Erosionsschutz in Feld und Flur	
Robert Brandhuber.....	9
Wie kann der Pflanzenbau die Biodiversität fördern und nutzen?	
Sebastian Wolfrum, Johannes Burmeister, Roswitha Walter .....	13
Wie lösen Digitalisierung und Robotik die neuen Herausforderungen?	
Dr. Markus Gandorfer, Johanna Pfeiffer, Beat Vinzent, Dr. Markus Demmel .....	19
Integrierte Unkrautkontrolle im Ackerbau - eine neue Perspektive?	
Klaus Gehring .....	23
Pflanzenzüchtung im Licht der Ackerbaustrategie	
Dr. Peter Doleschel.....	29



## Vorwort



Die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln, von biogenen Rohstoffen und Energie war Jahrhunderte lang wesentliche Aufgabe der Landwirtschaft. Heute erwartet die Gesellschaft eine hohe Ressourceneffizienz, einen bestmöglichen Erosionsschutz, einen geringen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und eine große Artenvielfalt. Diese Anforderungen stehen teilweise in Konkurrenz zueinander. Wir sind davon überzeugt, dass die Digitalisierung gute Chancen bietet, die unterschiedlichen Aspekte im Sinne eines ressourceneffizienten Pflanzenbaus in Einklang zu bringen.

Die LfL stellt sich diesen Herausforderungen seit vielen Jahren. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten und forschen an einer nachhaltigen und gesellschaftlich akzeptierten und damit zukunftsfähigen bayerischen Landwirtschaft. In ihrer neuen Zweigstelle Ruhstorf an der Rott wird die LfL ihre Aktivitäten noch stärker vernetzen und intensivieren. Ruhstorf soll zu einer Zukunftswerkstatt und zu einem Impulsgeber für den gesamten Agrarsektor in Bayern und darüber hinaus werden.

Die diesjährige LfL Jahrestagung ist eine Standortbestimmung: Wo stehen wir? Was kann konkret in den Bereichen Agrarökosysteme und Digitalisierung in Ruhstorf umgesetzt werden? Wie können wir die Landwirte in Zukunft unterstützen?

Der Tagungsband konzentriert sich auf die Sicht der LfL zu Pflanzenbausystemen der Zukunft und zeigt die Perspektiven für Forschungsschwerpunkte, die in Ruhstorf in den nächsten Jahren umgesetzt werden sollen.

Jakob Opperer  
Präsident der LfL





## Erosionsschutz in Feld und Flur

Robert Brandhuber

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

**Der fortschreitende Klimawandel zwingt uns dazu, Böden und Flure wetterfest zu machen: durch pflegliche Bodenbewirtschaftung und mit einer Flurgestaltung, die Wasser zurückhält statt schnell abzuleiten. Die Aufgabe ist groß. Alle Akteure sind gefordert, ihren Beitrag zu leisten.**

### EROSIONSSCHUTZ WICHTIGER DENN JE

Bodenerosion führt zu unwiederbringlichem Verlust an Bodenfruchtbarkeit, schädigt Unterlieger und belastet Bäche und Seen durch Verschlammlung, Kolmation oder Nährstoffeintrag. Wassererosion ist an Oberflächenabfluss gebunden. Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserinfiltration mindern den Oberflächenabfluss, sie helfen Trockenperioden länger zu überstehen und sie dienen auch dem Hochwasserschutz. Weil Starkregen und Trockenperioden im Klimawandel an Intensität zunehmen, müssen noch mehr vorsorgende Maßnahmen als bisher ergriffen werden.

Viele Landwirte engagieren sich bereits vorbildlich im Erosionsschutz. Das Landwirtschaftsressort mit

seinen Verwaltungen fördert in vielfältiger Weise die Bemühungen um einen guten Boden- und Gewässerzustand, z. B. mit den Wasserberatern, dem Demonstrationsbetriebsnetz Gewässer-, Boden- und Klimaschutz, der Initiative boden:ständig, dem KULAP-Angebot zum Boden- und Wasserschutz, der Schwerpunktsetzung in Bildung und Öffentlichkeitsarbeit. Dieser Weg ist erfolgversprechend, wenn er konsequent gegangen wird. Und er braucht einen langen Atem.

### LANDWIRTE IM SPANNUNGSFELD

Akteure in der Flächenbewirtschaftung sind in Bayern etwas mehr als 100.000 landwirtschaftliche Betriebe, die mit Urproduktion pflanzlicher oder tierischer Erzeugnisse Gewinn erzielen müssen.

Entscheidungen zur Betriebsführung stehen in einem Spannungsfeld von Erfordernissen der Wirtschaftlichkeit, dem Erfüllen gesellschaftlicher Anforderungen (insb. Biodiversität, Boden- und Gewässerschutz, Klimaschutz) und der Anpassung an den fortschreitenden Klimawandel mit zunehmenden Trockenphasen im Wechsel mit heftigen Starkregen. Neueste Ergebnisse aus einer Forschungs-kooperation von LfL und TU München belegen, dass die Regenerosivität in Bayern seit den 1970er Jahren (bisherige Referenz) im Mittel bereits um

60 % zugenommen hat (siehe Abb. 1) und zukünftig weiter zunehmen wird (Fischer & Auerswald, 2018). Das Erosionsrisiko steigt in gleichem Umfang. Das bedeutet, dass Erosionsschutzmaßnahmen hoch wirksam sein müssen, um nicht zu verpuffen.

Diesem Spannungsfeld mit einem stimmigen Produktionsverfahren gerecht zu werden, ist für jeden Landwirt eine enorme Herausforderung.

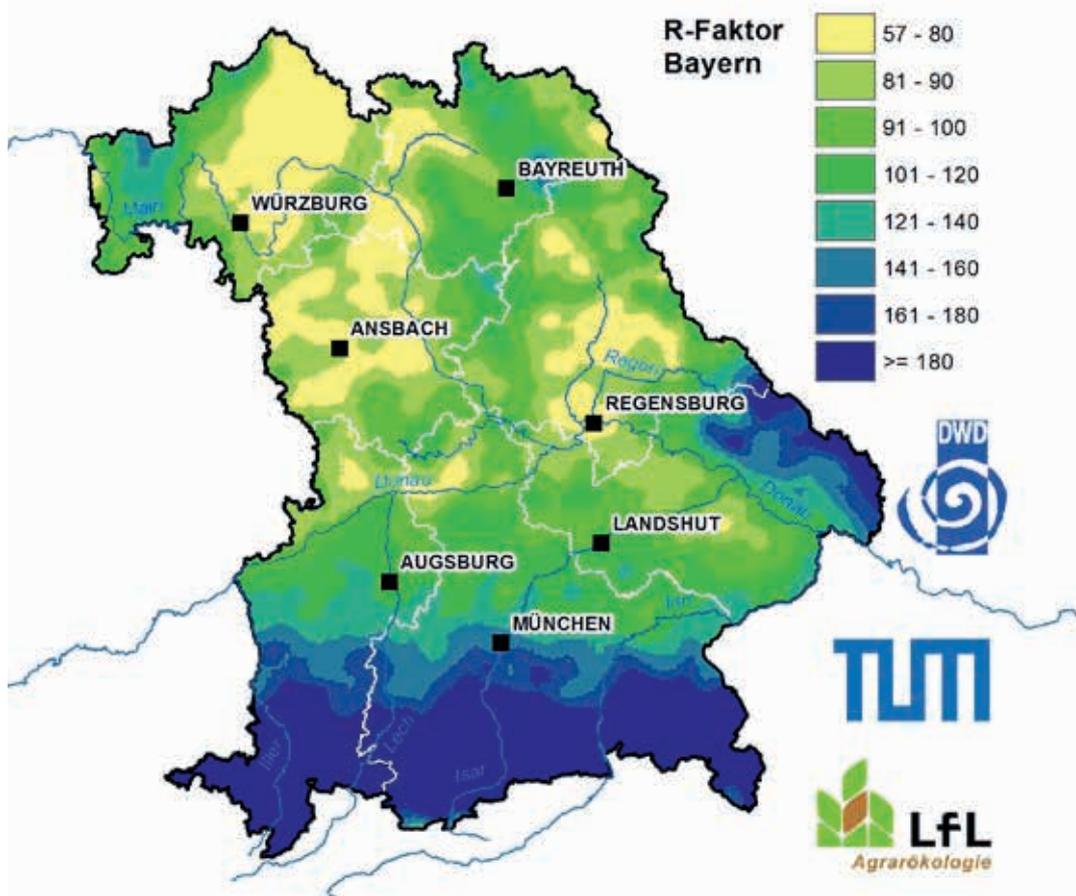


Abb. 1: Neue Karte der Regenerosivität in Bayern, berechnet aus RADKLIM-Daten (Fischer & Auerswald, 2018)

### FLÄCHENSCHUTZ AUSBAUEN

Es ist bekannt, welche Maßnahmen grundsätzlich helfen, Erosion und Abschwemmungen zu vermindern: Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfruchtanbau, Mulchsaat bei Reihenkulturen, Verkürzung zu langer Hänge durch Schlagteilung und Querbewirtschaftung, Filterstrukturen in der Flur und nicht zuletzt das Hochhalten ackerbaulicher Tugenden wie Kalkung, Vermeiden von Bodenverdichtungen und Humuspflge. Jeder Landwirt wird etwas aus diesem Werkzeugkasten verwenden.

Aber reicht das immer aus, wenn im Mai die ersten heftigen Gewitter niedergehen? In den letzten Jahren haben wir an der LfL gezielt dokumentiert, unter welchen Bedingungen Starkregen Erosionsschäden größeren Ausmaßes verursacht haben, vor allem welche Schutzmaßnahmen wirksam waren und welche doch nicht so, wie man es sich gewünscht hätte (Kistler et al. 2013; Brandhuber et al. 2017). In Bayern treten massive Bodenabschwemmungen vor allem im Frühjahr und Frühsommer auf, wenn Gewitterregen auf noch weit-

gehend unbedeckten Boden treffen. Dies betrifft in erster Linie Maisfelder ohne ausreichenden Erosionsschutz, wobei auch andere Kulturen, die in weiter Reihe bestellt werden und im Frühjahr spät die Reihen schließen, erosionsgefährdet sind, wie Kartoffeln, Soja oder die Dauerkultur Hopfen, etwas abgemildert auch Zuckerrüben. Als hoch wirksame Schutzmaßnahme hat sich beim Maisanbau ein Bestellverfahren ohne Saatbettbereitung bewährt, Gülle wird zuvor eingeschlitzt oder nach der Saat im Bestand ausgebracht. Eine Reduktion des Bodenabtrags um den Faktor 10 ist so möglich (Fiener, 2017). Der Klimawandel bringt auch im Winterhalbjahr mehr erosive Regen als in der Vergangenheit (Fischer & Auerswald, 2018). Auch für den Winterweizenanbau müssen deshalb Strategien zum Erosionsschutz geprüft und weiterentwickelt werden.

#### GRÜNE STRUKTUREN ZUM WASSERRÜCKHALT

Bei Extremereignissen, wie sie 2016 aber lokal auch 2018 auftraten, kann kaum verhindert werden, dass aus den Feldern in größerem Umfang Wasser abfließt. Sind die Böden gesättigt oder verschlammte, bildet sich ein temporäres Abflussnetz aus, das als „wild abfließendes Wasser“ verheerende Sturzfluten verursachen kann. Begrünte Abflusswege können den Austrag von Boden in Gewässer deutlich verringern und den Scheitelabfluss kappen (Fiener & Auerswald, 2017). Neue Technologien im Bereich Digitalisierung und Automatisierung (automatische Lenksysteme, Teilbreitenschaltung, Robotik) werden die Akzeptanz grüner Strukturen innerhalb der Produktionsflächen erhöhen. Notwendige Ergänzung sind Rückhaltegräben, etwa am Übergang von Straßenbegleitgräben in die Bäche. Begrünte Abflusswege und Rückhaltegräben fördern auch die Artenvielfalt in der Agrarlandschaft. Die Etablierung von Strukturen zum Wasserrückhalt in den Fluren ist eine Aufgabe für Jahrzehnte. Die Initiative boden:ständig der Ämter für Ländliche Entwicklung hat hier bereits beispielgebende Umsetzungen erreicht.

#### FORSCHUNGSTHEMEN IN RUHSTORF A. D. ROTT

Die LfL wird in Ruhstorf einen starken Beitrag leisten, um Böden und Fluren in Bayern wetterfest zu machen. Sie wird in Feldversuchen, auf Messfeldern und auf Betriebsebene bzw. in Kleinezugsgebieten gesicherte Erkenntnisse zu Erosionsschutzmaßnahmen erarbeiten, die neuesten Techniken und Verfahren für Bodenbearbeitung, Gülle-

ausbringung, Bestellung, Unkrautmanagement und Fruchtfolgegestaltung nutzen. Die LfL stellt sich der Herausforderung, mit reduziertem Herbizideinsatz ein hohes Erosionsschutzniveau zu erreichen. Feldversuche in den fränkischen Trockengebieten sind Teil des Gesamtkonzepts. Um grüne Schutzstreifen und Abflusswege sowie Rückhaltegräben gezielt und auf optimale Wirksamkeit ausgerichtet anlegen zu können, werden Experten geeignete Planungs- und Beratungsinstrumente erarbeiten. Die Integration von Maßnahmen zur Verbesserung der Biodiversität und die Nutzung von digitalen und automatisierten Verfahren bei der Landbewirtschaftung haben einen hohen Stellenwert. Alle Verfahren müssen für die landwirtschaftlichen Betriebe wirtschaftlich vertretbar sein, ein gegebener Bedarf an Ausgleichszahlungen wird deshalb ermittelt (Ökosystemleistungen). Derzeit laufende und zukünftige Programme und Initiativen des Landwirtschaftsressorts zum Boden- und Gewässerschutz erhalten so eine bestmöglich fundierte, differenzierte und anwendungsreife Basis

#### MOTIVATION ZU INNOVATIVEN LÖSUNGEN

Wie viele der 100.000 landwirtschaftlichen Betriebe müssen mitmachen, damit Böden, Gewässer und öffentliche Güter in der notwendigen Breite ausreichend geschützt sind? Noch mehr als bisher. Ziel ist die Platzierung wirksamer Maßnahmen entlang der gesamten Prozesskette, von der Flächenbewirtschaftung auf dem Acker über Abflussrinnen, Wegenetz und Gräben bis in die Gewässer. Aber nicht nur Landwirte, alle Akteure in Feld und Flur müssen dazu ihren Beitrag leisten, Bürger, Verbände, Gemeinden, Fachverwaltungen, unterstützend auch Forschungs- und Bildungseinrichtungen (AG Erosionsschutz, 2017; Auerswald et al., 2018). Den Rahmen setzt eine angemessene Förder- und Fachrechtsgestaltung. Das Ziehen aller Register ist notwendig, jedoch in einer Weise, die dem Landwirt Entscheidungsspielraum lässt, ihn als Unternehmer ernst nimmt, wertschätzt und motiviert zu innovativen, in den Betrieb integrierbaren Lösungen.

#### LITERATUR

- AG Erosionsschutz (2017): Erosionsschutz verbessern - Abfluss in der landwirtschaftlichen Flur bremsen.  
[www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/handlungsempfehlungen\\_ag\\_erosionsschutz\\_abgabe\\_19-01-2017\\_pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/handlungsempfehlungen_ag_erosionsschutz_abgabe_19-01-2017_pdf)

- Auerswald, K., Fischer, F. K., Kistler, M., Treisch, M., Maier, H., Brandhuber, R. (2018): Behavior of farmers in regard to erosion by water as reflected by their farming practices. *Science of the Total Environment* 613-614, 1-9. DOI: 10.1016/j.scitotenv. 2017.09.003.
- Brandhuber, R., Treisch, M., Fischer, F., Kistler, M., Maier, H., Auerswald, K. (2017): Starkregen, Erosion, Sturzfluten - Beobachtungen und Analysen im Mai/Juni 2016. *LfL-Schriftenreihe* 2/2017, Freising.
- Fiener, P. (2017): Erosionsvorsorgende Landwirtschaft. *Wasserwirtschaft* 11/2017, S. 39-42
- Fiener, P., Auerswald, K. (2017): Grassed Waterways. In book: *Precision Conservation: Geospatial Techniques for Agricultural and Natural Resources Conservation*, Publisher: Alliance of Crop, Soil, and Environmental Science Societies (ACSESS), Editors: Delgado, J., Sassenrath, G., Mueller, T.
- Fischer, F., Auerswald, K. (2018): Regenerosivität Bayern - Ermittlung des Raum- und Jahreszeitmusters der Regenerosivität in Bayern aus radargestützten Niederschlagsdaten zur Verbesserung der Erosionsprognose mit der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung , *LfL-Schriftenreihe* x/2018, Freising, im Druck
- Kistler, M., Brandhuber, R., Maier, H. (2013): Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen - Ergebnisse einer Feldstudie. *LfL-Schriftenreihe* 8/2013, Freising.



## Wie kann der Pflanzenbau die Biodiversität fördern und nutzen?

Sebastian Wolfrum, Johannes Burmeister, Roswitha Walter  
 Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

**Ein zukunftsfähiger, gesellschaftlich akzeptierter Pflanzenbau ist eng mit Biodiversität verbunden. Diese komplexe Herausforderung erfordert spezifische Zugänge und neue Perspektiven, um tragfähige Lösungen zu finden. Biodiversität muss vom Beiwerk zum Vermögenswert werden.**

### BIODIVERSITÄT ALS GESELLSCHAFTLICHES ZIEL

Aktuelle Pflanzenbausysteme erreichen eine sehr hohen Produktivität und Leistungsfähigkeit. Immer öfter werden aber Grenzen der ressourcenintensiven Wirtschaftsweise sichtbar. Die Landwirtschaft steht daher unter großem gesellschaftlichem Druck, die Art und Weise der Produktion zu verändern und Umwelt- und Nachhaltigkeitskriterien stärker zu berücksichtigen. Ein Thema ist die Biodiversität. Die intensive Bewirtschaftung der letzten Jahrzehnte hat dazu geführt, dass die Landwirtschaft als einer der wichtigsten Verursacher des Biodiversitätsverlustes wahrgenommen wird. Verlust von Strukturelementen, Konzentra-

tion des Anbaus auf wenige Fruchtarten oder Insektensterben werden aktuell diskutiert. Diese gesellschaftliche Debatte hat auch Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Mit der „Ackerbaustrategie der deutschen Landwirtschaft“ (Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft 2018) haben z. B. die deutschen Landwirtschaftsverbände strategische Ziele für einen nachhaltigen Pflanzenbau formuliert. Der Biodiversität kommt dabei ein hoher Stellenwert zu. Es bleibt aber die Frage offen, wie sich die Erhaltung der Biodiversität mit anderen Nachhaltigkeitszielen, z. B. der Wirtschaftlichkeit oder dem Bodenschutz, vereinbaren lässt. Im Themenschwerpunkt „Agrarökosysteme“ werden Ansätze

zur Nutzung und zur Förderung der Biodiversität im Pflanzenbau erforscht und geeignete Kommunikationsstrategien entwickelt.

### DIE DREIFACH-BEZIEHUNG ZWISCHEN BIODIVERSITÄT UND PFLANZENBAU

Biodiversität und Pflanzenbau stehen in dreifacher Beziehung zueinander. Zum einen ist es ein Ziel des Pflanzenbaus Biodiversität zu kontrollieren (Bodenbearbeitung, Pflanzenzucht, Pflanzenschutz) (Haber 2014). Gleichzeitig nutzt der Pflanzenbau die durch die Biodiversität zur Verfügung gestellten Ressourcen (Sortenvielfalt, biologischer Pflanzenschutz, Bodenfruchtbarkeit) und erzeugt vielfältige Lebensräume (Landschaftsstrukturelemente, Nahrungsangebot, Bruthabitate).

### WAS IST „BIODIVERSITÄT“?

Die Vorstellung einer Vielfalt der Natur ist dem Menschen seit Urzeiten bekannt. Mit der Systematisierung der Natur wurden Begriffe wie Artenzahl und biologische Vielfalt wissenschaftlich definiert. Der Begriff „Biodiversität“ dagegen wurde erst 1986 von Walter G. Rosen als Titel einer Tagung „erfunden“. Diese hatte das Ziel wissenschaftliche Erkenntnisse zum Artenverlust auf die politische Agenda zu bringen. Damit und mit der Verabschiedung der „Konvention zur Biologischen Vielfalt“ (CBD) in Rio 1992 wurde der Ausdruck „Biodiversität“ als „boundary object“ (Eser 2001), also als vermittelnder Begriff an der Grenze zwischen Wissenschaft und Politik, zum Selbstläufer. Als allgemeine Definition gilt, dass Biodiversität die Vielfalt der Gene, der Arten und der Lebensräume bezeichnet. Ziele der Biodiversitätskonvention sind der Schutz und die Nutzung von Biodiversität sowie die gerechte Verteilung der aus der Nutzung erwachsenden Vorteile.

### PROBLEMFALL „BIODIVERSITÄT“

Die Definition der CBD ist für die Umsetzung aber zu allgemein. In ihrem Buch „Irrfahrt Biodiversität“ zeigen Hoffmann et al. (2005), dass für unterschiedliche Akteure (z. B. Naturschützer und Landwirte) auf Grund der unklaren Definition Konflikte bei der Messung, Bewertung und bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität entstehen. Auf Grund dieser Problematik beschreiben Sharman und Mlambo (2012) den Biodiversitätsverlust als „böses Problem“. Dieses zeichnet sich nach Rittel und Webber (1973) im Gegensatz zum „gutartigen“ durch eine hohe

Komplexität aus. Dies liegt vor allem an unklaren Definitionen, den unterschiedlichen Perspektiven der Akteure und der Schwierigkeit einfache, verallgemeinerbare Lösungen für das Problem zu finden sowie deren Wirksamkeit zu bewerten. Durch die Vielzahl der Akteure in der Agrarlandschaft muss der Pflanzenbau der Zukunft somit neue Ansätze und Lösungen zum Umgang mit Biodiversität finden, die für „böses“ Probleme geeignet sind.

### ZUGÄNGE ZUR „BIODIVERSITÄT“ FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT

Termeer et al. (2014) nennen in diesem Zusammenhang vier wichtige Fähigkeiten von Organisationen für den Umgang mit „böses“ Problemen. Neben den Fähigkeiten Stabilität zu zeigen und dennoch auf Veränderungen reagieren zu können, sind dies vor allem die Befähigung, unterschiedliche Perspektiven auf die Probleme zu reflektieren und über neue Herangehensweisen bestehende Blockaden lösen zu können. In diesem Zusammenhang beschreiben Wolfrum et al. (2013) vier Zugänge für die Landwirtschaft zum Thema Biodiversität (Abb. 1). Diese lassen sich auf einem „Gradienten“ unterschiedlicher Weltbilder – von liberalen Nutzwerten einerseits bis zu holistischen Selbstwerten andererseits – einordnen. Diese konzeptionelle Grundlage ermöglicht die systematische Analyse und Berücksichtigung unterschiedlicher Positionen sowie die spezifische Ableitung neuer Forschungsfragen und Lösungsansätze für die landwirtschaftliche Praxis.

### LÖSUNGEN FÜR DEN PFLANZENBAU DER ZUKUNFT

An Hand des in Abb. 1 vorgestellten Konzeptes lassen sich aktuelle Forschungsthemen der Agrarökologie und des Pflanzenbaus einordnen. So befindet sich z. B. die Wildtierberatung eher im Naturschutz-Teil während sich die Züchtung trockenstresstoleranter Getreidesorten eher im Bereich der Agrodiversität findet. Auch die Themen der Ackerbaustrategie können über diese Zugänge systematisiert werden. Dort finden sich z. B. die Zugänge Agrodiversität (vielfältige Fruchtfolgen, Pflanzenzüchtung), Ökosystemleistungen (Bodenfruchtbarkeit, Bestäubung, biologische Schädlingsbekämpfung) sowie Flächen mit hohem Naturwert (HNV - high nature value farmland) und Naturschutz (Förderung der Kulturlandschaft und der Biodiversität). Die Verwendung verschiedener Zugänge zur Biodiversität berücksichtigt somit die Werte und Weltbilder der Akteure im Pflanzenbau

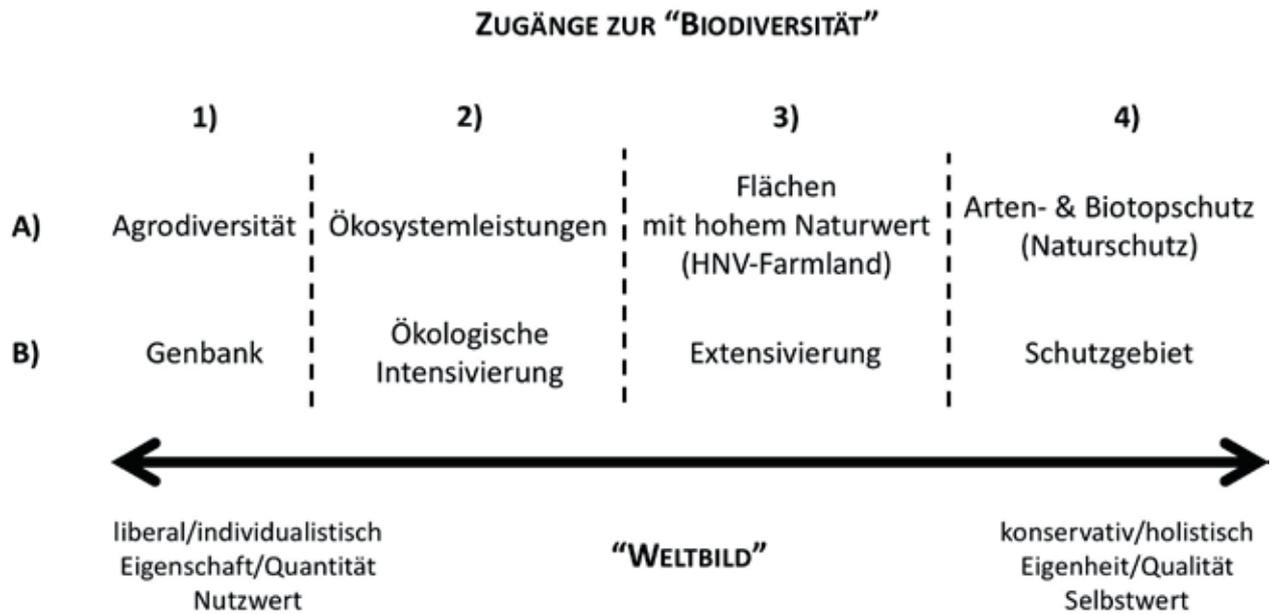


Abb. 1: Zugänge zur Biodiversität

(Schmitzberger et al. 2005) und ermöglicht neben der Definition von Forschungsfragen auch die zielgruppenspezifische Entwicklung und Kommunikation von Maßnahmen (Lokhorst et al. 2010, Kleinhüchelkotten et al. 2006). Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden mit Hilfe der vorgestellten Perspektiven drei Forschungsfelder skizziert, die im zukünftigen Themenschwerpunkt „Agrarökosysteme“ der LfL in Ruhstorf bearbeitet werden.

### RESILIENZ VON KULTURPFLANZEN

Die Nutzung der genetischen Vielfalt der Pflanzen und Bodenorganismen ist Thema des Zugangs Agrodiversität. Um die Resilienz von Kulturpflanzen gegenüber Klimaveränderungen zu verbessern und Erträge ohne negative Umweltwirkungen zu steigern, sind die Eigenschaften der Wurzelsysteme (Abb. 2) und die Prozesse und Interaktionen im Boden von großer Bedeutung (Gewin 2010, Den Herder et al. 2010).

In Ruhstorf wird daher in Labor- und Feldversuchen geklärt werden, wie durch die Optimierung des Wurzelwachstums und der Wurzelarchitektur eine effiziente Nährstoff- und Wasseraufnahme erzielt werden kann. Für das „Design“ angepasster Kulturpflanzen müssen die phänotypischen Eigenschaften analysiert und modelliert werden (Lynch und Brown 2012). Dazu werden in Zusammenarbeit mit dem Themenschwerpunkt Digitalisierung neue Verfahren wie Shovelomics (Wurzelmessung und digitale Bildanalyse), Untersuchun-

gen mittels Rhizotronen und bildgebenden Verfahren (z. B. X-ray computed tomography) eingesetzt. Ebenfalls Thema wird die Optimierung der Pflanzen-Bodenmikroorganismen Interaktionen sein, um nachhaltige Pflanzenbausysteme zu gestalten (Akhami et al. 2017, Wallenstein 2017). Ziel ist es Management- und Fruchtfolgeempfehlungen für verschiedene Anbausysteme zugeben, die durch positive Interaktionen in der Rhizosphäre die Widerstandsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und Produktivität regelmäßig gestörter Ackerflächen erhöhen.

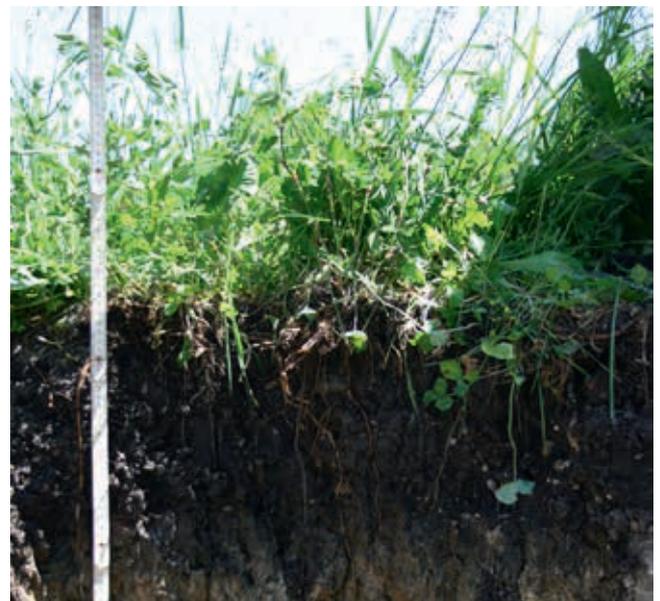


Abb. 2: Wurzelprofil eines Leguminosen-Grasgemenges – Beispiel für ein stabiles, resilientes Wurzelsystem

## BIODIVERSITÄTSBASIERTE PFLANZENBAUSYSTEME

Der Zugang über Ökosystemleistungen ist im Pflanzenbau ebenfalls von Bedeutung. Die FAO und die EU sehen die nachhaltige Intensivierung als eine Lösung für die Agrarsysteme der Zukunft an. Dazu werden bereits viele, meist technische, Lösungsansätze verfolgt (Duru et al. 2015a). Durch eine „ökologische“ Intensivierung soll bei gleicher Wirtschaftlichkeit ein Teil der ursprünglich technischen „Inputs“ durch Leistungen der Biodiversität erbracht werden (Tscharntke et al. 2012a, Bommarco et al. 2013). Diese mit Biodiversität verbundenen Funktionen und Leistungen werden pflanzenbaulich bisher nur selten berücksichtigt (Duru et al. 2015b). Ein Beispiel ist die natürliche Schädlingsregulation (Altieri und Nicholls 1999, Abb. 3). Für diesen Zugang gibt es bereits viele Vorarbeiten. Das gemeinsame Thema Biodiversität wird für die LfL als „Motor“ der internen Vernetzung und der interdisziplinären Zusammenarbeit dienen. Um das Ziel moderner, umweltschonender und produktiver Pflanzenbausysteme und damit einer nachhaltigen Landwirtschaft in Bayern zu erreichen, werden in Ruhstorf die biodiversitätsbasierten Ansätze gebündelt, geprüft und kommuniziert.



Abb. 3: Räuberische Arthropoden wie zum Beispiel Großlaufkäfer können einen Beitrag zur natürlichen Schädlingsregulation in Agrarökosystemen leisten

## LANDWIRTSCHAFTSFLÄCHEN MIT HOHEM NATURWERT

Die Problematik des Biodiversitätsverlustes wird durch eine Studie von Hallmann et al. (2017) stark diskutiert. Eine reich strukturierte Landschaft fördert die allgemeine Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemleistungen (Tscharntke et

al. 2012b). Mit dem Kulturlandschaftsprogramm und dem Vertragsnaturschutz kann der Freistaat Bayern umweltschonende Bewirtschaftung fördern. Um den Zugang über HNV-Flächen und Naturschutz zu stärken, wird eine Fallstudie zur Wirksamkeit von Agrarumweltmaßnahmen in Acker- und Grünlandregionen klären, in welchem Maß die Biodiversität von Insekten und anderen Arthropoden dadurch gefördert wird. Die Ergebnisse fließen in die Weiterentwicklung der Maßnahmen in der nächsten Förderperiode ein. Weiter dient die Studie auch der Methodenprüfung für ein Biodiversitätsmonitoring in der Agrarlandschaft (Dauber et al. 2016), in dem klassische und neue Bestimmungsmethoden (Barcoding) kombiniert werden.

## FAZIT

Der Pflanzenbau der Zukunft steht vor der Herausforderung, Biodiversität zu fördern und zu nutzen. Durch ein flexibles, daten- und werteorientiertes Forschungsprogramm werden von der LfL in Ruhstorf innovative Wege eingeschlagen, um die Biodiversität von einer Nebensache oder gar Belastung für den Pflanzenbau zu einem schätzenswerten Vermögenswert zu wandeln. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die neuen technischen Möglichkeiten der Digitalisierung genutzt, zielgruppenspezifische Kommunikationsstrategien weiterentwickelt und die interdisziplinäre Zusammenarbeit gestärkt.

## LITERATUR

- Ahkami, A. H., White, R. A. III, Handakumbura, P. P., Jansson, C. (2017) Rhizosphere engineering: Enhancing sustainable plant ecosystem productivity. *Rhizosphere* 3, S. 233–243.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. (1999) Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Insect Pest Management in Agricultural Systems. Collins, W. W., Qualset C. O. (Hrsg.): Biodiversity in agroecosystems. CRC-Press, Boca Raton, S. 69–84.
- Bommarco, R., Kleijn, D., Potts, S. G. (2013) Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28 (4), S. 230–238.
- Dauber, J., Klimek, S., Schmidt, T. G. (2016) Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring Landwirtschaft in Deutschland. Thünen Working Papers 58, Braunschweig.
- Den Herder, G., van Isterdael, G., Beeckman, T., de Smet, I. (2010) The roots of a new green

- revolution. *Trends in plant science* 15 (11), S. 600–607.
- Duru M., Therond O., Fares, M. (2015a) Designing agroecological transitions - A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35 (4), S. 1237–1257.
  - Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.-A., Justes, E., Journet, E.-P., Aubertot, J.-N., Savary, S., Bergez, J.-E., Sarthou, J. P. (2015b) How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35 (4), S. 1259–1281.
  - Eser, U. (2001). Die Grenze zwischen Wissenschaft und Gesellschaft neu definieren: boundary work am Beispiel des Biodiversitätsbegriffes. Höxtermann E., Kaasch J., Kaasch M. (Hrsg.): *Berichte zur Geschichte und Theorie der Ökologie*. VWB, Berlin, S. 135–152.
  - Gewin, V. (2010): An underground revolution. *Nature* 466, S. 552-553.
  - Haber, W. (2014). *Landwirtschaft und Naturschutz*. Wiley, Weinheim.
  - Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D., de Kroon, H. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos one*, 12(10), e0185809.
  - Hoffmann, A., Hoffmann, S., Weimann, J. (2005) *Irrfahrt Biodiversität: Eine kritische Sicht auf europäische Biodiversitätspolitik*. Metropolis-Verlag, Marburg.
  - Kleinhüchelkotten, S., Wippermann, C., Beh-rendt, D., Fiedrich, G., Schürzer de Magalhaes, I., Klär K., Wippermann, K. (2006) *Kommunikation zur Agro-Biodiversität. Voraussetzungen für und Anforderungen an eine integrierte Kommunikationsstrategie zu biologischer Vielfalt und genetischen Ressourcen in der Land-, Forst-, Fischerei- und Ernährungswirtschaft (einschließlich Gartenbau)*. ECOLOG-Institut/ Sinus Sociovision, Hannover / Heidelberg.
  - Lokhorst, A. M., Dijk, J. van, Staats, H., Dijk, E., Snoo, G. (2010) Using Tailored Information and Public Commitment to Improve the Environmental Quality of Farm Lands: An Example from the Netherlands. *Human Ecology* 38 (1), S 113–122.
  - Lynch, J. P., Brown, K. M. (2012) New roots for agriculture: Exploiting the root phenome. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367 (1595), S. 1598–1604.
  - Rittel, H. W. J., Webber, M. M. (1973) Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4, S. 155–169.
  - Schmitzberger, I., Wrbka, T., Steurer, B., Aschenbrenner, G., Peterseil, J., Zechmeister, H. (2005) How farming styles influence biodiversity maintenance in Austrian agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 108 (3), S. 274–290.
  - Sharman, M., Mlambo, M. C. (2012) Wicked: The Problem of Biodiversity Loss. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 21, S. 274–277.
  - Termeer, C. J. A. M., Dewulf, A., Breeman, G., Stiller, S. J. (2014) Governance Capabilities for Dealing Wisely With Wicked Problems. *Administration & Society* 47, S. 680–710.
  - Tscharnkte, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., Whitbread, A. (2012a) Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151 (1), S. 53–59.
  - Tscharnkte, T., Tylianakis, J. M.; Rand, T. A.; Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P. et al. (2012b): Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. In: *Biological Reviews* 87 (3), S. 661–685.
  - Wallenstein, M. D. (2017) Managing and manipulating the rhizosphere microbiome for plant health. A systems approach. *Rhizosphere* 3, S. 230–232.
  - Wolfrum, S., Siebrecht, N., Hülsbergen, K.-J. (2013) Efficient biodiversity indicators in the context of sustainable agriculture - background, development and application. Dušková, S. (Hrsg.): *Current Trends in Agronomy for Sustainable Agriculture*. Mendel University, Faculty of Agronomy, Brno, S. 39–48.
  - Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft (2018). *Ackerbastrategie der deutschen Landwirtschaft*. Berlin.





## Wie lösen Digitalisierung und Robotik die neuen Herausforderungen?

Dr. Markus Gandorfer, Johanna Pfeiffer, Beat Vinzent, Dr. Markus Demmel  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

**Digitalisierung und Robotik bieten große Potenziale für eine nachhaltige und gesellschaftlich akzeptierte und damit zukunftsfähige bayerische Landwirtschaft. Die LfL wird diese Themen in Ruhstorf a. d. Rott in moderner Weise interdisziplinär und systemorientiert bearbeiten.**

### HINTERGRUND

Die bayerische Landwirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Zu diesen zählen unter anderem die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit unter den oftmals vorherrschenden kleinstrukturierten Produktionsbedingungen, ganz allgemein Effizienzsteigerungen sowie die Minderung negativer Auswirkungen auf die Umwelt. Schließlich gilt es für eine zukunftsfähige bayerische Landwirtschaft, die gesellschaftliche Akzeptanz der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren zu steigern bzw. sicherzustellen. Um diese Herausforderungen meistern zu können, müssen Lösungen identifiziert werden, die auch breite Akzeptanz bei den

Landwirten finden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welchen Beitrag die Digitalisierung und dabei insbesondere die Robotik leisten können.

### STEIGERUNG DER WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DURCH ROBOTIK IN KLEINSTRUKTURIERTEN AGRARREGIONEN?

Digitalisierung als disruptive Innovation? Sehr häufig wird im Kontext der Digitalisierung der Begriff disruptiv genannt. Damit ist unter anderem gemeint, dass aufgrund der Digitalisierung zukünftig neue „Spielregeln“ herrschen könnten. Ein konkretes Beispiel ist die Entwicklung von kleinen Feldro-

botern und Schwarmtechnologien. Werden diese vermehrt praxisreif (vgl. Abb. 1), dann ist es auch für kleinere Betriebe möglich, an diesem technischen Fortschritt teilzunehmen, ohne, wie sonst so häufig notwendig, die Fläche ausdehnen zu müssen.

Damit spielen Skaleneffekte, die in der Ökonomie entscheidend sind, nicht mehr die zentrale Rolle. Durch die Digitalisierung scheinen hier also tatsächlich neue Spielregeln zu gelten. Möglich wird dies aufgrund der guten Skalierbarkeit dieser Technologie. Dies bedeutet, dass die Anzahl der notwendigen Feldroboter an die betriebliche Flächen-

struktur bzw. Flächenausstattung in kleinen Schritten angepasst werden kann. Damit könnte diese Technologie zukünftig besonders für die in Bayern vorherrschenden Agrarstrukturen von Bedeutung sein und kann langfristig gesehen einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der bayerischen Landwirtschaft leisten. Dazu ist noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf gegeben, um für die Landwirtschaft zukünftig leistungsfähige und praxistaugliche Systeme bereitstellen zu können. Neben den beschriebenen ökonomischen Vorteilen sind insbesondere auch ökologische Vorteile zu erwarten, beispielsweise im Bereich Bodenschutz durch verminderten Bodendruck.



Abb. 1: Marktverfügbare Feldroboter der Firma Naio (links: Dino, rechts: Oz)

#### AKZEPTANZ VON DIGITALISIERUNG UND ROBOTIK IN DER LANDWIRTSCHAFT

Aber was halten Landwirte in Bayern von dieser Entwicklung? Grundsätzlich ist festzustellen, dass Landwirte eine sehr positive Einstellung gegenüber der Digitalisierung in der Landwirtschaft besitzen, auch wenn es noch verschiedenste Akzeptanzhemmnisse zu lösen gilt (vgl. Schleicher und Gandorfer 2018). Eine aktuelle Befragung von Landwirten im Rahmen der Informationsveranstaltungen und Maschinenvorfürungen zum Thema automatisierte mechanische Unkrautregulierung am 19.6.2018 bzw. 21.6.2018 in Unterfranken (Forst/Waldsachsen) und Niederbayern (Ruhstorf an der Rott) hat ergeben, dass ca. 90 % der Befragten leichte bzw. starke Vorteile durch die Digitalisierung erwarten. Im Detail finden 35 % der Befragten, dass autonome Feldroboter interessant für ihre Betriebe sind. Sogar 25 % der Befragten sind der Meinung, dass diese Technologien bereits praxistauglich sind. Auch bei vorsichtiger und kriti-

scher Interpretation dieser Befragungsergebnisse kann damit festgehalten werden, dass die Praxis starkes Interesse an Digitalisierung und Agrarrobotik hat und darin großes Zukunftspotenzial sieht.

#### GESELLSCHAFTLICHE AKZEPTANZ VON DIGITALISIERUNG UND ROBOTIK IN DER LANDWIRTSCHAFT

Für eine zukunftsfähige bayerische Landwirtschaft spielt die gesellschaftliche Akzeptanz der Produktionsverfahren eine immer wichtigere Rolle. Aus diesem Grund widmet sich die Projektgruppe Digitalisierung des LfL-Instituts für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) diesem zentralen Thema und hat dazu im Juli 2018 eine repräsentative Befragung (n=2012) in Deutschland durchgeführt. Im Rahmen der Befragung wurden u.a. Choice-Experimente durchgeführt und Spontanassoziationen zu Bildern ermittelt, die verschiedene autonome Technologien zeigen, um herauszufinden, wie diese von der Gesellschaft wahrgenommen und bewer-

tet werden. Im Zentrum des Interesses waren dabei insbesondere Aspekte der Größe der Technologien, repräsentiert durch große autonome Traktoren versus kleine Feldrobotik, beispielsweise als Schwarmtechnologie. Eine erste Analyse der Daten zeigt auch hier eine relativ positiv besetzte Wahrnehmung digitaler Technologien wie der Feldrobotik. Im Falle der Robotik werden jedoch auch kritische Aspekte, wie der Verlust an Arbeitsplätzen, geäußert.

#### GEPLANTE AKTIVITÄTEN IM BEREICH DIGITALISIERUNG UND ROBOTIK IN DER LANDWIRTSCHAFT

Aus den dargelegten Gründen kann geschlossen werden, dass Digitalisierung sowie insbesondere die Agrarrobotik wichtige Zukunftsfelder für die bayerische Landwirtschaft darstellen. Das LfL-Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) wird sich diesem Thema konsequent mit seinen verschiedenen geplanten Arbeitsgruppen im Digitalisierungszentrum Landwirtschaft in Ruhstorf an der Rott zuwenden. Durch die Etablierung der vier LfL-ILT-Arbeitsgruppen Smart Farming, Agrarrobotik, Sensorsysteme und Sensorplattformen sowie Datenanalyse und Algorithmenentwicklung und in enger Kooperation mit weiteren Arbeitsgruppen

am Standort Ruhstorf kann das Thema zukünftig in moderner Weise systemorientiert bearbeitet werden.

Dabei ergeben sich besondere Potenziale insbesondere im interdisziplinären Zusammenspiel mit den weiteren in Ruhstorf an der Rott geplanten Forschungsschwerpunkten Agrarökosysteme und Diversifizierung. Digitalisierung und Agrarrobotik bieten neben den diskutierten ökonomischen sowie gesellschaftlichen Chancen (natürlich sind auch Risiken genau zu untersuchen) die Möglichkeit der Etablierung völlig neuer Produktionsverfahren mit positiven Umweltwirkungen (z. B. Bodenschutz) bzw. neuer Produktionsrichtungen wie die „Produktion“ von Ökosystemdienstleistungen. Letztere könnte zukünftig eine wichtige Rolle im Kontext der Diversifizierung landwirtschaftlicher Betriebe spielen.

#### LITERATUR

- Schleicher, S., Gandorfer, M. (2018): Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse, Referate der 38. GIL-Jahrestagung in Kiel: Digitale Marktplätze und Plattformen, A. Ruckelshausen et al. (Hrsg.), S. 203-206.





## Integrierte Unkrautkontrolle im Ackerbau – eine neue Perspektive?

Klaus Gehring  
Institut für Pflanzenschutz

Die bisherige vorwiegend chemische Unkrautbekämpfung stößt an technische Grenzen und wird gesellschaftlich und politisch zunehmend kritisch gesehen. Die integrierte Unkrautregulierung bzw. das integrierte Unkrautmanagement ist ein ganzheitlicher Ansatz für die Umsetzung von resilienten Anbauverfahren. Das komplexe Konzept des integrierten Unkrautmanagements muss auf praxistaugliche Verfahren transformiert und für den bayerischen Ackerbau anwendbar dargestellt werden.

### EINLEITUNG

Der integrierte Pflanzenschutz ist das Grundprinzip der Schaderregerregulierung nach dem deutschen Pflanzenschutzgesetz. Das Fachrecht fordert bei der Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen, wie etwa der Unkrautbekämpfung, die Einhaltung der sogenannten „Guten fachlichen Praxis“ (§3 Abs.1 PflSchG). Das bedeutet für die Unkrautbekämpfung in der praktischen Pflanzenproduktion nichts anderes als die Anwendung von integrierten Verfahren und Methoden in der Unkrautregulierung. Diese nationale Position wurde

2009 durch die europäische Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln bestärkt. In der Umsetzung werden die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes in Kulturpflanzen- und sektorspezifischen Leitlinien definiert. Auch die Weiterentwicklung des integrierten Pflanzenschutzes wird durch einen nationalen Aktionsplan beschrieben.

Realistisch betrachtet steht diese fachrechtliche Position allerdings im Widerspruch zur tatsächlichen Anbaupraxis. Auf etwa 98 % der Anbaufläche

von Zuckerrüben, Mais und Winterraps und auf ca. 95 % bei Getreide und Kartoffeln erfolgt die Unkrautbekämpfung durch einen gezielten Herbizideinsatz. Dies liegt insbesondere an der relativen Vorzüglichkeit der chemischen Unkrautbekämpfung mit einer hohen Wirkungssicherheit und ökonomischen Effizienz im Vergleich zu alternativen Verfahren.

Der Einklang der vorwiegend chemischen Unkrautregulierung mit der Grundphilosophie des integrierten Pflanzenschutzes wurde bisher mit dem Argument eines bewährten, umweltverträglichen und sozioökonomisch hoch effizienten Verfahrens hergestellt. Dieses Wertegefüge ist aktuell dabei sich zu verändern. Auf der anwendungstechnischen Seite wird die Effizienz des regelmäßigen Herbizideinsatzes zunehmend durch die Entwicklung resistenter Unkräuter in Frage gestellt. Einseitige, enge und primär ökonomisch ausgerichtete Fruchtfolgen erweisen sich in diesem Bezug als

nicht nachhaltig. Relativ neu ist der Aspekt, dass die rein chemische Unkrautregulierung in der gesellschaftlichen, medialen und politischen Diskussion stark kritisiert wird. Begriffe wie Glyphosat, Breitbandherbizide und auch das sogenannte Insektensterben sind nur einige Beispiele hierfür.

Es kann unschwer prognostiziert werden, dass sich der konventionelle Ackerbau vor einer Zeitenwende befindet, indem von der Gesellschaft und damit auch von der Politik nicht nur die Produktion von kostengünstigen und qualitativ hochwertigen Lebensmitteln gefordert wird, sondern auch zunehmend ökologische Nebenleistungen im Bereich der Biodiversität und erhöhten Umweltverträglichkeit. Der Systemwechsel von einer chemischen Unkrautbekämpfung hin zu einem integrierten Unkrautmanagement erhält hierbei eine Schlüsselfunktion. Die Herausforderungen für einen derartigen Paradigmenwechsel sind allerdings erheblich.

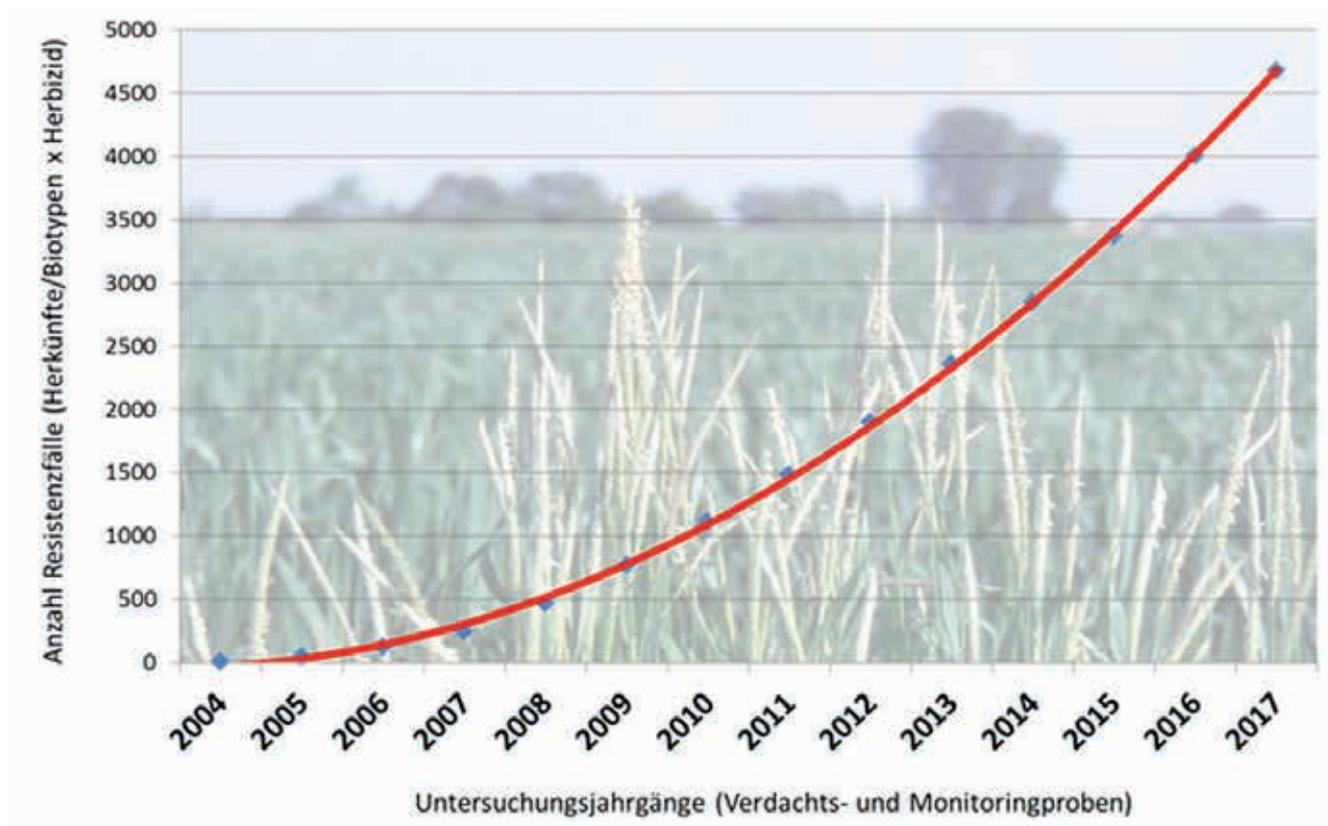


Abb. 1: Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern

### INTEGRIERTES UNKRAUTMANAGEMENT

In der Wissenschaft ist das Verfahren der integrierten Unkrautbekämpfung bzw. Unkrautmanagement hinreichend untersucht und erforscht, wenn-

gleich die Mehrzahl der Arbeiten hierzu einen ein-faktoriellen oder zumindest kulturspezifischen Ansatz aufweisen. Als Gesamtansatz ist der nachhaltige Erfolg des Konzeptes (IWM = integrated weed

management) unbestritten eine unverzichtbare Basis für resiliente Anbausysteme. Die Hemmnisse für eine Umsetzung in die Produktionspraxis liegen primär in der systembedingten Komplexität und standortspezifischen Varianz des Verfahrens. Die Umsetzung des IWM-Konzepts als standort- und raumbezogene ökologische Strategie im Ackerbau verlangt von der Forschung, Beratung und von den einzelnen Betriebsleitern erhebliche Anstrengungen und die Bereitschaft gewohnte Verhaltensmuster grundlegend zu ändern. Die

Wahrhaftigkeit des hierzu geäußerten politischen Willens wird am Umfang und der Nachhaltigkeit der personellen und materiellen Förderung, mit der Forschung und Beratung für die von ihnen erwarteten Leistungen ausgestattet werden, zu messen sein. Auch wenn die Herausforderungen an alle Beteiligte erheblich sind, ist dennoch die Zeit reif, das Leitbild des integrierten Pflanzenschutzes und des IWM von einer perfektionistischen Utopie zu einer ambitionierten Perspektive zu entwickeln.

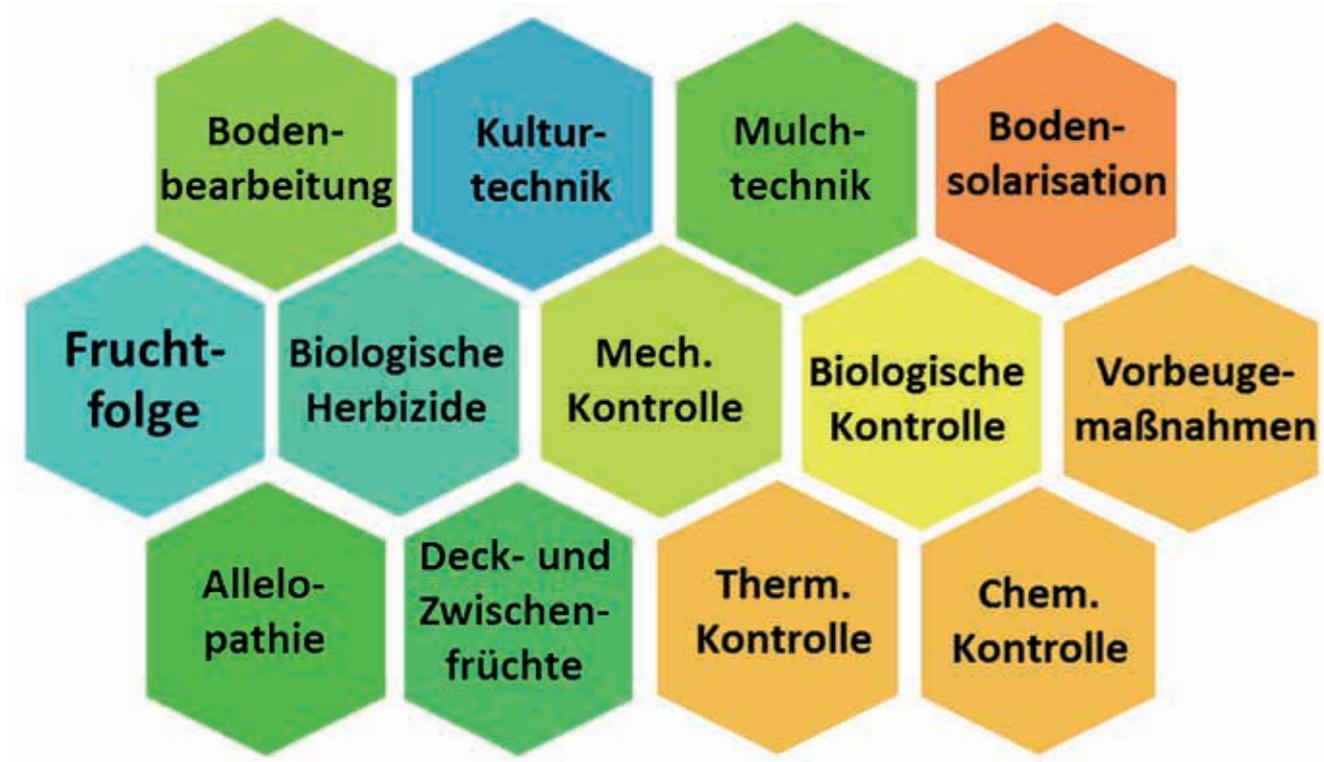


Abb. 2: Elemente des integrierten Unkrautmanagements

#### PROJEKTINITIATIVE DER LFL

Das IWM ist ein ganzheitliches Konzept, das potenziell eine Vielzahl an unterschiedlichen Regelmechanismen integriert. Für eine mögliche Umsetzung im bayerischen Ackerbau liegt der Fokus allerdings auf der Umsetzung von wesentlichen Kernelementen:

- Vorbeugung als Vermeidung einer einseitigen Zusammensetzung der standortspezifischen Unkrautflora mit einer Dominanz problematischer Unkrautarten durch angepasste, vielgliedrige Fruchtfolgen und gezielten Zwischenfruchtanbau

- Schonende Regulierung durch den vorrangigen Einsatz von alternativen bzw. mechanischen Bekämpfungstechniken
- Gezielte Bekämpfung von dennoch auftretenden Leitunkräutern durch einen möglichst selektiven Herbizideinsatz

Um die ökologische und ökonomische Leistungsfähigkeit zu prüfen, ist ein Systemvergleich zwischen den Verfahren IWM, chemischer Standard und rein mechanischer Unkrautregulierung geplant. Der Leistungsvergleich soll in Form von standorttreuen Großparzellenversuchen am Standort Ruhstorf und an zwei weiteren repräsentativen Ackerbaustandorten in Nord- und Südbay-

ern erfolgen. Das Projekt ist interdisziplinär angelegt. Neben herbologischen Erhebungen sind Untersuchungen im Bereich der Bodenkunde und Biodiversität unverzichtbare Bestandteile dieses integrierten Verfahrensvergleichs. Auf der Seite der angewendeten Unkrautregulierungstechniken soll zudem die Integration neuer Technologien (z. B. Robotik, Spot-Farming) in das IWM-Konzept geprüft werden. Ebenso ist eine zusammenfassende ökonomische Betrachtung für diesen Systemvergleich unverzichtbar.

Das für vier bis fünf Jahre geplante Projekt soll erste Basisinformationen für die Umsetzung des IWM-Konzeptes im bayerischen Ackerbau liefern. Darüber hinaus wird es sinnvoll sein, die Dauerversuche als Leuchtturmstandorte für die Fachberatung und Anbaupraxis zu führen. Letztlich ist das IWM auch ein dynamisches Konzept, das mit veränderten technischen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen evolutionär angepasst werden muss.



*Abb.3: Hacken zur Beikrautregulierung erlebt eine Renaissance*

## LITERATUR

- Buhler, D. D., Liebman, M., Obrycki, J. J. (2000): Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science*, 48, 274-280.
- Buhler, D. D. (2002): Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science*, 50, 273-280.
- Gummert, A., Zornbach, W., Freier, B., Märländer, B. (2013): Der Nationale Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland - Integrierter Pflanzenschutz als Schlüsselstrategie für den Zuckerrübenanbau. *Sugar Industry*, 138 (9), 602-610.
- Hanuss, K. (1981): Integrierter Pflanzenschutz – Utopie oder Realität? *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 88 (12), S. 705-725.
- Harker, K. N., O'Donovan, J. T. (2013): Recent Weed Control, Weed Management and Integrated Weed Management. *Weed Technology*, 27, 1-11.
- Young, S. L. (2012): True integrated weed management. *Weed Research*, 52 (2), 107-111.
- Young, S. L., Pitla, S. K., Van Evert, F. K., Schueller, J. K., Pierce F. J. (2017): Moving integrated weed management from low level to a truly integrated and highly specific weed management system using advanced technologies. *Weed Research*, 57, 1-5.
- Kees, H. (1993): Unkrautbekämpfung im Integrierten Pflanzenschutz. *Verlagsunion Agrar*, München, DE, 231 S.
- Neve, P. (2009): Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, 184, 783-793.
- Pallutt, B. (2002) Integrierte Unkrautbekämpfung. In: Zwerger, P., Ammon, H. U. (2002): Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. *Verlag Eugen Ulmer*, Stuttgart, DE, 224-230.
- Swanton, C. J., Murphy, S. D. (1996): Weed Science Beyond the Weeds: The Role of Integrated Weed Management (IWM) in Agroecosystem Health. *Weed Science*, 44, 437-445.
- Zimdahl, R. L. (2007): *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, London, UK, 689 p.
- Zwerger, P., Ammon, H. U. (2002): Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. *Verlag Eugen Ulmer*, Stuttgart, DE, 419 S.





## Pflanzenzüchtung im Licht der Ackerbaustrategie

Dr. Peter Doleschel  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,

Der Ackerbau muss sich erneuern. Kritisiert werden enge Fruchtfolgen, intensive Düngung, unerwünschte Pflanzenschutzmittel, zu wenig Biodiversität. Eine Ackerbaustrategie, ob national oder regional, soll den Wandel zu einer positiven Zukunft bewirken. Die Umwelt schonen, die Folgen des Klimawandels abmildern und zum Klimaschutz beitragen, trotzdem auskömmlich wirtschaften und Nahrungsmittel, Futter und Rohstoffe nachhaltig erzeugen. Das sind Herausforderungen, die ohne aktive Pflanzenzüchtung nicht zu bewältigen sind.

### AUSGANGSLAGE

Pflanzenbau-Fachleute sind sich relativ einig darüber, was eine Ackerbaustrategie bewirken muss:

- Biotope in der Kulturlandschaft schaffen/ erhalten und vernetzen
- Fruchtfolgen erweitern
- Mehrwert des Ackerbaus für die Gesellschaft sichtbar machen und honorieren
- Integrierten Pflanzenschutz umsetzen
- Resistenzzüchtung fördern und nutzen
- Dem Klimawandel trotzen
- Treibhausgase reduzieren

Die Struktur der bayerischen Landwirtschaft ist eher kleinteilig, es gibt über 100.000 Akteure, die gegebenenfalls mobilisiert werden müssen. Rationelle Technologien stoßen oft an ihre Grenzen, dafür werden viele Flächen „per se“ teilflächenspezifisch bewirtschaftet. Fruchtfolgen werden meist nach ökonomischen Kennwerten gestaltet, komplexe

Effekte einer größeren Vielfalt wie Arbeitsausgleich oder Flächenhygiene werden teils zu wenig beachtet. Noch immer sorgen Reihenkulturen (Zuckerrüben, Mais, Kartoffeln etc.) in Hanglagen für ein mäßiges bis großes Risiko der Bodenerosion. Effiziente Gegenmaßnahmen (z. B. Mulchsaat) sind nicht immer Standard. Fachrechtliche Vorgaben (CC-Wasser 2) wirken zu wenig. Pflanzenschutz und Düngung sind durch das Fachrecht eng geregelt. Die neue Düngeverordnung zwingt viele Betriebe, ihr Nährstoffmanagement oder ihre gesamte Anbaustrategie zu überdenken.

Die ökonomischen Zwänge nehmen keine Rücksicht auf Struktur und Lage. Der Kostendruck ist hoch, die Erlöse häufig unbefriedigend. Das Interesse an alternativen Kulturen wächst, v. a. im Bereich Feldgemüse und Spezialkulturen. Die gesellschaftliche Rezeption der Landwirtschaft ist von „bad news“ geprägt, die von vielen Teilen der Bevölkerung kaum aus eigener

Anschauung bewertet werden können. Kritik am Ackerbau findet so leicht Zustimmung.

### BAYERISCHE ACKERBAUSTRATEGIE

Der Ackerbau braucht gesellschaftliche Akzeptanz und positive Impulse. Informationen müssen zu den



Abb. 1: Pflanzenbauexperten bei der Stoffsammlung für die Ackerbaustrategie

Menschen gebracht werden. Gleichzeitig muss die Landwirtschaft lösbare Probleme rasch angehen. Das sollen die Ziele der Bayerischen Ackerbaustrategie bewirken:

- Gesellschaftliche Akzeptanz für den Ackerbau und die Landwirtschaft allgemein verbessern
- Anpassung an den Klimawandel durch Technik (smart farming), verträgliche Bewässerung, angepasste Arten und Sorten, Kulturführung, Nutzungsstrategien
- Produktivität (Ertrag, Qualität) und Klimateffizienz fördern mit Blick auf Bodenfruchtbarkeit, Humusgehalt, Bodenleben, Erosionsschutz, Begleitflora- und Fauna, Nährstoffmanagement, Forschung, Versuchswesen, Infrastruktur (G5-Mobilfunk, open data, Flurenentwicklung, Vermarktung und Verarbeitung), Verwertungsstrategien und Entbürokratisierung)
- Vielfalt in der Kulturlandschaft (Fruchtfolgeglieder) und die Biodiversität fördern
- Die Lebensgrundlagen Boden, Wasser und Luft schützen

Das alles kann nur so gut umgesetzt werden, soweit die nutzbare Genetik (Arten, Sorten) dies zulässt. Der Schlüssel ist daher eine gezielte Stärkung von Forschungs- und Züchtungsaktivitäten, die auf Bayern ausgerichtet sind.

### PFLANZENZÜCHTUNG – WESENTLICHER TEIL DER ACKERBAUSTRATEGIE

Der Ackerbau im ertragreichen Mitteleuropa setzt auf leistungsfähige Pflanzen. Seit dem 19. Jahrhundert gibt es eine aktive Pflanzenzüchtung in Deutschland. Bei fast allen Fruchtarten sind züchterisch bearbeitete, leistungsfähige Sorten im Einsatz - egal ob ökologischer oder konventioneller Anbau.

Gegenüber alten Landsorten, genetischen Ressourcen oder Gemengen mit unterschiedlicher Genetik ist der Leistungsunterschied der Zuchtsorten hoch. Mit Ausnahme von Populationsorten (z. B. bei Futterpflanzen) sind Sorten genetisch sehr einheitlich, eine Anpassung an die sich ändernden Bedingungen und/oder Effizienzsteigerung ist nur durch kontinuierliche Züchtung möglich.

### WAS KANN DIE PFLANZENZÜCHTUNG BEITRAGEN?

Züchtung gewährleistet die notwendige Anpassung an geänderte Bedingungen. In vielen Fällen kann nur die Pflanzenzüchtung helfen, Probleme zu überwinden:



Abb. 2: Beispiel für genetische Vielfalt aus der Genbank in Gatersleben

- Klimawandel  
„automatische Anpassung“ durch kontinuierliche Selektionsarbeit im Zuchtgarten und Sortenversuchswesen und zusätzlich gezielt durch besondere Maßnahmen (z. B. künstlicher Trockenstress, Sensorik oder genetische Analyse). Beispiele: Züchtung im Rain-out-shelter bei Getreide und Gräser-Arten. Thermographie zur Selektion auf Hitzetoleranz.
- Krankheiten und Schädlingsbefall durch Resistenzzüchtung. Meist einziger Weg, wenn wirksame Pflanzenschutzmittel wegfallen oder nicht verfügbar sind.

- veränderte Anbaumethoden durch gezielte Selektionsbedingungen, z. B. für den ökologischen Landbau, für Bewässerungsanbau, für neue Bewirtschaftungsformen (z. B. automatische Hacke)
- Qualitätsanforderungen durch Selektion auf die entsprechenden Merkmale (z. B. Eiweißmenge, Eiweißqualität, Backqualität) mit entsprechender Analytik
- Anbau neuer Fruchtarten der Klimawandel kann den Anbau von Arten aus anderen Klimaregionen begünstigen. Typischerweise sind keine regional adaptierten Sorten verfügbar. Mit vorhandener Züchtungskompetenz kann in die Bearbeitung neuer Arten eingestiegen werden, z. B. Soja in Bayern.

### Züchtungsforschung der LfL

Das Ziel der LfL-Züchtungsforschung ist die Bereitstellung von regional angepasster Genetik und die Verwirklichung von Zuchtzielen für die Landeskultur. Sie steht nicht in Konkurrenz zur privaten Pflanzenzüchtung, sondern arbeitet mit ihr zusammen und unterstützt so regional angepasste Zuchtprogramme. Das Portfolio an Arten deckt sich historisch mit den von bayerischen Pflanzenzüchtern bearbeiteten Arten, ergänzt um Hopfen, Heilpflanzen und Körnerleguminosen:

- Wintergerste
- Sommergerste
- Winterweizen
- Sommerhafer
- Kartoffeln
- Ausgewählte Heilpflanzen, z.B. Baldrian
- Mais
- Körnerleguminosen (Soja, Lupine)
- Futterleguminosen (Luzerne, Rotklee, Alexandrinerklee)
- Futtergräser (Dt. Weidelgras, Lieschgras, Knautgras, Wiesenrispe, Festulolium, Wiesenschwingel)
- Hopfen (85 % der dt. Hopfenfläche ist mit Sorten aus der LfL-Züchtung bepflanzt)

Züchtung an der LfL orientiert sich nicht am Sortenmarkt, sondern an den Zuchtzielen für die Landeskultur. Im Vordergrund stehen neben den „drei wichtigsten Zuchtzielen“ (Ertrag, Ertrag, Ertrag) die Resistenzen gegen Krankheiten, Schädlinge (ungleich schwieriger als gegen Krankheiten) und abiotischen Stress, die spezifische Produktqualität (Brau- und Backquali-

tät, der Wert für die heimische Verarbeitung wie Chips und Pommes frites) sowie zunehmend die Eignung für den ökologischen Landbau (Getreide, Kartoffeln, Mais, Leguminosen).

Die aktive Züchtung an der LfL schafft eine hohe Kompetenz in pflanzenbaulichen Fragen, auch zur speziellen Qualität (Brau-, Back-, Futter-, Nutzqualität). Diese Kompetenz fließt direkt in den Wissens-



Abb. 3: Züchterisch an der LfL bearbeitete Arten (Auszug)

transfer (Internet, Fachpublikationen, Lehrbücher, Vorträge) und die Aus- und Weiterbildung ein. Durch den engen Austausch am Standort Weihenstephan leistet die LfL-Pflanzenzüchtung viele Beiträge zur Ausbildung an den beiden Hochschulen (Lehraufträge, Seminare, Praktikantenschulungen, Studenten-Führungen, Ausschreibung und Betreuung von Bachelor-, Master- und Promotionsarbeiten).

### WELCHE METHODEN WERDEN EINGESETZT?

Züchtung bedeutet zunächst Selektion aus einer vorhandenen Vielfalt. Anfangs konnte noch aus genetisch diversen Landsorten selektiert werden. Seit den 1920er Jahren war die Schaffung von Variabilität durch Kreuzung erforderlich, ergänzt durch die Sammlung von genetischen Ressourcen aus den genetischen Zentren der Kulturpflanzen. Dies ist bis heute die Grundlage der allermeisten Zuchtprogramme bei Ackerkulturen. Genbanken ermöglichen innerhalb der Grenzen internationaler Abkommen die

Nutzung exotischer Herkünfte oder „wilder“ verwandter Arten der Kulturpflanzen. Die Selektionsarbeit erfolgt heute wo möglich und wirtschaftlich im Labor (mit genetischen Markern) und zunehmend durch genetische Vorhersage (genomische Selektion). Die klassische Prüfung im Feld (Zuchtgarten) bleibt jedoch auch in Zukunft das letztlich entscheidende Kriterium.

Bei der Erstellung von Zuchtmaterial an der LfL werden bei Bedarf und Machbarkeit biotechnologische Methoden, insbesondere Gewebekulturtechniken, angewandt. Gerade für neue Fragestellungen ist die Bereitstellung von homogenen Linien in großer Zahl wichtig. Hierfür werden doppelhaploide Pflanzen aus Antheren oder Mikrosporen erstellt (Getreide, Gräser, Heilpflanzen). Bei vegetativ vermehrten Arten (Kartoffeln, Hopfen) kommen weitere in-vitro-Techniken zum Einsatz (Meristemkultur zur Freimachung von Krankheitserregern, Langzeitlagerung, Protoplastenfusion).

In der Selektion stehen neben „dem Auge des Züchters“ technische Verfahren im Fokus: DNA-basierte Markertechnologien (SNP-Chips, klassische PCR-Techniken etc.), biometrische Analysen (genomische Se-



Abb. 4: Thermografische Erfassung von Stress durch Trockenheit im Rain-out-shelter

lektion), sensorische, z.T. automatische Merkmalerhebung (Moving-Fields-Anlage, UAV-Aufnahmen, Spektralaufnahmen, Thermographie) und gesteuerter Stress (Rain-out-shelter).

### ZÜCHTUNG IN DER ACKERBAUSTRATEGIE

Die von der LfL bearbeiteten großen Arten bleiben im Fokus. Im Rahmen der Ackerbaustrategie wird verstärkt auf mögliche Impulse zu mehr Vielfalt in der Fruchtfolge geachtet. So wird die Arbeit mit Legumi-

nosen intensiviert, die Züchtung von Mais auf das Wesentliche beschränkt und dabei eher regionale und ökologische Aspekte beachtet (Populationsorten, Mais als Lebensmittel, Eignung für ökologischen Anbau, Mischanbau). Der Einstieg in die Sojazüchtung zeigt, dass aufgrund der Kernkompetenz Züchtungsmethodik auch weitere neue Kulturen bearbeitet werden können, wenn sich ein Anknüpfungspunkt bietet.

Am Standort Ruhstorf – hier wird die Mais- und Leguminosenzüchtung etabliert – verknüpfen sich Ackerbaustrategie, Ökosystemforschung und Züchtungsforschung. Interessant ist die Betrachtung von Systemfragen – Genotyp-Verfahren-Interaktionen – zum Beispiel im Verbund mit automatischen Bewirtschaftungsmethoden (Hacke, Pflege) und ausgefeiltem Erosionsschutz.

Die Züchtung der LfL orientiert sich an speziellen bayerischen Anforderungen und formuliert eigene Zuchtziele. Bei einigen Arten (Hopfen, chinesische Heilpflanzen, etliche Futtergräser und -leguminosen) hat die LfL eine Alleinstellung in Deutschland. Die LfL leistet einen wertvollen Beitrag zum Züchtungsstandort Bayern.

### LITERATUR

- Ackerbaustrategie der deutschen Landwirtschaft (2018): Zentralkommission der Deutschen Landwirtschaft (Hrsg.), 16 S.
- Albrecht, T., Oberforster, M., Hartl, L., Mohler, V. (2017): Genome-based prediction of falling number stability in wheat breeding material. In: Buerstmayr, H., Lang-Mladek, C., Steiner, B., Michel, S., Buerstmayr, M., Lemmens, M., Vollmann, J., Grausgruber, H. (eds) Proceedings of the 13th International Wheat Genetics Symposium, April 23-28, 2017, Tulln. BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, S. 459
- Doleschel, P. et al. (2018): Ackerbaustrategie Bayern (2018). Internes Arbeitspapier. 4 S.
- Forster, G., Sieber, K., Kellermann, A. (2017): Züchtung nicht nur für Ökobetriebe - Kartoffelsorten, die robust gegen Krautfäule sind, nutzen nicht nur Biobauern. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (BLW), 3, Hrsg.: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, 40 - 42
- Hartl, L., Nickl, U., Schlagbauer, M., Füglein, R., Henkelmann, G. (2016): Malzqualität aktueller Weizensorten. Brauwelt, 18, 512 - 515

- Miedaner, T. (2010): Grundlagen der Pflanzenzüchtung. 1. Auflage. DLG-Verlag Frankfurt. 261 S.
- Mohler, V., Diethelm, M., Castell, A., Albrecht, T., Friedlhuber, R., Livaja, M., Hartl, L. (2014): CORNET Efficient Wheat: The influence of Rht-D1 on agronomic performance and quality traits in common winter wheat. Bericht über die 64. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2013, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Österreich, S. 31 - 32