



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

LfL-Jahrestagung

**Ackerbau - mit hohen Erträgen
erfolgreich wirtschaften**



Schriftenreihe

6

2014

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Am Gereuth 8, 85354 Freising -Weihenstephan
E-Mail: Pflanzenbau@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 71-3637

1. Auflage: Oktober 2014

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 10,00 Euro

© LfL



**Ackerbau - mit hohen Erträgen erfolgreich
wirtschaften**

LfL-Jahrestagung 2014

**am 30. Oktober 2014
in Schweinfurt**

Tagungsband

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Moderner Ackerbau im Einklang mit Umwelt-, Boden- und Erosionsschutz.....	9
Markus Demmel, Robert Brandhuber	
Fruchtfolgen gestalten – nachhaltige Erträge erzielen	24
Alois Aigner, Dorothea Hofmann	
Bodenfruchtbarkeit sichern - Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Gärresten	32
Dr. Matthias Wendland	
Erträge steigern mit Hybridsorten?	33
Ulrike Nickl, Dr. Lorenz Hartl, Dr. Markus Herz	
LfL-Düngesprogramm	41
Konrad Offenberger, Dr. Matthias Wendland	
Hohe Pachtpreise für Ackerland – was tun?	45
Robert Schätzl	
Getreideerträge sichern durch gezielten Fungizid-Einsatz	51
Stephan Weigand	
Posterpräsentationen.....	61

Vorwort

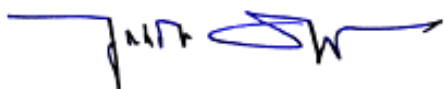
Der Ertrag ist seit jeher ein wichtiger Erfolgsfaktor für den Ackerbaubetrieb. Ob Nahrungsmittel, Futtermittel, Rohstoffe oder Energieträger: Gute Erträge auf dem Feld bedeuten geringere Durchschnittskosten, eine bessere Nutzung der Ressourcen Boden, Wasser und Betriebsmittel und damit eine höhere Effizienz. Diese Faktoren schlagen sich auch in den Treibhausgas-Emissionen je Produkteinheit oder im Wasser-Fußabdruck positiv nieder.

Selbst wenn in Jahren mit hohen Erntemengen die Marktpreise nachgeben, bleibt aus einzelbetrieblicher Sicht ein standortangepasster, optimierter Ertrag je Flächeneinheit der entscheidende Erfolgsfaktor. Wichtigstes Ziel für den Ackerbauern – gerade bei gleichbleibend hohen Betriebsmittelpreisen – ist und bleibt die Optimierung der Produktion bei geringem Aufwand und markt- und verwertungsgerechter Produktqualität.

Die Fachvorträge dieser LfL-Jahrestagung 2014 stellen aktuelle Fragen des Ackerbaus in den Fokus und zeigen fundierte Hintergründe, Analysen und Lösungsansätze auf. Ein wichtiges Ziel der Tagung ist es, im Spannungsfeld von Ökologie, Effizienz, Markt und Kosten aktuelle Analysen und Lösungsansätze vorzustellen und aktuelles Wissen für die Praxis verfügbar zu machen.

Die Vortragstagung ergänzen wir mit zahlreichen Posterbeiträgen, die einen Einblick in die Themenvielfalt von Forschung und Wissenstransfer der LfL geben und auch Randbereiche des Ackerbaus streifen dürfen.

Allen Teilnehmern wünsche ich eine interessante Veranstaltung, fachliche Anregungen und gute Gespräche. Den Landwirten wünsche ich dazu auch viel Erfolg als Lieferanten regionaler, hochwertiger Nahrungsmittel, als Produzenten klimaschonender Energie und als Bewahrer unserer Kulturlandschaft. Die LfL freut sich über zufriedene Teilnehmer und ein konstruktives Feedback, damit wir unsere Arbeit noch besser auf die Bedürfnisse der Praxis konzentrieren können.



Jakob Opperer

Präsident der LfL

Moderner Ackerbau im Einklang mit Umwelt-, Boden- und Erosionsschutz

Markus Demmel, Robert Brandhuber

Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Zusammenfassung

Landwirtschaft und insbesondere der Ackerbau stehen im Kontext von Ernährungssicherung, Wertschöpfung im ländlichen Raum, Erholungswert der Landschaft und Erhalt von Umweltgütern und Ressourcen. Moderner Ackerbau nutzt den technischen Fortschritt für eine pflanzliche Produktion, die hohe und sichere Erträge erzielt, dabei den Boden effizient und schonend bewirtschaftet und den Menschen entlastet. Ertragreiche Böden müssen ausreichend mit organischer Substanz (Humusbildung und Humuserhalt) und Kalk versorgt werden. Schonendes Befahren und Bearbeiten der Böden sichern eine entsprechend gute Bodenstruktur, mit geeigneten Mulchsaatverfahren kann der Bodenerosion wirksam entgegengewirkt werden.

Die Schonung der Bodenstruktur erfolgt vornehmlich durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen wie Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfruchtanbau, konservierende Bodenbearbeitung und Kalkung, aber auch über Arbeitsverfahren, die z.B. eine Trennung von Feld- und Straßen-transport ermöglichen und die konkreten technischen Möglichkeiten, die vom Fahrzeug ausgehende mechanische Belastung zu verringern.

Ein Schlüssel zur Vermeidung von Erosion und Oberflächenabfluss bei Reihenkulturen ist eine höhere Bodenbedeckung nach der Saat und ein Vermeiden intensiver Bodenbearbeitung zumindest im Frühjahr vor der Saat. Das gelingt mit Verfahren dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung. In Pflugsystemen kann mit Zwischenfruchtanbau vor der Reihenkultur, Einschlitten der Gülle im Frühjahr und Mulchsaat ohne Saatbettbereitung ein hohes Maß an Erosionsschutz in der Gewittersaison sichergestellt werden.

1 Einleitung

Landwirtschaft nutzt die Ressourcen Wasser, Luft und Boden zur Erzeugung von Nahrungsmitteln, Energie und biogenen Rohstoffen. Sie beeinflusst damit die Stoffströme in den lokalen bis globalen Ökosystemen und sie prägt das Landschaftsbild (Abb. 1). Eine allein sektorale Betrachtung landwirtschaftlicher Produktion greift deshalb zu kurz. Landwirtschaft und insbesondere der Ackerbau stehen im Kontext von Ernährungssicherung, Wertschöpfung im ländlichen Raum, Erholungswert der Landschaft und Erhalt von Umweltgütern und Ressourcen.

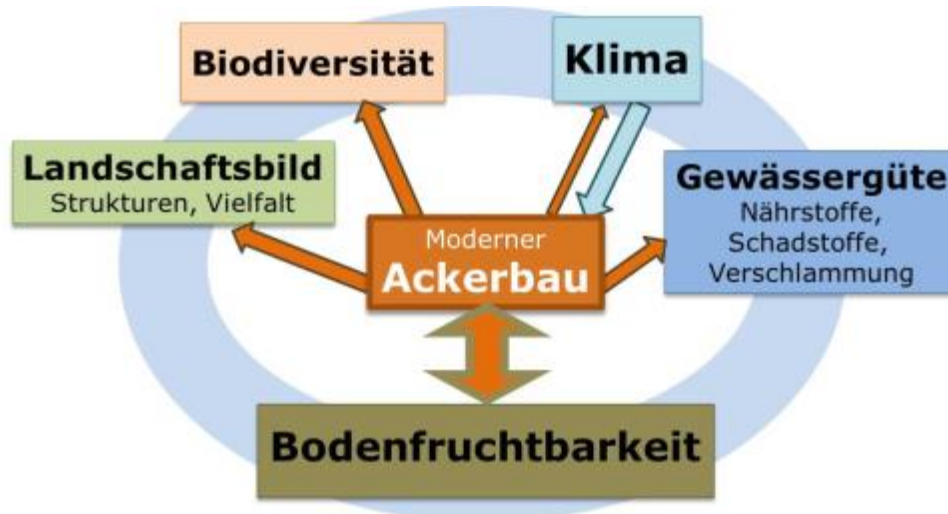


Abb. 1: Ackerbau in Wechselbeziehung zur Umwelt

Moderner Ackerbau nutzt den technischen Fortschritt für eine pflanzliche Produktion, die hohe und sichere Erträge erzielt, dabei den Boden effizient und schonend bewirtschaftet und den Menschen entlastet (Erleichterung der Feldarbeit). Beispiele hierfür ziehen sich durch die gesamte Geschichte der Mechanisierung der Landwirtschaft, von der Entwicklung des Eisenpfluges über die Motorisierung hin zur heutigen Automatisierung, wobei auch immer die Einflüsse der fortschreitenden Industrialisierung der übrigen Wirtschaft eine Rolle spielten. Neben der Steigerung der Schlagkraft hat dabei die Erhöhung der Arbeitsqualität und die Sicherung der Produktqualität eine zentrale Rolle gespielt.

Neue Verfahren und technische Lösungen im Ackerbau sind grundsätzlich systemneutral, extensivere (ökologischer Landbau) oder intensivere Produktionsmethoden profitieren davon. Sie stehen keineswegs per se für eine Landwirtschaft der großen Strukturen und ausgeräumten Landschaft, sondern lassen sich bestens integrieren in eine Landnutzung innerhalb einer vielfältig strukturierten Agrarlandschaft.

Zwei offensichtliche Trends bei der Entwicklung neuer Technik für Verfahren des Ackerbaus sind:

- die Entwicklung vielfältiger Bodenbearbeitungs- und Saattechnik zur Umsetzung standortangepasster, unterschiedlich intensiver Bestellverfahren. Dazu gehören Maschinen und Geräte für Mulchsaatsysteme ebenso wie komplette Verfahrenslösungen (Streifenbearbeitung und Regelfahrspurverfahren).
- die Entwicklung elektronischer Steuerungen und Regelungen für eine höhere Präzision bei allen Arbeitsverfahren der Pflanzenproduktion. Elektronische Dosiersysteme bei Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz, automatische Spurführungssysteme zur Vermeidung von Überlappungen und automatische Teilbreitenschaltung seien hier beispielhaft genannt.

Im Folgenden werden Aspekte vorgestellt, wie moderne Verfahren im Ackerbau die Bodenfruchtbarkeit fördern und verbessern können. Die Schwerpunkte liegen dabei auf dem Bodengefüge- und Erosionsschutz.

2 Ertragreiche Böden

Ackerböden sollen im Rahmen der Standortbedingungen

- Niederschlagswasser aufnehmen und speichern sowie überschüssiges Wasser nach unten abführen (Dräufähigkeit),

- Lebensraum für Organismen bieten, die zersetzen und mineralisieren, Struktur schaffen und diese stabilisieren,
- den Kulturpflanzen erschließbaren Wurzelraum anbieten,
- nicht zu locker sein (Befahrbarkeit!),
- der Erosion Widerstand bieten.

Um dies zu erreichen, müssen die Böden ausreichend mit organischer Substanz (Humusbildung und Humuserhalt) und Kalk versorgt werden. Schonendes Befahren und Bearbeiten der Böden sichern eine entsprechend gute Bodenstruktur, mit geeigneten Mulchsaatverfahren kann der Bodenerosion wirksam entgegengewirkt werden.

Das dem entsprechende Leitbild eines fruchtbaren Bodens (Abb. 2) lässt sich nicht an jedem Standort in vollem Umfang verwirklichen. Ziel muss es sein, am Standort das diesbezügliche Potenzial eines Bodens auszuschöpfen.

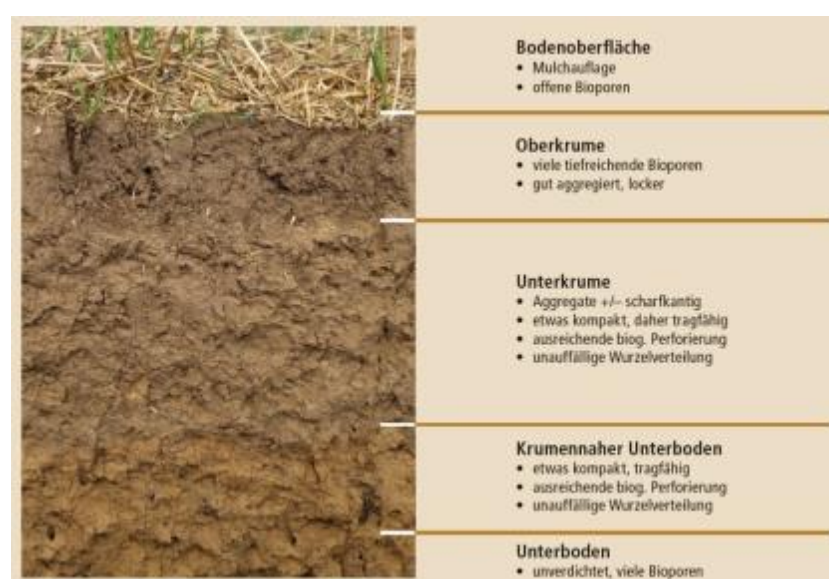


Abb. 2: Leitbild eines fruchtbaren Ackerbodens (AID, 2013)

3 Bodenschonendes Befahren

3.1 Ursachen von Bodenverdichtungen

Bodenverdichtungen sind für den Landwirt mit Ertragseinbußen verbunden. Eine Literaturrecherche in Verbindung mit eigenen Untersuchungen ergab, dass Böden, die in Versuchsanstellungen gezielt mit praxisüblich hohen Lasten bei feuchteren Bedingungen befahren wurden, langfristig im Durchschnitt etwa 5 % niedrigere Erträge liefern als gering belastete (Demmel et al., 2010). Die Abweichungen von diesem Mittelwert sind je nach Jahr und Kulturart hoch, so dass diese doch relevanten Ertragseinbußen in der Praxis für den Landwirt in ihrer Kausalität meist nicht erkennbar sind.

Unter welchen Bedingungen werden Böden über ein Maß verdichtet, das die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ertragsfähigkeit beeinträchtigt? Wesentliche Einflussfaktoren sind:

- die Tragfähigkeit des Bodens beim Befahren, abhängig von der Bodenfeuchte und dem Grad der Kompaktheit des Bodens, der wesentlich vom Bodenbearbeitungssystem und seiner Intensität (Eingriffstiefe, Eingriffshäufigkeit) bestimmt ist; im Hintergrund spielen hier die Fruchtarten und ihre Stellung in der Fruchtfolge sowie die klimatisch bedingten verfügbaren Feldarbeitstage mit ausreichend abgetrockneten Böden eine wichtige Rolle,

- die mechanische Belastung durch das Fahrzeug, ein Zusammenspiel aus Radlast, Kontaktflächendruck (Reifeninnendruck), Überrollhäufigkeit und Fahrgeschwindigkeit; hier wirkt die Wahl des Transportverfahrens (Ernte bzw. Applikation) entscheidend ein,
- der Spurfächenanteil eines Arbeitsgangs, er entscheidet im ungünstigen Fall, wie hoch der Anteil eines verdichteten Areal im Feld ist.

3.2 Vorsorgemaßnahmen

3.2.1 Grundsätze zum Bodengefügeschutz

Die Vorsorgemaßnahmen zum Bodengefügeschutz sind vielfältig (Abb. 3). Das Ziel ist ein den Ackerboden schonendes Befahren, um Bodenverdichtungen zu vermeiden.

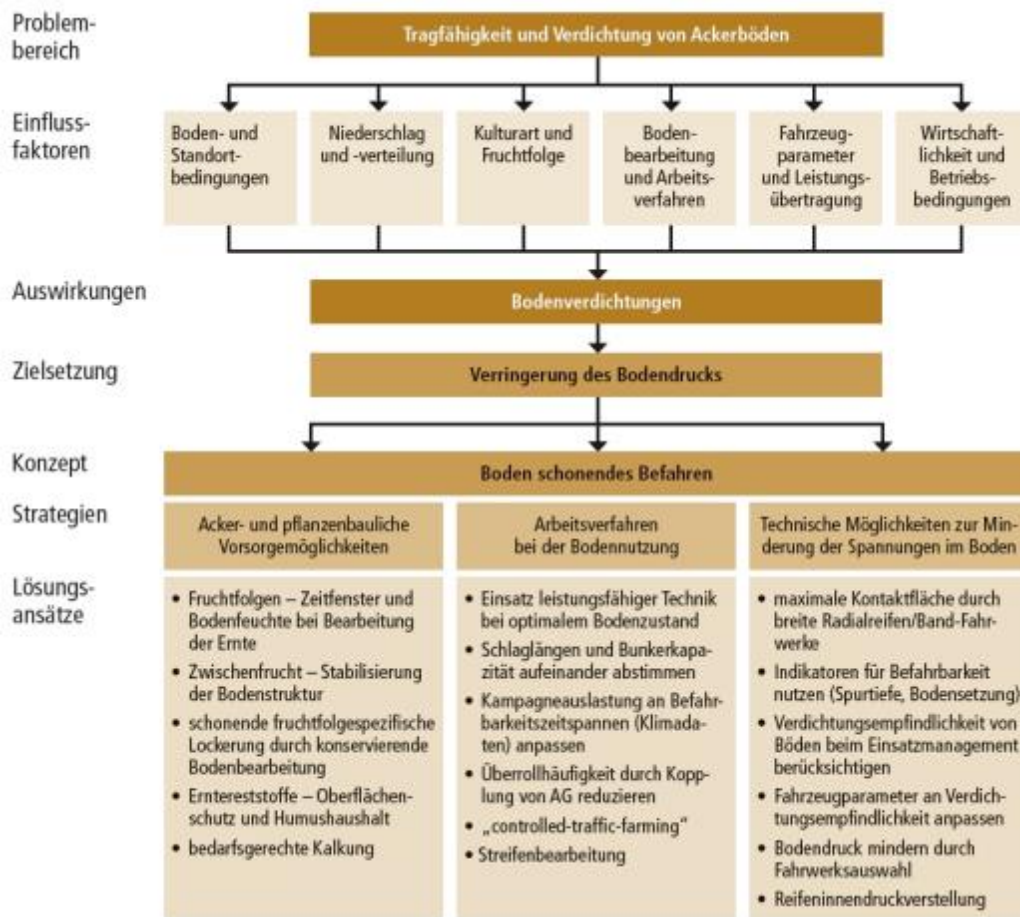


Abb. 3: Konzept für ein Boden schonendes Befahren der Ackerböden (AID, 2013)

Der Bogen spannt sich von der Risikominderung durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen wie Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfruchtanbau, konservierende Bodenbearbeitung und Kalkung über Arbeitsverfahren, die z.B. eine Trennung von Feld- und Straßentransport ermöglichen, bis hin zu den konkreten technischen Möglichkeiten, die vom Fahrzeug ausgehende mechanische Belastung zu verringern.

3.2.2 Überlockerung vermeiden

Die Tragfähigkeit eines Bodens ist umso höher, je trockener und je dichter gelagert er ist. Feuchte und lockere Böden sind leicht zu verdichten. Merkmal insbesondere gepflügter Böden ist eine lockere Krume über einer oft dicht lagernden Pflug- oder Schlepperradsole. Darunter liegt der von Natur aus kompakte Unterboden. Anzustreben ist ein durchgehend tragfähiger,

von Bioporen durchzogener Boden. Je weniger intensiv der Eingriff in den Boden erfolgt (Bodenbearbeitung), desto weniger wird die durch bodenphysikalische und bodenbiologische Prozesse etablierte Bodenstruktur gestört und desto höher ist die Bodentragfähigkeit. Nach einer ganzflächigen intensiven Lockerung muss eine natürliche Setzung abgewartet oder mit Packer oder Walze eine technische Rückverfestigung angestrebt werden. Eine Tiefenlockerung sollte nur zur „Reparatur“ von Strukturschäden bei trockenen Bedingungen durchgeführt werden und verlangt danach Bodenruhe und biologische Stabilisierung. Die sofortige Befahrung mit schweren Maschinen führt zumeist zu einer ungünstigeren Situation als vor der Maßnahme.

3.2.3 Trennung von Feld- und Straßentransport

Ein grundsätzlicher Konflikt mit dem Bodengefügeschutz ergibt sich beim Transport von Erntegut oder Wirtschaftsdüngern mit identischer Technik auf Feld und Straße. Für eine effiziente Straßenfahrt müssen deutlich höhere Reifeninnendrucke eingestellt werden als für die langsame Feldfahrt auf nachgiebigen Böden. Hoher Reifeninnendruck im Feld bedeutet kleine Aufstandsfläche, hohen Bodendruck, hohes Verdichtungsrisiko, im Übrigen auch höheren Zugkraft- und damit höheren Kraftstoffbedarf.

Die VDI-Richtlinie 6101 empfiehlt Reifeninnendrucke von max. 1 bar auf lockeren und feuchten Böden im Frühjahr und max. 2 bar auf abgesetzten Böden im Sommer und Herbst. Die Vorgaben sind erreichbar, wenn Feld- und Straßentransport getrennt werden. Bei der Rüben-ernte ist die Trennung von Feld- und Straßentransport Standard, bei der Gülleausbringung wird sie häufig angewandt, bei der Silomaisernte (noch) nicht.

Mit einem integrierenden Ansatz können die Risiken von Verfahren bei Ernte oder Gülleausbringung hinsichtlich Bodenverdichtung verglichen und bewertet werden (Abb. 4, Silomaisernte). Je höher die mechanische Belastung und je höher die Bodenfeuchte, desto eher werden Bodenfunktionen beeinträchtigt. Im Fall der Silomaisernte ist das übliche Verfahren „Feldhäcksler mit Häckselwagen direkt zum Silo“ das risikoreichste, weil der Häckselwagen auf der Straße zum Silo gezogen wird und für die schnelle Straßenfahrt hohe Reifeninnendrucke notwendig sind. Ein Umladewagen (Abb. 5) oder Bunkerhäcksler braucht beladen nicht auf der Straße zu fahren, entsprechend niedrige Reifeninnendrucke sind realisierbar.

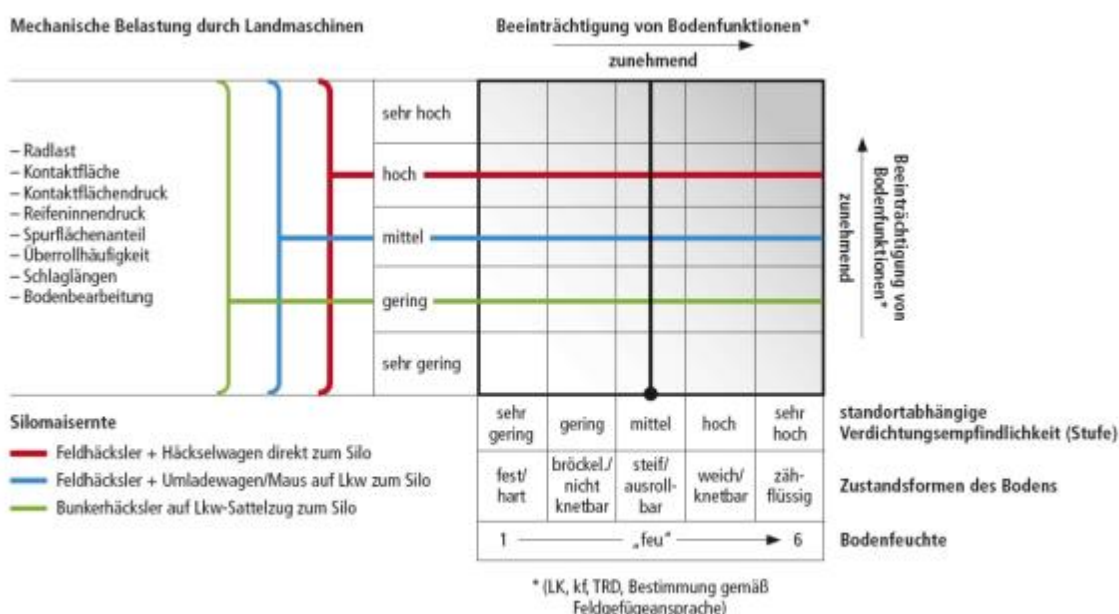


Abb. 4: Verfahrensvergleich Silomaisernte (AID, 2013)



Abb. 5: Absätziges Silomaisernt mit Umladewagen und Transport auf LKW (Foto: J. Brunotte, TI Braunschweig)

3.2.4 Reifendruckverstellanlagen

Mit leistungsfähigen Reifendruckverstellanlagen in Schleppern und Transportfahrzeugen kann der Reifennendruck schnell an die unterschiedlichen Anforderungen bei Straßen- und Feldfahrt angepasst werden. Die technischen Möglichkeiten hierfür reichen von einfachen manuellen Verstellrichtungen für täglich ein- oder zweimalige Anpassung des Reifennendruckes an die Feldarbeit bzw. die Straßenfahrt bis hin zu automatischen „Reifendruckregelanlagen“. Besonders die Gülleausbringung ist ideal für deren Einsatz. Am Ende der Straßenfahrt mit vollem Fass, hoher Geschwindigkeit und hohem Reifennendruck zum Feld wird der Reifennendruck vom Fahrerplatz aus auf ein niedriges, bodenschonendes Niveau für die geringe Arbeitsgeschwindigkeit im Acker abgesenkt. Während der Rückfahrt zur Befüllung am Hof, die wegen niedriger Radlasten (leerer Behälter) mit hoher Geschwindigkeit möglich ist, wird der Reifennendruck wieder auf das Niveau für die folgende Straßenfahrt mit vollem Fass erhöht. Die Befüllung erfolgt je nach Größe (Volumen) der im Druck anzupassenden Reifen mit der traktoreigenen Druckluftanlage (Druckluftbremse) oder mit einem zusätzlichen Kompressor. Der Investitionsbedarf für einen zweiachsigen Anhänger ohne Zusatzkompressor beträgt etwa 4.500 € für einen 3-achsigen mit Zusatzkompressor etwa 10.000 € (Tab. 1). Bei sehr großen Güllefässern (Tridem) ist die automatische Luftdruckverstellung von der Traktorkabine aus bereits Standard. Darüber hinaus bieten ein Traktorhersteller und ein Erntemaschinenhersteller Reifendruckregelanlagen für ausgewählte Modelle an.

Tab. 1: Kosten von Reifennendruckverstellanlagen (nach KTBL 2011)

Art der/des Anlage/Gerätes	Preis €	Nutzungsumfang		Fixe Kosten €/a	Variable Kosten €/h
		Zeit a	Leistung h		
Manuell für Traktoren					
Für 1 Rad ohne Sollwertkontrolle	150	12	10.000	16	< 0,01
Für 2 Räder	800	12	10.000	83	0,02
Für 4 Räder	1.850	12	10.000	191	0,05

Vom Sitz aus verstellbar, ohne Zusatzkompressor					
Traktor: Für 1 Achse	2.000	12	10.000	207	0,07
Traktor: für 2 Achsen	4.000	12	10.000	413	0,14
Anhänger: Für 1 Achse	3.000	12	3.000	360	0,10
Anhänger: Für 2 Achsen	4.500	12	3.000	540	0,15
Anhänger: Für 3 Achsen	6.000	10	3.000	720	0,20
Zubehör: Zusatzkompressoren in der Regel ab Tandemfahrwerk notwendig					
Kompressor, 1000 l/min	2.500	10	10.000	300	0,15
Kompressor, 2000 l/min	3.500	10	10.000	420	0,20
Kompressor, 3000 l/min	4.500	10	10.000	540	0,25
Digitalsteuerung	600	12	10.000	62	< 0,01

3.2.5 Potenziale von Bandlaufwerken

Müssen sehr hohe Gesamtlasten abgestützt werden, bieten Fahrwerke mit Bandlaufwerken auf dem Acker folgende Vorteile:

- Die Last kann auf eine sehr große Aufstandsfläche verteilt werden. Entsprechend niedrig sind die auf den Boden einwirkenden Kontaktflächendrücke.
- Die Bodendrücke werden trotz hoher Auflast mit der Tiefe schnell abgebaut. Vergleichende Messungen der Bodendrücke in verschiedenen Tiefen zeigten, dass die Überrollung mit einem Bandlaufwerk mit Auflast von 10 t geringere Bodendrücke verursachte als die zweimalige Überrollung mit einem Rad mit Auflast von 5 t (Abb. 6).
- Die Verwendung von sehr großen und besonders breiten Reifen (> 750 mm) ist insbesondere bei Mähdreschern durch die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung aber auch konstruktiv eingeschränkt. Bei Erntemaschinen sind zusätzliche Achsen bauraumbedingt oft nicht realisierbar. Maschinen mit Bandlaufwerken bieten sich in dieser Situation als Alternative an.
- Großschlepper mit Bandlaufwerk zeichnen sich neben geringem Bodendruck auch durch geringen Schlupf aus.

Kritisch ist anzumerken, dass Maschinen mit Bandlaufwerken ihre Arbeit noch verrichten können, wenn Radfahrzeuge wegen hoher Bodenfeuchte nicht mehr vorwärts kommen. Bei derart hoher Bodenfeuchte können aber auch Fahrzeuge mit Bandlaufwerken erhebliche Verdichtungen verursachen. Beim Wenden können Maschinen mit Bandlaufwerken in der Krume Verdichtungen durch Verschmieren verursachen. In kleinstrukturierten Gebieten mit kurzen Schlägen und damit hohem Anteil an Vorgewende kann dies nachteilig sein. Darüber hinaus sind Maschinen mit Bandlaufwerken in der Anschaffung teurer als Radfahrzeuge.

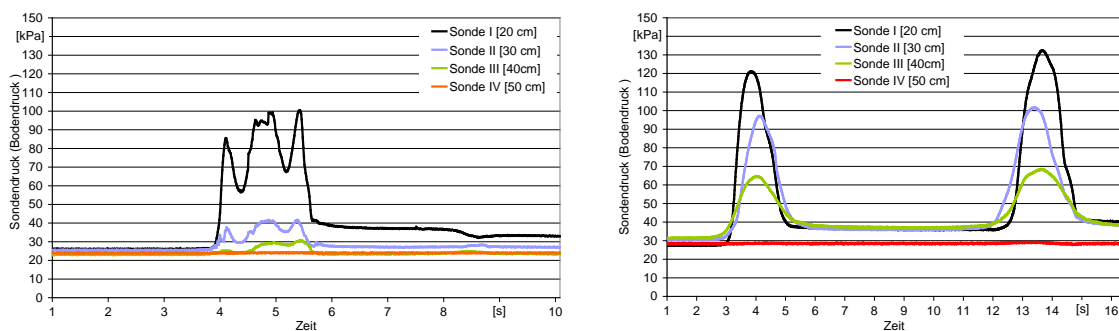


Abb. 6: Beispiel für den Druckabbau links unter einem Gummibandlaufwerk (Auflast: 11,3 t) und rechts unter einem zweiachsigen Radlaufwerk (Radialreifen 1050/50 R32, Radlast 5,2 t, Reifeninnendruck = 70 kPa), (GEISCHEDER, 2011)

3.3 Arbeits- und Entscheidungshilfen

Es gibt eine Reihe einschlägiger Regelwerke und Arbeitshilfen, die Anforderungen an bodenschonendes Befahren der Böden formulieren und den Konstrukteuren von Landmaschinen wie auch den Landwirten die Umsetzung erleichtern sollen: VDI-Richtlinie 6101 „Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden“, DLG-Merkblätter Nr. 344 „Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen“ und Nr. 356 „Reifen richtig wählen und einsetzen“, DLG AgrarPraxisKompakt „Rücknagel, J.: Boden unter Druck – Schadverdichtungen vermeiden“, aid-Heft „Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz“, KTBL-Heft 89 „Boden schonen und Kosten senken“ u.a.

Mit Hilfe von einfach handhabbaren EDV-Programmen kann das Verdichtungsrisiko in Abhängigkeit von Bodenfeuchte und eingesetzter Landtechnik situationsbedingt abgeschätzt werden, z.B. mit dem jedermann zugänglichen Simulationsmodell „Terranimo“ (<http://www.terranimo.ch>).

Zudem könnten in Zukunft Landmaschinen mit Befahrbarkeitssensoren ausgerüstet werden, Prototypen wurden bereits entwickelt und getestet.

4 Erosionsmindernde Bestellverfahren für Reihenkulturen

4.1 Bodenerosion vermeiden

Bodenerosion verzehrt elementares landwirtschaftliches Kapital. Langfristig muss die verminderte Ertragsfähigkeit als Einschränkung für zukünftige Produzenten wie auch Verbraucher von Nahrungsmitteln angesehen werden. In Gewässern verursachen Bodeneinträge Eutrophierung, Verschlammung und Kontamination mit Pflanzenschutzmittelwirkstoffen. Die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für Fische und andere aquatische Lebewesen werden eingeschränkt (SCHUBERT et al. 2013). Verschlammte Gewässer und nährstoffbefruchtete Ufersäume mindern den Wert von Bächen als attraktiver Erholungsraum in der ländlichen Flur.

Die Bodenabträge durch Wassererosion sind in vielen bayerischen Ackerbaugebieten zu hoch, insbesondere dort, wo in Hanglagen in größerem Umfang Mais angebaut wird (BRANDHUBER & TREISCH, 2012). Eine aktuelle Evaluierung zeigte auf, dass die bereits verbreiteten Mais-Mulchsaatverfahren weiter optimiert werden müssen, d.h. mehr Bodenbedeckung im Mai/Juni (KISTLER et al., 2013) vorhanden sein muss. In dieser Zeit treffen heftige Gewitterregen auf im Frühjahr bearbeitete, noch nicht abgesetzte und weitgehend unbedeckte Böden. Massive Abschwemmungen können die Folge sein (Abb. 7). Gefährdet sind alle Reihenkulturen, also auch Zuckerrüben, Kartoffeln und Sojabohnen.



Abb. 7: Abschwemmungen aus Maisfeldern nach Gewitterregen im Mai (Foto: W. Bauer, Agroluftbild)

Ein Schlüssel zur Verbesserung der Situation ist also eine höhere Bodenbedeckung nach der Saat der Reihenkultur und ein Vermeiden intensiver Bodenbearbeitung zumindest im Frühjahr vor der Saat. Das gelingt mit Verfahren dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung. In Unterfranken ist die konservierende Bodenbearbeitung weiter verbreitet, im Süden Bayerns jedoch nicht. In Pflugsystemen kann mit Zwischenfruchtanbau vor der Reihenkultur, Einschlitzen der Gülle im Frühjahr und Mulchsaat ohne Saatbettbereitung ein hohes Maß an Erosionsschutz in der Gewittersaison sichergestellt werden.

Der Erfolg beider Verfahren - dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat von Reihenkulturen ohne Saatbettbereitung bei Pflugeinsatz zur Grundbodenbearbeitung - hängt ab vom sicheren direkten Einbringen der Gülle in den Boden, ohne diesen zu bewegen, und der Funktionssicherheit der Sätechnik.

4.2 Techniken zur erosionsmindernden Gülleinjektion

4.2.1 Mulchsaat nach flächiger Gülleeinarbeitung

Bei gut entwickeltem Zwischenfruchtbestand und nicht zu hoher Erosionsgefährdung am Standort bietet ein Bodenbedeckungsgrad im Bereich von 20 – 30 % (nach der Maissaat) ausreichenden Erosionsschutz. Mit einer einmaligen „groben“ Saatbettbereitung in Kombination mit breitflächiger Gülleeinarbeitung ist dies erreichbar. Die Arbeitsintensität ist jedoch so zu bemessen, dass genügend organische Substanz auf der Bodenoberfläche verbleibt (Abb. 8).



Abb. 8: *Direktes Einarbeiten der Gülle mit Kurzscheibenegge (Bild links) und anschließende Maisaussaat mit Erhalt eines Bodenbedeckungsgrads von 20 – 30 %.*

Alternative zur Gülleapplikation vor der Maissaat und der ggf. damit verbundenen Bodenbearbeitung kann die Ausbringung in den Bestand sein (mit Schleppschlauch).

4.2.2 Streifenbearbeitung mit Gülleinjektion zu Mais

Die Streifenbearbeitung zu Reihenkulturen wie Mais und Zuckerrüben oder Raps versucht die Vorteile einer intensiven Saatbettbereitung im Bereich der Reihen der Kulturpflanzen mit den Vorteilen der Direktsaat im Bereich zwischen den Reihen (ungestörter Boden und hoher Erosionsschutz) zu verbinden. Erste Untersuchungen in Deutschland wurden ab 2007 bei Zuckerrüben auf dem Ihinger Hof durchgeführt und ab 2009 auf Mais ausgedehnt (HERMANN, 2008, 2010). Umfangreiche Feldversuche zu Mais, auch in Verbindungen mit der Gülleeinbringung, sind seit 2009 in Bayern (DEMMELE et al., 2012) und Sachsen-Anhalt (BISCHOFF, 2012) etabliert. Hierzu werden spezielle Geräte mit passiven Werkzeugen eingesetzt.



Abb. 9: *Streifenbodenbearbeitung mit Gülleinjektion (links), Maissaat mit automatischem Lenksystem etwa 10 Tage später (rechts)*

Die Werkzeugeinheiten bestehen pro Reihe aus einer vorauslaufenden Schneidscheibe zum Trennen des organischen Materials und einem Paar Räumsternen, die das Pflanzenmaterial aus dem Bearbeitungsbereich entfernen. Die eigentliche Lockerung erfolgt im frei geräumten Bereich bis in eine Tiefe von 15-20 cm; typischerweise mittels eines Meißelschars, wobei ein Paar Hohl­scheiben verhindert, dass die aufgeworfene Erde aus dem Lockerungsbereich herausgeworfen wird. Alternativ werden auch zwei gewellte und gegeneinander doppelt V-förmig angestellte Schneidscheiben zum Lockern verwendet. Die Werkzeugkombinationen sind Parallelgramm geführt und weisen Gewichte von 150 - 300 kg pro Reihe auf.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen ein großes Potenzial der Streifenbearbeitung als boden- und wasserschonende Alternative zur Mulchsaat mit ganzflächiger Bodenbearbeitung nach flächiger Gülleausbringung auf (Tab. 2).

Tab. 2: Erträge der Streifenbodenbearbeitung mit Gülleinjektion bei Körnermais, LfL-Versuch Wurmanssquick

Variante	Körner- maisertrag 2010 [t/ha]	Körner- maisertrag 2011 [t/ha]	Körner- maisertrag 2012 [t/ha]	Körner- maisertrag 2013 [t/ha]	mittlerer Körnermais- ertrag [t/ha]
Strip Tillage mit Zinken (mit Gülle) direkt in Stoppeln	10,2	10,7	11,9	6,4	9,8
Strip Tillage mit Zinken (mit Gülle) nach Stoppelbearbeitung	11,3	10,7	13,0	7,7	10,7
Strip Tillage mit Scheiben (mit Gülle) direkt in Stoppeln	9,9	9,7	11,5	5,9	9,3
Strip Tillage mit Scheiben (mit Gülle) nach Stoppelbearbeitung	10,0	10,3	11,7	7,4	9,9
Mittelwert Strip Tillage (mit Gülle) direkt in Stoppel	10,1	10,2	11,7	6,2	9,6
Mittelwert Strip Tillage (mit Gülle) nach Stoppelbearbeitung	10,7	10,5	12,8	7,6	10,4
Betriebsüblich – Gülleausbringung mit Einarbeitung (Kurzscheibenegge) + Mulchsaat	9,9*	11,7*	12,5	8,2	10,6

Die Erträge sind im Vergleich zur betriebsüblichen Variante identisch, das Erosionsschutzniveau durch den Erhalt eines hohen Bodenbedeckungsgrades jedoch deutlich höher. Zudem kommt es zu keinen gasförmigen Ammoniakverlusten und Geruchsbelästigungen bei der Wirtschaftsdüngerausbringung durch die Ablage des Güllebandes in etwa 15 cm Tiefe (Abb. 10).



Abb. 10: Hohe Bodenbedeckung nach der Streifenbearbeitung mit Gülleinjektion (links), Gülleband im Boden (rechts)

Bei der technischen Umsetzung sind noch Fragen offen, beispielsweise nach geeigneten bzw. optimalen Werkzeugkombinationen und Geräteführungen. Die Möglichkeit der Kombination mit einer mineralischen oder organischen Unterfuß- oder Unterflurdüngung eröffnet zudem neue Wege bei der gezielten Platzierung von Pflanzennährstoffen. Zukünftige Untersuchungen sollen diesen Fragen gezielt nachgehen.

4.2.3 Mulchsaat ohne Saatbettbereitung nach Gülleinjektion

Um auch ohne Streifenbearbeitung ein sehr hohes Erosionsschutzniveau sicherzustellen (Bodenbedeckungsgrad nach der Saat > 30%), muss auf eine Saatbettbereitung im Frühjahr verzichtet werden (Mulchsaat ohne Saatbettbereitung). Eine Wirtschaftsdüngerbringung vor der Saat in die abgestorbene Zwischenfrucht kann dann nur mit Hilfe von Schlitzinjektoren erfolgen. Dieses Verfahren wurde in den Jahren 2010-2013 auf den Versuchsstationen Puch und Achselschwang erfolgreich untersucht (Abb. 11).



Abb. 11: Flächige Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger in abgefrorene Zwischenfruchtbestände mit einem Scheibenschlitzverteiler

Überraschender Weise ergaben sich bei der Gülleapplikation mit Schlitzinjektoren vor der Maisaussaat 2014 Schwierigkeiten. An zwei Standorten (Achselschwang/Oberbayern und Oberpfälzer Wald) führte die sehr lockere und voluminöse Zwischenfrucht zu schwerwiegenden Verstopfungen der (unterschiedlichen) Schlitzinjektoren. Diesen Schwierigkeiten soll im kommenden Jahr gezielt nachgegangen und die Probleme sollen gelöst werden.

Darüber hinaus stellt die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung zur sicheren Ablage und Einbettung der Saatkörner die höchsten Ansprüche an die Technik für die Einzelkornsaat (siehe Kap. 4.4).

4.3 Streifenbearbeitung bei Zuckerrüben und Raps

Vor Zuckerrüben bietet das absätziges Verfahren mit Streifenbearbeitung im Herbst und Saat in den gelockerten und abgesetzten Streifen im Frühjahr ein hohes Maß an Bodenbedeckung und Erosionsschutz bei gegenüber der klassischen Direktsaat verbesserten Auflaufbedingungen (Abb. 12).

Rapssaaten sind Ende August bei Gewitterregen ebenfalls stark erosionsgefährdet. Mit Strip-Till Verfahren bei Raps könnte ein hohes Maß an Erosionsschutz in diesem kritischen Zeitfenster sichergestellt werden (Abb. 13). Für dieses Verfahren in Kombination mit der Einzelkornsaat sind noch pflanzenbaulich Untersuchungen erforderlich.



Abb. 12: LfL-Versuch am Standort Wittenfeld; linkes Bild: Zuckerrüben vor dem Auflaufen: Mulchsaat mit Saatbettbereitung neben der Strip-Till-Variante (nach Alexandriner-*kle*); rechtes Bild: Strip-Till Rüben (nach Senf-Zwischenfrucht)



Abb. 13: Strip-Till Raps Anfang September und Ende Juni mit Strohresten der Getreide-Vorfrucht

4.4 Mulch- und Direktsaat taugliche Sätechnik

Alle Hersteller von Einzelkornsäegeräten bieten heute Mulch- und Direktsaat taugliche Modelle an. Diese sind sehr stabil aufgebaut und durchgehend mit Doppelscheibenscharen ausgestattet. Zur exakten Tiefenführung auch unter variierenden Einsatzverhältnissen sind seitlich neben den Scharscheiben breite, gummierte Tiefenführungsrollen angebracht. Anstelle einer breiten Andruckrolle werden zwei V-förmig angestellte Andruckrollen eingesetzt. Die maximale Scharbelastung schwankt zwischen 100 und 325 kg. Um diese hohen Kräfte möglich zu machen, müssen die Aggregate über ein entsprechend hohes Eigengewicht verfügen und in der Lage sein, durch Federn, Hydraulikzylinder oder Luftbälge Gewicht vom Geräterahmen auf die Aggregate zu übertragen. Mit diesen Geräten ist unter vielfältigen Einsatzbedingungen eine erfolgreiche Mulchsaat auch ohne Saatbettbereitung möglich.

Dennoch kann es unter ungünstigen Bedingungen vorkommen, dass die Ablagetiefe nicht eingehalten oder der Saatschlitz nicht ausreichend geschlossen wird. Zur Verbesserung der Saatsgutablage bei der Mulchsaat und der Direktsaat werden vor allem in Nordamerika vor den Scheibenscharen Räumsterne oder Kombinationen aus vorauslaufendem Scheibensech und Räumsternen und zusätzlich strukturierte Andruckrollen eingesetzt (Abb. 14). Sie sollen Pflanzenrückstände aus dem Bereich der Saatsfurche entfernen und so die optimale Ablage und Einbettung des Maiskorns sicherstellen. Diese Zusatzausrüstung wird in Europa nur von wenigen Herstellern angeboten und findet nur sehr kaum Verbreitung. Um die möglichen Effekte dieser

Zusatzaggregate unter unseren Einsatzbedingungen festzustellen, ist eine umfangreiche Untersuchung vorgesehen.



Abb. 14: Räumsterne bzw. Kombination aus (gewelltem) Scheibensech und Räumsternen für verbesserte Ablage und Einbettung bei Mulch- und Direktsaat.

5 Diskussion und Ausblick

Unbestritten ist die Notwendigkeit, den Ackerbau so zu gestalten, dass die Böden langfristig fruchtbar bleiben und die gesellschaftlichen Ansprüche an Gewässergüte, Biodiversität, Landschaftsbild und Klimaschutz ausreichend Berücksichtigung finden. Mit dem Bedürfnis, mit geringstem Aufwand höchste Erträge zu erwirtschaften (Effizienz), stehen diese Ziele nicht immer im Einklang. Es sind Lösungen gefragt, die wirtschaftlich tragbar, funktionssicher und umwelt- und ressourcenschonend sind.

Um Bodenerosion und Bodenverdichtungen zu vermeiden, kann der Landwirt heute auf ein Portfolio von Verfahren und technischen Lösungen zugreifen.

Ein Schlüssel zu bodenschonenden Ernteverfahren ist die Trennung von Feld- und Straßen-transport. Bei der Silomaiserntekette konnte sich dieses Verfahren bisher nicht durchsetzen, mangels Nachfrage und – davon abhängig – mangels Wirtschaftlichkeit. Das Standardverfahren mit Häckselguttransport über Feld und Straße zum Silo ist in der Praxis zwar schlagkräftig und logistisch gut organisiert, jedoch risikoreich hinsichtlich Bodenverdichtung, insbesondere in niederschlagsreichen Regionen. Der hohe Anteil an Silomais in der Fruchtfolge vieler bayrischer Betriebe erfordert kurzfristig zumindest eine Risikominderung innerhalb des Standardverfahrens, d.h. striktes Beachten der Bodenfeuchte als wesentliche Steuerungsgröße für die Befahrbarkeit.

Im Bemühen um Erosionsschutz gilt es vor allem, die Eingriffe in den Boden vor der Saat von Reihenkulturen zu minimieren. Dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung als ansonsten anerkanntes Mittel der Wahl ist in engen Maisfruchtfolgen nicht einfach zu etablieren. So gilt es in Pflugsystemen vor Reihenkulturen Zwischenfrüchte (oder Untersaaten) anzubauen, die dann eine Mulchsaat mit hohem Bedeckungsgrad nach der Saat der Hauptkultur ermöglichen. Als wesentliche Herausforderung muss die technische Detailgestaltung der Aggregate für die Ablage der Saat und von Gülle bei unterschiedlichen Feuchte- und Festigkeits- bzw. Bodenbedingungen angesehen werden. Akzeptanz und weitere Verbreitung von Sä- und Gülleapplikationsverfahren abseits des „reinen Tisches“ hängen wesentlich von deren Funktionssicherheit ab. Mit dem Strip-Till Verfahren hat sich in jüngster Zeit der Fächer der Möglichkeiten mit einer

vielversprechenden Variante weiter geöffnet. Die unter allen Bedingungen funktionssichere Lösung wird es allerdings nicht geben, dazu sind die Standortbedingungen speziell in Bayern zu vielfältig. Der Landwirt wird in Zukunft vermehrt auswählen können und müssen, welches Verfahren und welche Technik für seinen Betrieb und seinen Standort die passenden sind.

6 Literaturverzeichnis

- [1] aid (2013): Gute fachliche Praxis - Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz, aid info-dienst, Bonn, 116 Seiten (Bestell-Nr.: 3614)
- [2] Bischoff, J. (2012): Weite Reihen – tiefe Wurzeln? LOP Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 3, 2012, S. 29-25.
- [3] Brandhuber, R., Treisch, M. (2012): Bodenabtrag in Abhängigkeit von der Maisanbaufläche in Bayern: Vergleich 2005 mit 2011. Tagungsband zu den 7. Marktrechtlicher Bodenschutztagen, S. 136-141
- [4] Brunotte, J., Demmel, M., Fröba, N., Uppenkamp, N., Weißbach, M. (2011): Bodenschonen und Kosten senken. Hrsg. KTBL, KTBL-Heft 89, Darmstadt.
- [5] Demmel, M. und H. Kirchmeier, 2012: Streifenbodenbearbeitung und Gülleapplikation – Strip Tillage ermöglicht neue Strategien. In: LOP, Nr. 12, S. 12-18
- [6] Demmel, M., Brandhuber, R., Wild, M. (2010): Wie viel schaden Verdichtungen? Auswirkungen von Bodenbelastung auf den Ertrag. LOP Landwirtschaft ohne Pflug 11/12 2010, S. 17-22
- [7] Geischer, R. (2011): Bodenbelastung und Bodenbeanspruchung unterschiedlicher Fahrwerkskonfigurationen. Dissertation TUM Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, 196 S.
- [8] Hermann, W., 2008: Strip-Till: Streifenlockerung bei Zuckerrüben, Raps und Mais - Alternative zur Mulch- und Direktsaat. In: LOP Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 7, S. 31-34
- [9] Hermann, W., Link-Dolezal, J. und Claupein, W., 2010: Nur einzelne Streifen lockern – Strip Till – den Boden nur dort lockern, wo Maisreihen stehen. dlz, Heft 4, S. 38-41
- [10] Kistler, M. (2013): Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen – Ergebnisse einer Feldstudie. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 8 / 2013, 113 S.
- [11] Schubert, M., Klein, M., Leuner, E., Kraus, G., Wendt, P., Born, o., Hoch, J., Ring, T., Silkenat, W., Speierl, T., Vordermeier, T., Wunner, U. (2013): Fischzustandsbericht 2012. LfL-Information, 45 S.

Fruchtfolgen gestalten – nachhaltige Erträge erzielen

Alois Aigner, Dorothea Hofmann

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Zusammenfassung

Bei einer landesweiten Betrachtung der Anbauverhältnisse auf dem Ackerland in den letzten 25 Jahren könnten die Richtwerte für die Anteile wichtiger Feldfrüchte in der Fruchtfolge durchaus eingehalten werden. Betrachtet man aber einzelne Kultarten und deren regionale Anbau-schwerpunkte, so war bereits 1994 an Hand der InVeKos-Angaben ersichtlich, dass z.B. bei Winterraps der empfohlene Anteil von 25 % an der Ackerfläche in über 25 % der Betriebe überschritten worden ist. Eine neuere Auswertung der Invekosdaten auf Basis von Einzelschlägen in den Jahren 2005 bis 2012 bestätigte das Ergebnis von 1994. In den Hauptanbaulagen des Winterrapses standen sogar 35 % des Rapses in einer dreigliedrigen Fruchtfolge. Noch enger waren die Fruchtfolgeabstände bei Winterweizen. Hier stand auf den fränkischen Platten in den Jahren 2009 bis 2012 sogar 25 % des Weizens nach Weizen, als sogenannter „Stoppelweizen“. Auf weniger günstigen Standorten und bei ungünstigem Witterungsverlauf sind bei dieser Fruchtfolgestellung erhebliche Ertragsausfälle unausweichlich. Eine starke Zunahme in der Anbaufläche hat in den letzten Jahren der Mais erfahren. Mit der Einführung des EEG im Jahre 2000 kam es in Bayern zu einer stark anwachsenden Biogasproduktion, in Folge dessen die Anbaufläche des Silomaises eine Ausdehnung erfuhr. Der Anteil des Gesamtmaises an der Ackerfläche stieg von 20% im Jahr 1990 auf 26% in diesem Jahr. Auch wenn durch wirtschaftliche Zwänge auf Fruchtfolgerestriktionen in den letzten Jahrzehnten immer weniger Rücksicht genommen wurden, können pflanzenbauliche Zusammenhänge nicht außer Kraft gesetzt werden. In Zeiten einer immer stärker werdenden Beobachtung der Landwirtschaft durch die Gesellschaft, sollten Fruchtfolgezusammenhänge wieder stärker von den Praktikern berücksichtigt werden. Umweltpolitische Programme der Länder und zukünftig auch Einschränkungen an die Fruchtfolge seitens der EU zum vollen Erhalt der Basisprämie können dazu beitragen, enge Fruchtfolgen wieder aufzulockern.

1 Einleitung

Um über Fruchtfolgen diskutieren zu können, ist die Kenntnis, welche Kulturen auf unseren Äckern in den letzten Jahrzehnten tatsächlich angebaut wurden, von entscheidender Bedeutung. Aus der Abbildung 1 ist die Flächenentwicklung auf dem Ackerland seit 1990 ersichtlich. Die Getreidefläche ist von 1,15 Mio ha im Jahr 1990 bis heute um gut 100 000 ha auf 1,03 Mio ha zurückgegangen. Mit 51 % an der Ackerfläche (AF) steht derzeit auf jedem zweiten Acker in Bayern Getreide. Ebenfalls an Fläche verloren haben die Hackfrüchte und Ölsaaten, die momentan einen Flächenanteil von 5 – 7 % an der AF einnehmen. Mit 0,8 % fristen die Leguminosen in den letzten 2 Jahrzehnten ein Nischendasein. Der große Gewinner in diesem Zeitraum ist der Mais, der von rund 400 000 ha 1990 bis heute auf 558 000 ha um cirka 40 Prozent an Fläche zugenommen hat, und derzeit auf 26 % der bayerischen Ackerfläche steht. Geschätzt wird, dass davon 130.000 ha der Verwertung im Biogasprozess zugeführt werden.

Bei einem Anbau von 420.000 ha (2014) Silomais finden somit gut 30 % der Silomaisfläche als sogenannter „Biogasmais“ Verwendung.

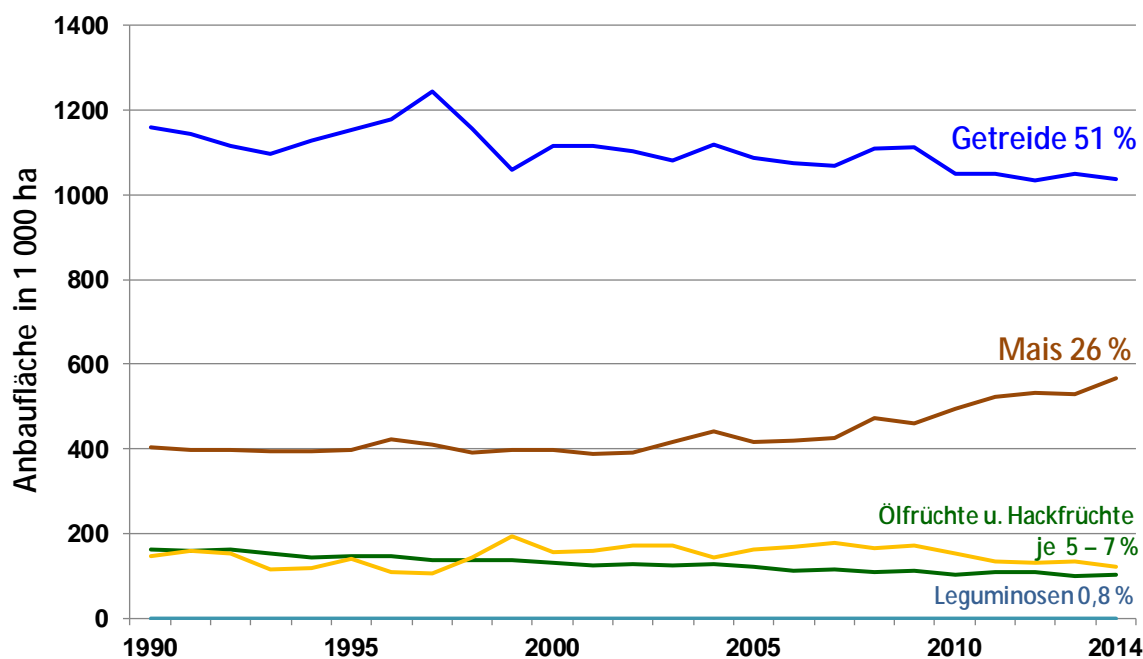


Abb. 1: Flächenentwicklung auf dem Ackerland in Bayern seit 1990

2 Richtwerte für Fruchtfolgen

Die Zielsetzung einer „gesunden Fruchtfolge“ soll der geregelte Anbau verschiedener Ackerfrüchte auf demselben Flurstück nacheinander sein, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und möglichst zu verbessern. Dazu soll ein Wechsel

- von Halm- und Blattfrüchten,
- Winterungen und Sommerungen,
- Humusmehrern und Humuszehmern,
- zwischen Stickstoffmehrern und Stickstoffzehlern,
- zwischen Flachwurzeln und Tiefwurzeln

eingehalten werden.

Bereits 1985 wurden von der damaligen LBP Richtwerte für Fruchtfolgeanteile wichtiger Feldfrüchte veröffentlicht, die den gerade noch tolerierbaren Anteil einzelner Fruchtarten in Fruchtfolgen darstellen [1]; siehe Tabelle 1.

Tab. 1: Richtwerte für Fruchtfolgeanteile wichtiger Feldfrüchte

Halmfrüchte		Blattfrüchte		Mais	
Winterweizen	33 %	Kartoffeln	33 %	Silomais	50 %
Wintergerste	67 %	Zuckerrüben	33 %	Körnermais	67 %
Winterroggen	67 %	Winterraps	25 %		
Sommergerste	50 %	Klee gras	33 %		
Hafer	25 %	Großkörnige			
Weizen und Gerste	67 %	Leguminosen	25 %		

Wenn wir diese Richtwerte mit den derzeitigen Anbauverhältnissen vergleichen, dürfte es Bayernweit kein Problem sein, diese Richtwerte einzuhalten. An den Beispielen Winterraps und Winterweizen soll im Folgenden aufgezeigt werden, wie die Verhältnisse in der Praxis und in einzelnen Anbaugebieten in den letzten Jahren tatsächlich waren.

3 Analyse wirklicher Anbauverhältnisse

3.1 Beispiel Winterraps

Eine erste Analyse der tatsächlichen Anbauverhältnisse wurde vor 20 Jahren mit Hilfe der InVeKos-Angaben 1994 erstellt. Danach haben 72,2 % der Raps anbauenden Betriebe unter 25 % Raps auf ihren Ackerflächen angebaut, und damit den Fruchtfolgerichtwert eingehalten [2]. Mehr als 13 % der Betriebe hatten über ein Drittel Raps in diesem Jahr auf den Feldern stehen. Da es sich damals um eine einjährige Momentaufnahme handelte, konnte keine Aussage über eine mehrjährige Fruchtfolgegestaltung gemacht werden. Im Rahmen einer Masterarbeit wurden von Schönleben [3] auf Basis von über 1 Million Feldstücken, die über 2 Mio ha Ackerfläche erfassten, für die Jahre 2005 bis 2012 aus den InVeKos-Daten die tatsächlichen Ackerfrüchte erfasst, die nacheinander auf demselben Feldstück standen. Danach wurde im Anbaugbiet Fränkische Platten, Jura in den Jahren 2009 bis 2012 29 Prozent bzw. 35 Prozent des Winterrapses mit einer Anbaupause von nur 2 Jahren angebaut, d.h. der Raps stand in einer dreigliedrigen Fruchtfolge. 3 bis 4 Prozent der Rapsfläche wies nur einen Anbauabstand von einem Jahr auf, was heisst, dass der Raps alle zwei Jahre auf demselben Feld stand; siehe Tabelle 2.

Tab. 2: Anbaupausen von Winterraps in Franken

Anbaupause (Jahre)	2009	2010	2011	2012
Anbaugbiet: Fränkische Platten, Jura				
1	2,8	3,3	4,5	3,2
2	29,3	30,7	35,5	35,4
3	19,6	22	23,3	27,7
mind. 4	48,2	44,1	36,8	33,7
Analyseumfang (in ha)	44 451	39 240	29 175	33 515
% - Anteil	51	51	47	50

Dass das Auftreten der Pilzkrankheiten wie *sclerotinia sclerotiorum*, *Kohlhernie* und *Phoma lingam* durch diesen engen Fruchtfolgeabstand gefördert wird, ist allen Fachleuten klar. Auch

die Resistenzproblematik bei Insektiziden, sehr massiv in Nord- und Ostdeutschland, dürfte zum Großteil auf diesen engen Fruchtfolgeabstand zurück zu führen sein. Die Ertragseffekte eines starken Phomabefalles konnten am LSV Standort Oberhummel in den Jahren 2002, 2003 und 2012 eindrucksvoll aufgezeigt werden, als in der unbehandelten Stufe 1 monetäre Verluste von 150.- bis 250 €/ha hingenommen werden mussten. Steht aus wirtschaftlichen Gründen der Raps dennoch enger als alle vier Jahre auf demselben Feld, sollte wenigstens die Sortenresistenz bei diesem gefährlichen Pilz genutzt werden, die bei den empfohlenen Sorten ohne Zusatzkosten verfügbar ist. Auch wenn bei Kohlherniebefall der Rapsanbau mit neuen resistenten und leistungsfähigen Sorten beibehalten werden kann, sollte der Fruchtfolgeanteil nicht überzogen werden, um die wertvolle Resistenz nicht durch Anpassung des Erregers mit anfälligen Rassen in kurzer Zeit zu gefährden.

3.2 Beispiel Winterweizen

Als zweite Fruchtart soll der Anteil des Winterweizens in der Fruchtfolge in dieser Auswertung betrachtet werden. Auch hier gibt die Zahl der Anbaupausen an, in welcher zeitlichen Abfolge der Winterweizen auf demselben Feld angebaut wurde. Da auf einem Feld die angebauten Kulturen vier Jahre rückverfolgt werden mussten, um eine mehrjährige Fruchtfolge abfragen zu können, kann erstmals für das Jahr 2009 und die folgenden Jahre ein Fruchtfolgeablauf angegeben werden. Danach wiesen nur rund 25 % der Weizenfläche den als Richtwert genannten Anteil von 33 % an der Ackerfläche auf. Im bayerischen Mittel standen in den Jahren 2009 bis 2012 10,3 % bis 12,5 % der Weizenfläche ohne Anbauabstand, sprich es folgte Weizen auf Weizen, der als sogenannter „Stoppelweizen“ bekannt ist. Betrachten wir wieder, wie bei Winterraps die fränkischen Anbauverhältnisse, so sehen wir, dass auf den fränkischen Platten sogar 25 bis 27 Prozent des Weizens in diesem Auswertungszeitraum als „Stoppelweizen“ angebaut wurde; siehe Tabelle 3.

Tab. 3: Anbaupausen von Winterweizen in Bayern bzw. auf den fränkischen Platten

Anbaupause (Jahre)	2009	2010	2011	2012
0 = Stoppelweizen	11,6	12,4	12,5	10,3
1	30,7	33,8	35,7	37,1
2	30,7	29,2	29,6	30,7
3	10,1	9,9	9	9,7
mind. 4	16,9	14,8	13,2	12,2
Anbaupausen von Winterweizen (%) auf den fränkischen Platten				
0 = Stoppelweizen	25,5	25,0	27,3	25,1
1	25,2	28,9	29,5	31,8
2	25,7	24,8	24	23,2
3	9,2	9,1	7,9	8,9
mind. 4	14,4	12,2	11,3	11,0

In einer neueren Literaturquelle von Schneider (2005) wird angegeben, dass unter kontinentalen Klimabedingungen und hitzebedingter Notreife bei „Stoppelweizen“ Ertragsverluste bis zu 26 Prozent ermittelt worden sind. Hauptverantwortlich dafür war das Auftreten von Halnbruch und Schwarzbeinigkeit. Anders betrachtet, geben ältere Literaturquellen bis heute Mehrerträge von weit über 10 dt/ha an, wenn Weizen nach Raps folgt, da hier die Infektionsketten mit den genannten Erregern unterbrochen werden, und der Raps eine hervorragende Bodengare hinter-

lässt. Ein von der UFOP gefördertes Versuchsprogramm in den Jahren 2003 bis 2005 zeigte, dass diese Fruchtfolgeeffekte entscheidend von Boden- und Klimabedingungen abhängen können. Waren die Ertragsverluste des Stoppelweizens auf günstigen Parabraunerden in Soest bei über 800 mm Niederschlägen nicht nennenswert, lagen diese auf sandigen Böden Mecklenburg Vorpommerns mit knapper Wasserversorgung oder hitzebedingter Abreife in Oberbayern bei rund 25 Prozent.

4 Auswirkungen der Veränderungen

Neben der Krankheitsgefährdung durch Pilze bei zu engem Fruchtfolgeabstand kann sich die Vorfrucht auch durch verfügbare Zeit zwischen Ernte und Saat auf die Leistungsfähigkeit des Weizens auswirken. Wie die InVeKos-Auswertung zeigt, hat sich der Anteil von Mais vor Weizen von 2006 mit 44 Prozent bis 2012 auf 54,3 Prozent um über 10 % erhöht. Anders ausgedrückt heißt das, dass in Bayern mittlerweile mehr als jeder zweite Weizenschlag nach Mais steht. Ist nach Silo- bzw. Biogasmais die Bodenstruktur durch die schweren Erntemaschinen und Abfuhrwägen vielfach in Mitleidenschaft gezogen, müssen nach Körnermais große Mengen Maisstroh eingearbeitet werden. Des Weiteren zieht sich die Saat nicht selten in den November hinein. Eine optimale Vorwinterentwicklung ist dann häufig nicht mehr möglich. In beiden Fällen ist es schwierig, auf schweren Böden des Tertiären Hügellandes für den Weizen ein optimales Saatbeet zu bereiten. Zudem ist häufig zu beobachten, dass nach einer „rauen Pflugfurche“ mit einer Kreiselegge-Säkombination in einem Arbeitsgang der Weizen in den Boden gebracht wird und das Saatbeet oft zu grobschollig ist. Dies dürfte auch mit ein Grund sein, warum die Weizenerträge in der Praxis in den letzten zwei Jahrzehnten teilweise stagnierten. Bei zu späten Säterminen und ungünstigen Auflaufbedingungen kann der züchterische Fortschritt, der 2008 von Dr. Hartl bei dieser Veranstaltung nach wie vor mit circa 0,5 dt pro ha und Jahr errechnet wurde, nicht entsprechend der Praxis umgesetzt wird.

4.1 Förderung und Fachrecht

Dass die Fruchtfolgen in den letzten Jahrzehnten nicht mehr nach pflanzenbaulichen Gesichtspunkten optimal gestaltet worden sind, ist auch der Politik nicht entgangen. So ist der Erhalt der landwirtschaftlichen Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand Bestandteil der bisherigen Cross Compliance Regelungen.

Um nachzuweisen, dass durch die Bewirtschaftung die organische Substanz im Boden erhalten und die Bodenstruktur geschützt wird, kann der landwirtschaftliche Betrieb unter folgenden Möglichkeiten wählen:

- Ausschließlicher Anbau von humusmehrenden Kulturen
- Erstellen einer Humusbilanz
- Durchführen einer Bodenhumusuntersuchung
- Anbauverhältnis mit mindestens drei Kulturen jährlich
- Flächentausch mit anderen Betrieben (unter bestimmten Voraussetzungen)

Als Beispiel sei hier der Grenzwert für die Humusbilanz genannt, die mit heute häufig vorkommenden „engen Fruchtfolgen“ nicht eingehalten wird.

4.2 Greening

Ab 2105 werden von der Agrarpolitik zusätzliche Einschränkungen hinsichtlich der Fruchtfolge eingeführt. Zum vollen Erhalt der Basisprämie müssen über das sogenannte „Greening“ Betriebe

- mit mehr als 30 ha Ackerland mindestens 3 Kulturarten anbauen, wobei die Hauptfrucht maximal 75 % der Fläche umfassen darf
- zusätzlich müssen 5 % ökologische Vorrangflächen nachgewiesen werden

Mit einem Anrechnungsfaktor von 0,7 kann mit dem hauptfruchtmäßigen Anbau von Stickstoff sammelnden Kulturen wie z.B. Ackerbohnen, Erbsen oder Sojabohnen diese Forderung erfüllt werden. Dies dürfte dem Leguminosenanbau zukünftig einen Schub geben, und so zu einer Auflockerung vieler enger Fruchtfolgen beitragen.

5 Spezialfall Energieproduktion

Mit Blick auf diese kommenden Anforderungen der politischen Rahmenbedingungen gewinnen besonders in der Mais dominierten Produktion von Biogassubstraten alternative Energiepflanzen in ertragreichen und effizienten Anbausysteme an Bedeutung.

Seit vielen Jahren führt die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Versuche zur Substratgewinnung für Biogas durch. Anbaufolgen mit Mais, Getreide-Ganzpflanzensilagen (GPS), sowie Futterpflanzen und verschiedene Gräser wurden auf ihre Ertragsleistung hin untersucht. Die Versuche zeigten keine nennenswerten Ertragsvorteile aller alternativen Kulturen und Anbausysteme gegenüber Mais in Hauptfruchtstellung. Hohe Erträge wurden immer in Kombinationen mit Mais erwirtschaftet (Abb. 2). Anbausysteme mit zwei Kulturen realisierten zwar Erträge auf dem Niveau von Mais, gestalten sich aber arbeitsintensiv und setzen zudem eine hohe Standortgüte voraus, bieten dafür aber eine Reihe von pflanzenbaulichen Vorteilen.

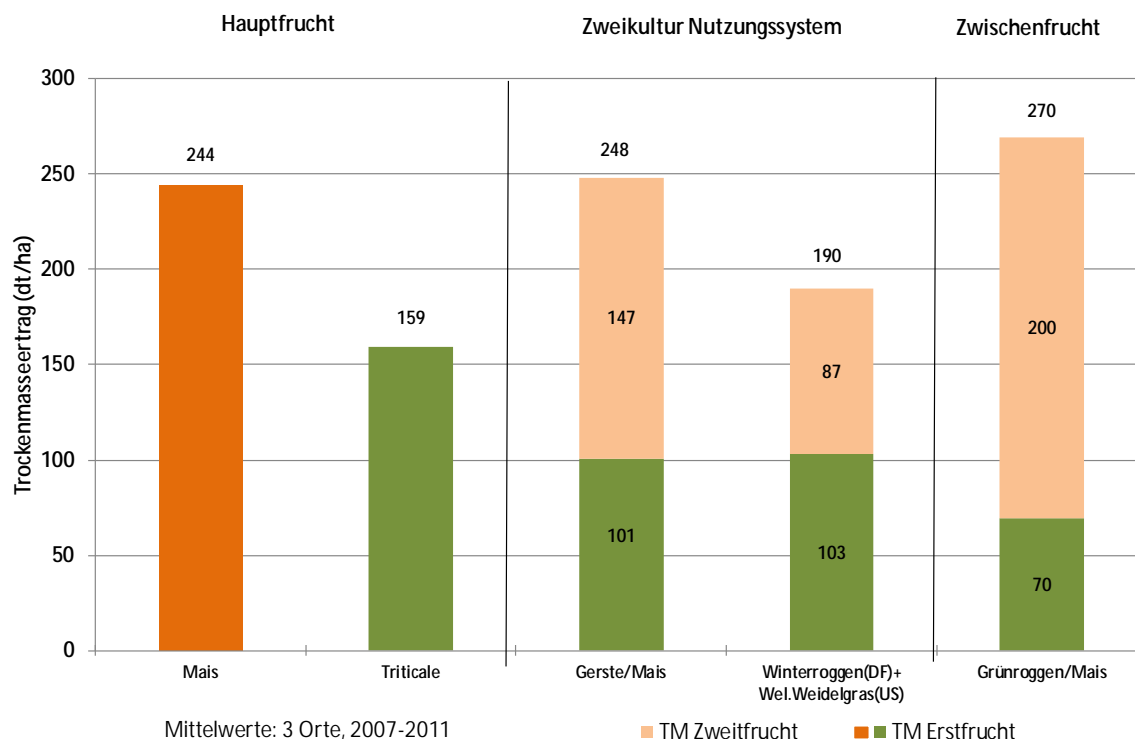


Abb. 2: Trockenmasseerträge verschiedener Anbausysteme im Vergleich zum Mais

Einige Verfahren zeigten eine starke Standortabhängigkeit. Getreide mit Nutzung als Ganzpflanzensilage (GPS), in das eine Weidelgrasuntersaat eingesät wurde, stellte sich insbesondere auf Standorten mit guter Wasserversorgung als ertragsreiches Anbausystem dar. Auf günstigen

Standorten kann mit diesem Anbausystem 90% der Maiserträge erreicht werden, noch vorteilhafter zeigte sich das System in schlechten Maisjahren.

Die gleichzeitige Aufnahme von Getreide und Weidelgras in die Fruchtfolge lockert diese nicht nur auf, sondern trägt auch, vornehmlich durch die humusmehrende Eigenschaft des Weidelgras, zur Bodenfruchtbarkeit bei. Die ganzjährige Bodenbedeckung bietet Schutz vor Bodenabtrag und Nährstoffauswaschung. Über das Jahr verteilt ist eine mehrmalige bedarfsgerechte Gärrestaubsbringung möglich, was mit Blick auf die kommende Düngerverordnung nicht zu vernachlässigen ist. Nach derzeitigem Wissensstand kann die Weidelgras-Untersaat als Zwischenfrucht mit dem Faktor 0,3 als ökologische Vorrangfläche angerechnet werden, die endgültigen Regelungen stehen aber noch aus.

Tab.4 zeigt eine Bewertung von Biogas Fruchtfolgen, die im Rahmen des Biogas Forum Bayern veröffentlicht wurde. Der Humusbilanz liegt eine CC relevante Methode zugrunde. Mais präsentiert sich mit höchsten Erträgen als attraktive Frucht, deren Humusbilanz aber selbst bei vollständiger Gärrestrückführung im negativen Bereich liegt. Auch die Aufnahme der Winterzwischenfrucht Grünroggen kann daran nichts ändern. Durch die Aufnahme von Getreide und Weidelgras in die Fruchtfolge sinkt zwar der Trockenmasse- und Methanertrag, wohingegen die Humusbilanz, bedingt durch die starke positive Humuswirkung des Weidelgrases, sich in einem positiven Bereich zeigt. Ein zweites Hauptnutzungsjahr des Ackergrases lässt diesen Effekt noch stärker ausfallen.

Tab. 4: Überblick über Trockenmasse-Ertrag, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz in Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Maisanteilen (leicht verändert nach [4])

Fruchtfolge		Biomasse-	Methan-	Gärres-	Humus-
		Ertrag (dt TM/ha)	Ertrag (m ³ /ha)	tanfall (m ³ /ha)	bilanz (HÄ)
1. Jahr	Silomais (100%)	180	4940	55	
pro Jahr über FF		180	4940	55	-310
1. Jahr	Grünroggen GPS	55	1350	20	
	Silomais (100%) nach Frühjahrsernte	160	4390	49	
pro Jahr über FF		215	5740	69	-300
1. Jahr	Silomais (50 %)	180	4940	55	
2. Jahr	Wintergetreide GPS mittel Zwischenfrucht	110	2930	48	
pro Jahr über FF		145	3935	52	30
1. Jahr	Silomais (50%)	180	4940	55	
2. Jahr	Deckfrucht Getreide-GPS Untersaat Weidelgras	80 60	2130 1470	35 24	
pro Jahr über FF		160	4270	57	90
1. Jahr	Silomais (33%)	180	4940	55	
2. Jahr	Deckfrucht Getreide-GPS Untersaat Weidelgras	80 60	2130 1470	35 24	
3. Jahr	Feldfutter	130	3180	42	
pro Jahr über FF		150	3907	55	450

Unter Berücksichtigung der Bodenfruchtbarkeit und der Anforderungen der politischen Rahmenbedingungen sollte bei der Gestaltung von Biogasfruchtfolgen die Aufnahme von alternativen Energiepflanzen Beachtung finden. Getreide und Gräser, die bereits zu den zweit- und dritthäufigsten eingesetzten Biogassubstraten gehören, bieten sich hier besonders an.

6 Literaturverzeichnis

- [1] LBP Freising München Bodenfruchtbarkeit erhalten durch vielseitige Fruchtfolgen, ISSN 0932-5158 4. Aufl. 10/91
- [2] A. Aigner (1994): Der Ölsaatenanbau in Bayern, Schule und Beratung 7/95
- [3] Stefan Schönleben (2014): Analyse der Flächenentwicklung, Anbaustrukturen und Fruchtfolgen konventionell wirtschaftender Betriebe in Bayern auf Basis agrarstatistischer Daten, Lehrstuhl für ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme
- [4] Bayern Biogas Forum (2013): Bewertung von Fruchtfolgen für die Biogaserzeugung in Bayern

Bodenfruchtbarkeit sichern - Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Gärresten

Dr. Matthias Wendland

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Zusammenfassung

Bodenfruchtbarkeit aus der Sicht der Pflanzenernährung bedeutet eine ausreichende Nährstoffversorgung für wirtschaftliche Höchstträge und die Vermeidung von Überversorgung mit ökologisch negativen Auswirkungen.

Voraussetzungen dafür sind eine an die Fläche angepasste Tierhaltung, die Einhaltung von Nährstoffkreisläufen und eine am Bedarf orientierte Düngeplanung.

Es gibt Indizien dafür, dass in Regionen mit intensiver Tierhaltung und Biogasproduktion sehr hohe Nährstoffmengen anfallen. In Bayern überschreiten bei näherer Betrachtung einige Regionen der N-Obergrenze von 170 kg/ha aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft. Dies gilt vor allem für Regionen mit intensiver Rinderhaltung. Bei Schweinen ist zu berücksichtigen, dass gerade in intensiven Gebieten eine gewisse Anzahl von Tieren nicht über den Mehrfachantrag erfasst ist. Summiert man den Nährstoffanfall aller Tierarten auf und bezieht auch die Nährstoffe der pflanzlichen Biogasgärreste mit ein, fallen in einigen Gemeinden mehr als 200 kg N an. Ein sinnvoller Nährstoffexport aus diesen Gebieten ist im Sinne einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit notwendig. Zahlen für einen maximal möglichen Viehbesatz werden dargestellt.

In intensiven Biogasbetrieben ist auf die Einhaltung eines ausgewogenen Nährstoffkreislaufes zu achten. Das gilt besonders beim Zukauf von Substraten für die Anlage, auch unter dem Aspekt, dass ein gewisser Anteil des Nährstoffbedarfs durch Mineraldünger gedeckt werden sollte.

Wesentliche Voraussetzung ist eine Düngeplanung, die sich am Bedarf orientiert und die Nährstofflieferung der organischen Dünger realistisch berücksichtigt.

Erträge steigern mit Hybridsorten?

Ulrike Nickl, Dr. Lorenz Hartl, Dr. Markus Herz

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Zusammenfassung

Nach dem weltweiten Siegeszug der Maishybriden gelang es auch bei dem Fremdbefruchter Roggen Mitte der 1980er Jahre die erste Hybridsorte in Deutschland auf den Markt zu bringen. Mittlerweile nehmen Hybriden rund 2/3 der Roggenanbaufläche ein. In den bayerischen Landessortenversuchen (LSV) bringen Roggenhybride im Schnitt 18 % höhere Erträge als Populationssorten. Auch unter Einbeziehung der etwa doppelt so hohen Kosten für das Hybridsaatgut ist ihr Anbau meist lohnend. Derzeit wird intensiv an Weizen- und Gerstenhybriden gearbeitet. Die Erträge der Hybridsorten bei Wintergerste (alle mehrzeilig) liegen im Moment etwa im Bereich der besten Liniensorten. Aufgrund des teureren Saatguts sind sie in den bayerischen LSV den besseren Liniensorten in der Wirtschaftlichkeit unterlegen. Es bleibt abzuwarten, ob die in den nächsten Jahren zur Zulassung anstehenden Hybriden sich im Ertrag deutlicher abheben können. 2013 wurde weniger als 10 % der Wintergerstenfläche mit Hybriden bestellt. Von Weizenhybriden liegen derzeit nur wenige offizielle Sortenergebnisse vor. Neueste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Hybriden bei Weizen ein hohes Ertragspotential haben. Gelingt es ertragsstarke Hybriden herzustellen und die derzeit noch vorhandenen Probleme bei der Saatguterzeugung in den Griff zu bekommen, werden auch Hybriden bei Weizen ihren Weg in die Praxis finden.

1 Einleitung

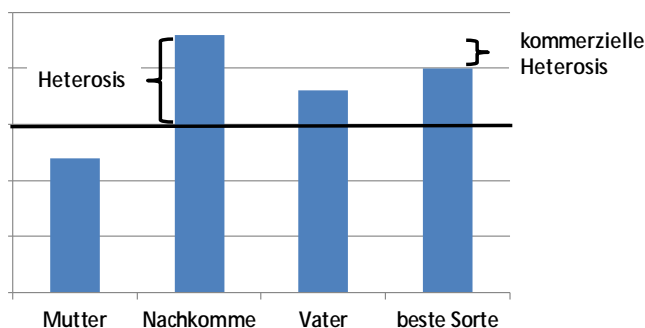
Bei zahlreichen landwirtschaftlichen Kulturen wie Mais, Zuckerrübe und Sonnenblume haben sich Hybridsorten vor allem aufgrund ihrer Ertragsüberlegenheit durchgesetzt. Auch im Gemüsebau dominieren z.B. bei Blumenkohl, Brokkoli, Möhre oder Tomate Hybridsorten, da sie neben hohen Erträgen auch sehr einheitliche Produkte liefern. Bei den Selbstbefruchtern Weizen und Gerste herrschen hingegen noch die klassischen Liniensorten vor. Unter anderem aufgrund des Fehlens eines effektiven, zuverlässigen und kostengünstigen Verfahrens zur Herstellung ausreichender Mengen an Hybridsaatgut spielt der Hybridweizenanbau derzeit nur eine sehr untergeordnete Rolle. Ob und in welcher Größenordnung sich die Erträge von Gerste-, Roggen- und Weizenhybridsorten von denen der Linien- bzw. Populationssorten unterscheiden, wird im Folgenden dargestellt.

2 Einige Besonderheiten von Hybriden

Eine Hybride im biologischen Sinne ist ein Individuum, das durch kontrollierte Kreuzung von Erbkomponenten entstanden ist. In der Getreidezüchtung werden zur Erstellung von Einfachhybriden zwei unterschiedliche Inzuchtlinien gezielt miteinander gekreuzt.

Ausgangspunkt bei der Hybridzüchtung sind Inzuchtlinien, die bei Fremdbefruchtern wie Roggen oder Mais erst erstellt und auf Eigenleistung selektiert werden müssen. Anschließend werden mit den verschiedenen Inzuchtlinien Testkreuzungen zur Bestimmung der Kombinations-eignung durchgeführt. Die geeignetsten davon dienen später als Eltern der Hybriden.

Die durch gezielte Kreuzung entstanden Hybriden liegen im Ertrag häufig über dem Ertragsmittel der Eltern. Diese Mehrleistung, die in dem hohen Ausmaß nur bei den direkten Nachkommen (F1) auftritt, nennt man **Heterosis**. Der Heterosiseffekt ist hauptverantwortlich für den Siegeszug der Hybriden bei vielen landwirtschaftlichen Kulturarten.



Heterosis: Mehrleistung der Nachkommen gegenüber der durchschnittlichen Leistung der Eltern

Abb. 1: Schema zur Darstellung des Heterosiseffekts

Hybriden gelten auch als **wüchsiger** und **stressresistenter**. Eine weitere Besonderheit ist, dass der Nachbau von Hybridsaatgut verboten und aus pflanzenbaulicher Sicht i. d. R. nicht sinnvoll ist. Werden Hybriden trotzdem nachgebaut, erhält man einen uneinheitlichen Pflanzenbestand, der meist geringere Erträge bringt. Die verschiedenen Erbeigenschaften „spalten auf“. Dieser **eingebaute Sortenschutz** macht die Hybridzüchtung für Züchter besonders interessant.

Aufgrund der einheitlichen Genetik der Hybriden sind **Hybridbestände** bei Fremdbefruchtern (Roggen, Mais) **homogener** als Bestände von Populationssorten. Bei letztgenanntem Sortentyp bilden die Pflanzen einer Sorte eine Fortpflanzungsgemeinschaft, in der die einzelnen Pflanzen etwas verschieden voneinander sind und sich in jeder Generation gegenseitig bestäuben.

3 Erzeugung von Hybridsaatgut bei Getreide

Soll Hybridsaatgut erzeugt werden, muss sichergestellt sein, dass eine Selbstbefruchtung der Mutterlinie zuverlässig verhindert wird und eine gezielte Fremdbefruchtung erfolgt. Die Selbstung kann entweder auf mechanischem, chemischem oder genetischem Weg unterbunden werden.

Die **mechanische Kastration** der Mutterlinie ist z. B. bei Mais leicht durch Entfahnen möglich. Bei Weizen, Gerste und Triticale wird eine manuelle Kastration durch Entfernen der Staubbeutel lediglich für Züchtungszwecke durchgeführt. Für die Erzeugung größerer Saatumengen ist das Verfahren viel zu aufwändig.

Bei Roggen, Gerste und etlichen weiteren Pflanzenarten arbeitet man daher mit **CMS-Systemen** (cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität), die zu Pollensterilität führen. Die CMS beruht auf einem Zusammenspiel von Genen des Cytoplasmas und des Zellkerns. Das System dient dazu, die Selbstbefruchtung der Mutterpflanzen zu verhindern. Zur Erzeugung von Getreidesaatgut muss die Mutterlinie deshalb von einem Vater (Restorer) bestäubt werden, der dominante Gene im Zellkern enthält, die die Fertilität der Pollen bei den Nachkommen wieder herstellen. Dies ist nötig, denn nur so können die aus dem Z-Saatgut erwachsenden Pflanzen sich selbst bzw. gegenseitig bestäuben und Körner ausbilden.

Eine weitere Möglichkeit Selbstbefruchtung zu verhindern, ist der Einsatz von Chemikalien, die Pollensterilität hervorrufen (**Gametozyde**). Zurzeit ist nur ein Mittel in Frankreich zugelass-

sen. Die Zulassung in Deutschland wird angestrebt. Bei Weizen wird im Moment fast ausschließlich dieses Verfahren angewandt.

Des Weiteren wird mit Hilfe **gentechnischer Verfahren** an neuen Hybridsystemen gearbeitet.

Zur Erzeugung von Hybridsaatgut ist eine gezielte Kreuzung der beiden Elternlinien nötig. Das dabei gewonnene Saatgut muss zu mindestens 90 % aus dieser Kreuzung stammen. Hybridweizensaatgut wird im Streifenanbau produziert, d. h. Vater und Mutter werden in Streifen nebeneinander angebaut (Abb. 2). Das Saatgut wächst auf den pollensterilen Mutterpflanzen heran, die von den benachbart stehenden Vätern bestäubt wurden. Da die Saatgutproduktion von Hybriden, vor allem bei Weizen, aufwändiger ist als bei den althergebrachten Zuchtmethoden spiegelt sich das im Preis des Hybridsaatguts wider.

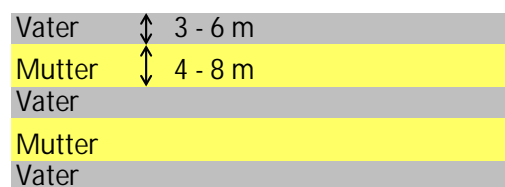


Abb. 2: Schema Saatgutproduktion von Hybridweizen im Streifenanbau

4 Lohnt der Anbau von Hybridsorten bei Getreide?

4.1 Roggen

Seit Mitte der 1980er Jahre sind in Deutschland Hybridsorten auf dem Markt. Bei den ersten Hybriden führte eine unvollständige Wiederherstellung der Pollenfruchtbarkeit zu Befruchtungsproblemen und zu einem erhöhten Mutterkornbefall. Auch heute gibt es noch für Mutterkorn anfälligere Hybridsorten, daneben sind aber auch seit Jahren gut resistente Hybriden im Handel erhältlich.

Der Roggenanbau wird mittlerweile von Hybriden dominiert. Sie werden auf rund 2/3 der Roggenfläche angebaut. Auch konzentriert sich die Züchtung auf diesen Sortentyp. Ertraglich sind Hybriden den Populationssorten überlegen. In den bayerischen LSV wiesen sie im Fünfjahresmittel einen um 18 % (14 dt/ha) höheren Ertrag auf als die Populationssorten.

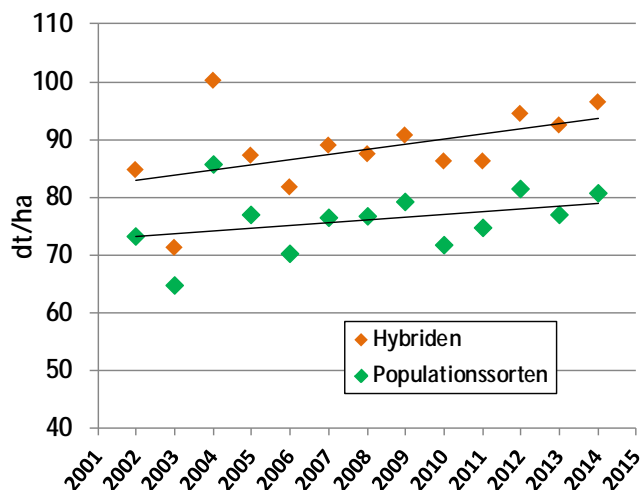


Abb. 3: Ertrag von Hybrid- und Populationssorten im Bayerischen LSV; 6 Orte pro Jahr

Unterstellt man eine Saatstärke bei Hybriden von 220 Kö./m² und einen Saatgutpreis von 59 €/Einheit ergeben sich Saatgutkosten von rund 130 €/ha (aktuelle Saatgutpreise wurden von IAB zur Verfügung gestellt). Z-Saatgut von Populationssorten kostet dagegen nur 58 €/ha (Saatstärke 260 Kö./m²). Bei einem Roggenpreis von 15 €/dt lohnt der Hybridanbau, wenn mit Hybriden mindestens 4,8 dt/ha mehr gedroschen werden. Steigt der Marktpreis auf 20 €/dt (bzw. sinkt er auf 10 €/dt) sollte der Mehrertrag mindestens 3,6 dt/ha (bzw. 7,2 dt/ha) betragen.

Ob sich für den Einzelnen der Hybridanbau lohnt, kann unter Verwendung der tatsächlichen bzw. erwarteten Preise, Kosten und Erträge abgeschätzt werden. In den letzten Jahren war der Anbau von Hybridroggen, trotz der höheren Saatgutkosten, in der Praxis meist wirtschaftlich.

4.2 Mehrzeilige Wintergerste

In Deutschland wurde die erste Hybridgerste 2008 zugelassen. Mittlerweile können Landwirte aus einigen mehrzeiligen Hybridsorten auswählen, vorausgesetzt ausreichend Saatgut ist vorhanden. Die Hybriden, die alle aus einem Züchterhaus stammen, wurden deutschlandweit in den LSV geprüft. Auf Wunsch des Züchters wurde die Saatstärke in den Versuchen um 25 % gegenüber den Liniensorten reduziert.

Es zeigte sich deutschlandweit, dass die Hybriden meist überdurchschnittliche Erträge lieferten. Die besten mehrzeiligen Liniensorten konnten jedoch häufig nicht übertroffen werden (Tab. 1).

Tab. 1: Bayerische LSV-Ergebnisse (relativ) von mehrzeiliger Wintergerste, 2010-2014; Mittel aus extensiver (St. 1) u. intensiver (St. 2) Behandlungsstufe, Hybriden sind rot dargestellt

Sorte	Zul.-jahr	Tertiärhügel-land / Gäu	Jura / Hügelland	Fränkische Platten
		mehrfährig	mehrfährig	mehrfährig
abschließende Bewertung				
Lomerit	2001	95	94	92
KWS Meridian	2011	103	100	100
KWS Tenor	2011	99	101	101
SY Leoo	2012	102	102	101
Galation EU	-	101	101	102
KWS Tonic	2013	104	105	105
vorläufige Bewertung				
Wootan	2014	102	102	102
SU Ellen	2014	106	108	109
Quadriga	2014	97	102	103
Mittelwert dt/ha		85,9	86,6	79,1

Weisen Hybriden bei einer hybridoptimierten Stickstoffdüngung oder bei späten Saatterminen Vorteile auf?

Um das Ertragspotential der Hybriden voll ausschöpfen zu können, wird vom Züchter eine hybridoptimierte N-Düngung empfohlen. Aufgrund der ihnen nachgesagten höheren Vitalität sollen Hybridgersten auch Vorteile bei später Aussaat haben. Da beides im normalen LSV nicht geprüft werden kann, wurde 2012 und 2013 ein N-Düngungsversuch mit zwei Liniensorten (KWS Meridian, Souleyka) und zwei Hybridsorten (Hobbit, SY Leoo) angelegt. Alle Versuchsglieder wurden sowohl zur normalen Zeit (nicht an allen Orten) als auch verspätet (mindestens zwei Wochen später) ausgesät.

Tab. 2: Versuchsplan (Spätsaat); L: Liniensorte H: Hybridsorte

Variante	Sorte	Sortentyp	Saatstärke	N-Verteilung
1	KWS Meridian	L	normal	DSN
2	Souleyka	L	normal	DSN
3	KWS Meridian	L	normal	hybridoptimiert
4	Souleyka	L	normal	hybridoptimiert
5	SY Leoo	H	- 30%	DSN
6	Hobbit	H	- 30%	DSN
7	SY Leoo	H	- 30%	hybridoptimiert
8	Hobbit	H	- 30%	hybridoptimiert

Wie auch in den LSV wurde die Saatstärke bei Hybriden reduziert (-30%). Der Versuch enthielt zwei N-Düngungsvarianten, wobei die gedüngte Gesamt-N-Menge bei beiden Varianten identisch war, die Höhe der einzelnen Gaben sich jedoch unterschied. Neben der N-Düngung nach DSN (Düngeberatungssystem Stickstoff) wurde auch eine hybridoptimierte N-Düngung, die in Abstimmung mit dem Hybridgerstenzüchter erstellt wurde, getestet (Tab. 3).

Tab. 3: Stickstoffverteilung im Versuch (gilt nicht für alle Standorte)

N-Verteilung	N-Dünger gesamt (kg N/ha)	Pflanzenentwicklung Veg.-beginn	1. N-Gabe zeitiges Frühjahr	2. BBCH 30/31	3. BBCH 37
--------------	---------------------------	---------------------------------	-----------------------------	---------------	------------

DSN (kg N/ha)	230 - Nmin		110 – Nmin Min.: 40 kg N/ha Max.: 70 kg N/ha	50 Unter-/Überhänge aus 1. Gabe bei 2. Gabe berücksichtigt.	70
hybrid- optimiert	230 - Nmin	≤ 5 Triebe	35 %*	25 %*	40 %*
		> 5 Triebe	20 %*	40 %*	40 %*

* % der N-Mineraldüngermenge

Die Hybridgersten Hobbit und SY Leoo konnten in beiden Jahren unabhängig vom N- Düngungsregime und der Saatzeit, im Ertrag nicht überzeugen. Die Erträge lagen im Mittel deutlich unter denen der Liniensorte KWS Meridian (Abb. 4).

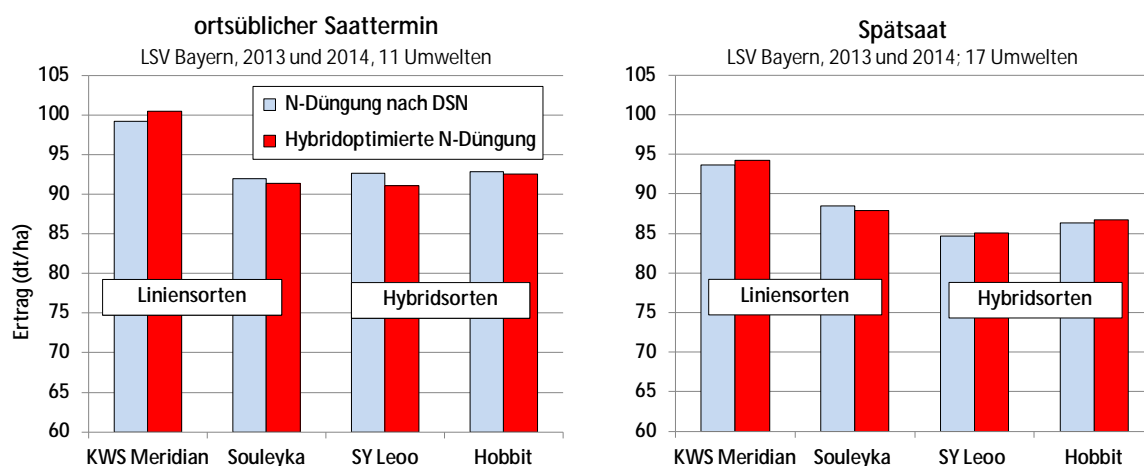


Abb. 4: Ertrag von Hybrid- und Liniensorten (mehrzeilige Wintergerste) bei zwei verschiedenen N-Düngungsvarianten; links: normaler Saattermin, rechts: Spätsaat

Die beiden N-Düngungsvarianten, die sich an einigen Versuchsorten kaum unterschieden, wirkten sich nicht signifikant auf den Ertrag aus. Weiterhin war nicht zu erkennen, dass die Hybridgersten auf die hybridoptimierte N-Düngung positiv reagierten. Ein dreijähriger N-Düngungsversuch, durchgeführt vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (Baden-Württemberg) konnte auch keinen Vorteil einer hybridoptimierten N-Düngung bei Hybriden (Hobbit, Yoole, Zzoom,) feststellen.

An 11 Umwelten wurde der Versuch sowohl zur ortsüblichen Zeit als auch verspätet (etwa 14 Tage später) gesät. Die Ertragseinbußen durch die Saatzeitverzögerung betragen im Versuchsmittel 4 dt/ha (5 %), wobei die Hybriden mit Mindererträgen von 6 dt/ha eher negativer auf eine verspätete Saat reagierten als die Liniensorten mit – 3 dt/ha.

In Bayern wurde bis jetzt noch keine Hybridgerste in die staatliche Sortenempfehlung aufgenommen. Die Hybriden zeigten zwar meist überdurchschnittliche Leistungen, aufgrund des teureren Saatguts war in den Versuchen der Anbau von ertragsstarken Liniensorten jedoch wirtschaftlicher. Auch durch eine hybridoptimierte N-Düngung konnte kein positiver Ertrags-effekte beobachtet werden, und auch bei Spätsaat wiesen die getesteten Hybriden keine Vorteile auf.

Es bleibt abzuwarten, ob die in den nächsten Jahren zur Zulassung anstehenden Hybriden sich im Ertrag deutlicher von den Liniensorten abheben können.

4.3 Winterweizen

Im Jahr 2013 wurden auf rund 9000 ha in Deutschland Hybridweizen angebaut [1]. Mit einem Anteil von rund 0,3 % an der Weizenfläche spielen Hybriden somit nur eine sehr untergeordnete Rolle. Derzeit wird von mehreren Firmen intensiv an Weizenhybriden gearbeitet. Bis jetzt ist es aber noch nicht gelungen ein effektives, kostengünstiges und zuverlässiges Verfahren zur Herstellung von Hybridsaatgut zu etablieren. Im Moment kostet Hybridsaatgut deutlich mehr als Liniensaatgut. Da in den bayerischen LSV seit längerer Zeit keine Weizenhybriden mehr geprüft wurden, sind in Tabelle 4 nur Ergebnisse aus anderen Bundesländern dargestellt. Aktuelle und mehrortige Versuche wurden lediglich für die früh abreifenden Sorten Hystar und Hylux gefunden.

Tab. 4: Erträge (relativ) von Hybridsorten (rot) in verschiedenen LSV bzw. EU-Versuchen, Saatstärke bei Hybriden teilweise bis 50 % reduziert; *züchtereigene Qualitätseinstufung

Frühes Sortiment Hessen, 2011-2013			Stoppelweizen Hessen, 2012-2014		Frühes Sortiment NRW, Lehmstandorte, 2010-2012				EU-Sortenversuch 2013			
	St. 1	St. 2				2010	2011	2012		St. 1	St. 2	
Hystar (B)*	102	102	Hystar (B)*	100	Hystar (B)*	105	101	92	Hylux (B)*	104	106	} frühe Reife
JB Asano (A)	107	107	JB Asano (A)	101	JB Asano (A)	106	103	109	Armada (B)*	110	103	
Kerubino (E)	104	103	Kerubino (E)	102	Kerubino (E)	106	101	115	JB Asano (A)	72	99	
Cubus (A)	101	102	Colonia (B)	98	Cubus (A)	106	104	112	Colonia (B)	118	100	
			Tobak (B)	112					Elixer (C)	117	104	

In den hier abgebildeten Versuchen konnte sich Hystar ertraglich nicht positiv hervorheben. Aufgrund des teuren Saatguts fällt die Hybride, trotz reduzierter Saatstärke, in den Versuchen in der Wirtschaftlichkeit hinter die Liniensorten zurück.

Aus kürzlich veröffentlichten Forschungsergebnissen geht hervor, dass aus Testkreuzungen Hybriden entstanden, die Mehrerträge von bis zu 10 dt/ha gegenüber den besten Liniensorten gleicher Qualitätseinstufung aufwiesen [2]. Falls es gelingt ertragsstarke Hybridsorten zu entwickeln, sowie die Saatgutproduktion zuverlässiger und kostengünstiger zu machen, ist davon auszugehen, dass Hybriden in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Frauen, Martin: Ertragssichere und leistungsstarke Sorten für die Praxis – aktuelle und künftige Schwerpunkte in der SAATEN-UNION Züchtung
- [2] Longin, Friedrich: Neues aus der Hybridzüchtung bei Weizen, Getreidemagazin 5/2014

LfL-Düngeprogramm

Konrad Offenberger, Dr. Matthias Wendland

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Zusammenfassung

Die bisherigen Düngeprogramme entsprachen nur bei DSN den modernen und fachlichen Ansprüchen. Nachdem die Novellierung der Düngeverordnung für jeden Landwirt und jeden Schlag bzw. Bewirtschaftungseinheit schriftliche Düngebedarfsermittlungen vorsieht, ist es dringend notwendig, der Praxis ein adäquates Programm zur Verfügung zu stellen. Das geplante Internetprogramm ermöglicht den Landwirten mit geringem Zeitaufwand jährliche Planungen zu erstellen. Dabei werden bei der Grunddüngung neue Berechnungsmethoden für die Empfehlungen verwendet.

1 Einleitung

Eine optimale Nährstoffversorgung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ist für hohe Erträge und eine gute Bodenfruchtbarkeit wichtig. Ein Zuviel kann die Umwelt belasten, ein Zuwenig gefährdet die Wirtschaftlichkeit. Eine betriebswirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Düngung stellt hohe Ansprüche an den Landwirt, da sie durch viele Einflussfaktoren wie z. B. Nährstoffbedarf in Abhängigkeit von Pflanzenwachstum, Fruchtart, Vorfrucht, Boden, organischer Düngung und Witterung beeinflusst wird. Diese Faktoren sind je nach Nährstoff zum Teil unterschiedlich zu gewichten. Die Bedeutung einer bedarfsgerechten Düngung wird auch durch die Novellierung der Düngeverordnung deutlich, in welcher voraussichtlich für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit eine schriftliche Düngebedarfsberechnung für N und P vorgeschrieben wird.

2 Bisherige Düngeempfehlung:

2.1 Stickstoff (N)

Nach dem Düngeberatungssystem DSN werden von den Landwirten bzw. den Ringwarten des LKP im Frühjahr Bodenproben gezogen und in anerkannten Laboren untersucht. Die Ergebnisse werden an die LfL gesendet, die mit den zusätzlich erfassten Schlagdaten eine Düngeempfehlung erstellt. Jährlich werden nach DSN ca. 10.000 bis 20.000 Empfehlungen berechnet und an die Landwirte versandt. Dies entspricht deutlich weniger als 5 % der bewirtschafteten Ackerfläche. Für alle nicht teilnehmende Landwirte steht im „Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland“ (Gelbes Heft) ein Handberechnungsformular zur Verfügung.

2.2 Grunddüngung (Kalk, Phosphat, Kali, Magnesium)

Mit den Bodenuntersuchungsergebnissen erhalten die Landwirte bisher für Phosphat und Kali keine Düngeempfehlung, sondern nur eine fruchtartenspezifische Nährstoffabfuhr. Nur für die Kalkdüngung ist eine EDV-berechnete Empfehlung enthalten. Für die Beratung wurde von der LfL das Programm „Düngplan Bayern“ entwickelt, das in erster Linie vom Verbundpartner

LKP eingesetzt wird. Damit kann eine fruchtartenspezifische Empfehlung erstellt werden. Diese ist jedoch sehr zeitaufwändig und schwierig, weil alle Daten per Hand erfasst werden müssen und die Fruchtfolge mindestens drei Jahre in die Zukunft angegeben werden muss. Ändert sich die Fruchtfolge, sind die Empfehlungen nicht mehr zutreffend.

2.3 Schwefel (S)

Es wird zurzeit keine EDV-berechnete Empfehlung angeboten.

3 Neues LfL-Düngeprogramm

Ziel des neuen LfL-Düngeprogramms ist es, allen Landwirten die Möglichkeit zu geben, mit möglichst geringem Datenerfassungsaufwand eine aktuelle Düngeempfehlung für die wichtigsten Nährstoffe selbst zu erstellen. Dazu wird ein Internetprogramm mit einem Zugang durch Betriebsnummer und PIN programmiert. Ein wesentlicher Vorteil des Online-Programmes ist, dass bereits erfasste Daten des Mehrfachantrages eingespielt werden können und sich somit der Erfassungsaufwand für den Landwirt reduziert. Gleichzeitig können notwendige Programmanpassungen durch die LfL zeitnah und schnell durchgeführt werden. Es wird die Möglichkeit geboten, die Berechnungen abzuspeichern, zu ändern und im nächsten Jahr wieder abzurufen.

Das Programm wird für die wichtigsten Ackerkulturen und für Grünland angeboten. Mit Ausnahme der Spurennährstoffe, die in Bayern keine flächendeckende Bedeutung haben, kann auf Wunsch für alle wichtigen Nährstoffe eine Empfehlung berechnet werden [Stickstoff (N), Phosphat (P_2O_5), Kali (K_2O), Magnesium (Mg), Kalk und Schwefel (S)].

3.1 Grundlagen

Bei der Berechnung des Düngebedarfs sind verschiedene Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die sich je nach Nährstoff unterscheiden können. Die Faktoren sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Sie geben gleichzeitig Auskunft über die notwendigen Daten, die der Landwirt zu einer zielgerichteten Empfehlung liefern muss. Entsprechende Erhebungsmasken werden dazu angeboten. Die Bodenuntersuchungsergebnisse können vom Landwirt in das Programm eingegeben werden, es kann jedoch später auch die Möglichkeit geschaffen werden, dass die Ergebnisse direkt eingespielt werden können.

Tab.1: Datengrundlage für Düngeberatung bei Ackernutzung

Einflussfaktoren bei Ackernutzung	Nährstoffe					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Kal k	S
Fruchtart im Düngejahr	x	x	x	x	x	x
Ertragserswartung	x	x	x	x		
Vorfrucht	x	x	x	x		
Stroh-/Blattbergung	x	x	x	x		
Zwischenfruchtart	x	x	x	x		
Zwischenfruchtnutzung	x	x	x	x		
Bodenart	x		x	x	x	x
Humusgehalt	x		x		x	
Durchwurzelungstiefe	x					
Nährstoffgehalt im Boden (Nährstoffversorgung)	x	x	x	x	x	
Org. Düngung (Art, Menge, Zeitpunkt)	x	x	x	x		x
Nährstoff Unter- und Überhänge der Vorjahre		x	x	x	x	(x)
Produkt- und Düngerpreise		x	x			

Tab. 2: Datengrundlage für Düngeberatung bei Grünlandnutzung

Einflussfaktoren bei Grünland	Nährstoffe					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Kal k	S
Nutzungshäufigkeit	x	x	x	x		x
Leguminosenanteil	x					
Bodenart	x				x	x
Humusgehalt	x				x	
Nährstoffgehalt im Boden (Nährstoffversorgung)		x	x	x	x	
Org. Düngung (Art, Menge, Zeitpunkt)	x	x	x	x		x
Nährstoff Unter- und Überhänge der Vorjahre		x	x	x	x	(x)
Düngerpreise		x	x			

3.2 Düngeempfehlung Stickstoff

Die Düngeempfehlung für Stickstoff basiert weiterhin auf den Grundlagen von DSN, die Berechnungsgrundlagen werden an die Vorgaben der neuen Düngeverordnung angepasst.

3.3 Düngeempfehlung Grundnährstoffe

Da eine Düngeplanung über die Fruchtfolge, wie es bei den Grundnährstoffen bisher üblich war, sehr aufwändig ist und zusätzlich die Planung der Fruchtarten 2-3 Jahre in die Zukunft mit großen Fehlern behaftet ist, musste die Berechnung vereinfacht werden. Es wurde deshalb für die Berechnung der Grundnährstoffe P₂O₅, K₂O und MgO ein neuer Rechengang entwickelt, mit dem auch für diese Grundnährstoffe eine jährliche Empfehlung (ohne Fruchtfolgeerfas-

sung) berechnet werden kann. Natürlich werden auch hier Unter- oder Überhänge berücksichtigt (siehe Tab. 1 und Tab. 2). Voraussetzung ist, dass das Programm kontinuierlich jedes Jahr verwendet wird. Neu ist auch, dass die Düngeplanung an den speziellen Bedarf der Fruchtarten angepasst wird. Damit erhalten in der Regel Hackfrüchte mehr Nährstoffe als Getreide.

Wegen der großen Preisschwankungen bei Phosphat und Kali haben bei diesen beiden Nährstoffen die Produkt-, bzw. Düngerpreise einen Einfluss auf die Höhe der Düngeempfehlungen. Daher wird im Programm die Möglichkeit geboten, die aktuelle Preissituation zu berücksichtigen. So werden z. B. bei niedrigen Produkt- und hohen Nährstoffpreisen die empfohlenen Düngermengen auf das Notwendigste reduziert.

Für Kalk wird die bereits verwendete Empfehlung umgesetzt.

3.4 Düngeempfehlung Schwefel

Auf Grundlage der bekannten Beratungsempfehlungen (Gelbes Heft) wird auch für Schwefel eine Düngeempfehlung angeboten.

Hohe Pachtpreise für Ackerland – was tun?

Robert Schätzl

Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

Zusammenfassung

Seit dem Jahr 2007 stiegen die Pachtpreise spürbar an, insbesondere bei den Neupachten (Bayern: + 53 %). Dies ist Ausdruck einer höheren Nachfrage nach Flächen bzw. einer rentableren Bewirtschaftung.

Jeder Pächter sollte den maximal tragbaren Pachtpreis nach seinen betriebsindividuellen Gegebenheiten kalkulieren. Der Grenzpachtpreis im Marktfruchtbau ist eine gute Basis bei der Ermittlung eines tragbaren Pachtpreises für Ackerflächen. Aus einzelbetrieblicher Sicht kann es darüber hinaus sinnvoll sein, Gewinnbeiträge aus der Viehhaltung oder aus dem Betrieb einer Biogasanlage für Pachtzahlungen zu verwenden.

Je nach betrieblicher und regionaler Situation gibt es unter Umständen Alternativen zur Pacht von Acker. Hierzu zählen der Zukauf von Grundfutter oder Substrat, die Abgabe von Wirtschaftsdünger, die Kooperation mit einem Ackerbaubetrieb und die Pacht von Grünland. Die Erschließung alternativer Einkommensquellen oder die Verpachtung sind weitere mögliche Optionen.

Über Gleitklauseln kann eine Beteiligung des Verpächters am Risiko der Erzeugung in Pachtverträgen erfolgen. Um die Liquidität zu verbessern, müssen diese sehr überlegt gewählt werden. Bei Bedarf sollte eine Rechtsberatung in Anspruch genommen werden.

Chancen auf einen tragbaren Pachtpreis eröffnet die Rücksichtnahme auf nicht finanzielle Anliegen der Verpächter.

1 Einleitung

Seit einiger Zeit nimmt die landwirtschaftliche Praxis einen verstärkten Wettbewerb um Pachtflächen wahr. In einzelnen Regionen werden Pachten für Ackerland von 1.000 €/ha und mehr genannt. Diese aktuellen Rahmenbedingungen beeinflussen die unternehmerischen Entscheidungen pachtwilliger Landwirte. Eine wichtige Voraussetzung zum Führen von Preisverhandlungen ist die Kenntnis der ökonomischen Pachtpreisobergrenze. Neben der Rentabilität der Bewirtschaftung sollte dabei auch die Liquiditätslage im Blick bleiben. Alternativen zur Pacht sind eine Überlegung wert.

2 Entwicklung der Flächenpachten in Bayern

Zwischen 2007 und 2013 stiegen die durchschnittlichen Pachtpreise für Ackerland in Bayern um 24 % auf 338 €/ha an. Mit 53 % Zunahme gab es besonders große Erhöhungen bei Neupachten. Hier lag im Jahr 2013 das Niveau bei durchschnittlich 466 €/ha (BAYLFSTAD, div. Jahre).

Eine wichtige Ursache für diese Entwicklung der Flächenkosten liegt in einer verbesserten Rentabilität des Marktfruchtbaus. So zeigt ein Vergleich der beiden Fünfjahreszeiträume 2001

bis 2005 und 2008 bis 2012, dass die Deckungsbeiträge der wettbewerbsstärkeren Mähdruschfrüchte (Qualitätsweizen, Körnermais, Winterraps) unter mittleren bayerischen Verhältnissen um 200 bis 300 €/ha zulegen.

Auch der zunehmende Substratbedarf für Biogasanlagen spiegelt sich in den Pachtpreisen wider. GARVERT UND SCHMITZ (2014) ermittelten für Neupachten in Westdeutschland einen Anstieg der Flächenpacht um 142 €/ha je zusätzlicher installierter Nennleistung von 1 kW_{el}/ha im Umkreis von 25 km. LATACZ-LOHMANN ET AL. (2014) errechneten für Schleswig-Holstein einen Wert von 11 €/ha je zusätzlicher Biogasanlage im Umkreis von 10 km. Laut Biogas-Betreiber-Datenbank Bayern stieg die Anzahl der Biogasanlagen in Bayern zwischen 2005 und 2013 auf das 2,3-fache bzw. 2.330 Anlagen. Im gleichen Zeitraum vervierfachte sich die installierte elektrische Nennleistung auf 732 MW (STROBL, 2014).

Laut KILIAN (2010) gibt es Hinweise darauf, dass die Einführung einer entkoppelten Betriebsprämie ab dem Jahr 2005 Pachtflächen verteuerte.

3 Der Grenzpachtpreis als Entscheidungsgrundlage

Der Grenzpachtpreis stellt für den pachtenden Landwirt eine wichtige Grundlage in Preisverhandlungen dar. Wird diese ökonomische Obergrenze überschritten, so verschlechtert sich durch die Zupacht das Ergebnis des Gesamtbetriebes. Im Marktfruchtbetrieb errechnet sich der Grenzpachtpreis aus dem zu erwartenden mittleren Deckungsbeitrag, den Pachtfolgekosten sowie dem Saldo aus Prämien und Kosten für Zahlungsansprüche (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Ermittlung des Grenzpachtpreises im Marktfruchtbau beispielhaft für die Ertragsverhältnisse in den Landkreisen Schweinfurt (SW), Erding (ED) und Straubing (SR) (jeweils €/ha, Deckungsbeiträge 2008 – 2012)

		SW	ED	SR
mittlerer Deckungsbeitrag (WW, WG, WRa, KM)		300	460	500
- Pachtfolgekosten		155		
Festkosten aus Investitionen ¹⁾ (Abschreibungen, Unterhalt, Verzinsung)	0			
Erhöhung der Verbandsbeiträge/ Unfallversicherung	25			
sonstige Festkosten (Buchführung)	20			
Lohnansatz (bei 15 €AKh)	100			
Zinsansatz Umlaufvermögen (2,2 %)	10			
Beitragserhöhung private Sozialversicherungen ¹⁾	0			
+ entkoppelte Betriebsprämie		300		
- Kosten Zahlungsanspruch Pacht bzw. AfA + Zins		50		
= Grenzpachtpreis Marktfruchtbau		395	555	595

1) Annahme: durch die Pacht werden keine Investitionen (für Maschinen, Lager etc.) erforderlich und die Beiträge in den privaten Sozialversicherungen verändern sich nicht

Quelle: eigene Berechnungen nach LFL (2014)

Für Betriebe mit Viehhaltung oder Biogasanlage gehen in den Grenzpachtpreis unter Umständen auch Gewinnbeiträge aus diesen Betriebszweigen ein. Insbesondere, wenn eine Aufstockung nur mit zusätzlicher Fläche realisiert werden kann oder wenn bei Wegfall von Pachtfläche eine Abstockung des Viehbestandes droht, sind aus einzelbetrieblicher Sicht Zuschläge zum Grenzpachtpreis Marktfruchtbau angebracht.

Tabelle 2 zeigt beispielhaft für einen Schweinemäster mit 1.800 Mastplätzen und 90 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche auf, wie ein Viehhalter rechnen kann. In Szenario 1 möchte der Betriebsleiter 1.000 Schweinemastplätze aufstocken. Eine Privilegierung für das Bauen im Außenbereich darf er nur dann in Anspruch nehmen, wenn er die Hälfte des Futterbedarfes selbst erzeugen kann. Dafür benötigt er zusätzlich 20 ha Ackerfläche. Auf dieser kann er den Düngewert eigener Gülle realisieren. Darüber hinaus ist er bereit, aus seinem Erfolg in der Schweinemast 2 €/je Mastplatz für die Flächenaufstockung zu verwenden. Der sich ergebende Grenzpahtpreis liegt dann bei 755 €/ha.

In Szenario 2 erhöht sich als Folge einer gesteigerten Tageszunahme von 50 g die Zahl der Umtriebe. Damit können mehr Mastschweine erzeugt werden, weshalb die Anzahl der Vieheinheiten zunimmt. Um zu vermeiden, dass die Schweinemast unter steuerlichen Gesichtspunkten als gewerblich eingestuft wird, müsste der Betrieb zusätzlich 10 ha Fläche pachten. Alternativ könnte er auf die Mast von 360 Schweinen jährlich verzichten. Werden die Deckungsbeiträge aus diesen 360 Mastschweinen abzüglich eines Abschlages für die Entlohnung der Arbeit und des Risikos für die Zupacht von Ackerfläche verwendet, erhöht sich der Grenzpahtpreis auf 1.255 €/ha.

Tab. 2: Ermittlung des Grenzpahtpreises am Beispiel möglicher Betriebsentwicklungen im Bereich der Schweinemast

	Ist-Situation	Szenario 1 Aufstockung	Szenario 2 Leistungs- steigerung
Mastschweineplätze (Mpl.)	1.800	2.800	1.800
Umtriebe pro Jahr	2,8	2,8	3,0
verkaufte Mastschweine pro Jahr	5.040	7.840	5.400
landwirtschaftlich genutzte Fläche	90 ha	110 ha ¹⁾	100 ha
<hr/>			
Grenzpahtpreis Marktfruchtbau (mittlere Verhältnisse)		555 €/ha	555 €/ha
+ Güllewert		100 €/ha	100 €/ha
+ aus Schweinemast 2 €/Mpl. * 1.000 Mpl. / 20 ha		100 €/ha	
+ Deckungsbeitrag Mastschweine (MS) abzüglich Lohn u. Risiko (25 €/MS – 8,30 €/MS) * 360 MS / 10 ha			600 €/ha
= Grenzpahtpreis		755 €/ha	1.255 €/ha

1) Ziel: 50 % des Futters selbst erzeugen (Baurecht); Betriebsteilung oder ähnliche unternehmerische Maßnahmen erforderlich

Quelle: eigene Berechnungen in Anlehnung an SCHÄTZL UND WEIB (2014)

4 Alternativen zur Pacht von Ackerfläche

Gerade bei hohen Pachtpreisen für Ackerland sind Alternativen zur Zupacht überlegenswert. Für Betriebe mit Viehhaltung oder Biogasanlage kommen unter Umständen die Abgabe von Wirtschaftsdünger, der Zukauf von Futter oder Substrat oder eine Kooperation mit einem Ackerbaubetrieb in Frage. Abbildung 1 zeigt einen Vergleich der Kosten zwischen der Eigenherzeugung von Silomais und dem Zukauf für mittlere bayerische Verhältnisse. Demnach ist der Kauf von Mais stehend ab Feld bis zu einem Bruttopreis von 2,80 €/dt günstiger als eine Eigenherzeugung bei Kosten für Pacht und Pachtfolgen in Höhe von 600 €/ha. Dies gilt ohne Be-

rücksichtigung einer flächenbezogenen Betriebsprämie. Der Ansatz einer Betriebsprämie von 300 €/ha bei Eigenerzeugung reduziert den maximal möglichen Zukaufspreis auf 2,20 €/dt.



Abb. 1: Kostenvergleich zwischen der Eigenerzeugung von Silomais auf Pachtflächen und dem Zukauf stehend ab Feld
Quelle: eigene Berechnungen nach LFL (2014)

Für Betriebe mit der Möglichkeit Grassilage zu verwerten, kann eventuell die Pacht von Grünland eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Alternative zur Pacht von teuren Ackerflächen darstellen. Bei hohen Preisen für Eiweißkraftfutter rückt diese Option für Milchviehbetriebe näher. Ersetzen sie in Milchviehrationen einen Teil der Maissilage durch eine hochwertige Grassilage, so können sie bei der Eiweißkomponente im Kraftfutter einsparen. Grassilage ist damit in der Ration wertvoller als Maissilage.

Eine komplett andere Strategie verfolgen Betriebe, die über den Anbau von Sonderkulturen die Bewirtschaftung auf der vorhandenen Fläche intensivieren. Eine Ausdehnung der Ackerfläche wird hierdurch mitunter überflüssig. Auch eine Diversifizierung in flächenunabhängige Erwerbsquellen kann eventuell eine Alternative zur Flächenpacht sein. Im Einzelfall kann letzteres schließlich auch zur Entscheidung führen, Ackerfläche zu verpachten, um von hohen Pachtpreisen zu profitieren.

5 Pachtgleitklauseln in Pachtverträgen

Gleitklauseln in Pachtverträgen, die die fällige Jahrespacht an den jeweiligen Bewirtschaftungserfolg anpassen, sind prinzipiell eine Möglichkeit, um den Verpächter am Risiko der Erzeugung zu beteiligen. Sie dienen zur Verbesserung der Liquidität in unterdurchschnittlichen Jahren. In Australien und den Vereinigten Staaten von Amerika sind sie durchaus gängige Praxis.

Eine Untersuchung für bayerische Marktfruchtbaubetriebe über zehn Wirtschaftsjahre zeigt jedoch die Schwierigkeit auf, wirksame Parameter für eine Pachtpreisanpassung zu setzen. Außerdem ist in Deutschland die Auswahl an rechtlich zulässigen Klauseln beschränkt. Die praktische Bedeutung von Pachtgleitklauseln für bayerische Verhältnisse wird daher voraussichtlich gering bleiben.

6 Nicht finanzielle Interessen von Verpächtern

Verpächter haben bei Abschluss eines Pachtvertrages neben finanziellen Interessen eine Reihe weiterer Anliegen (siehe Übersicht 1). Diese resultieren aus deren Wertverständnis. Für Pachtinteressenten entstehen daraus Chancen zur Aushandlung eines tragbaren Pachtpreises. Voraussetzung ist aber, den Interessen des jeweiligen Verpächters zu entsprechen, bzw. entgegenzukommen. Dies kann beispielsweise über ein Respektieren des Eigentums und eine konsequente Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit geschehen.

Tab. 3: Ausgewählte Anliegen von Verpächtern bei Abschluss eines Pachtvertrages

Ø persönliche Beziehung zum Pächter	Ø Betrieb mit Zukunftsperspektive
Ø gutes Verhältnis zum Pächter	Ø keine Substraterzeugung für Biogasanlage
Ø Pächter finanziell zuverlässig	Ø Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
Ø Pachtpreis	Ø kein Grünlandumbruch
Ø Stolz auf Eigentum	Ø ökologische Bewirtschaftung

Quelle: RUDOW (2014)

7 Literaturverzeichnis

- [1] BAYLFSTAD [BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATEN-VERARBEITUNG] (div. Jahre): Ergebnisse aus der Landwirtschaftszählung 2010 und Agrarstrukturerhebungen 2007 und 2013.
- [2] GARVERT, H.; SCHMITZ, M. (2014): Die Auswirkungen der staatlichen Biogasförderung auf landwirtschaftliche Pachtpreise in Deutschland. Eine ökonometrische Untersuchung. In: Die Zukunft der Bioenergie. Schriftenreihe der Rentenbank. Band 30. S. 7 – 43.
- [3] KILIAN, S. (2010): Die Kapitalisierung von Direktzahlungen in landwirtschaftlichen Pacht- und Bodenpreisen – Theoretische und empirische Analyse der Fischler-Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik. Dissertation. Technische Universität München. <http://d-nb.info/1010916033/34> (06.10.2014).
- [4] LATACZ-LOHMANN, U.; HENNING, S.; DEHNING, R. (2014): Biogas als Preistreiber am Pacht- und Bodenmarkt? B&B Agrar 3/2014. http://www.aid.de/fachzeitschriften/bub/bubonline/bub_2014_03_oe_latacz_lohmann_biogas_bodenmarkt.pdf (06.10.2014).
- [5] LfL [BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT] (2014): LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. <https://www.stmelf.bayern.de/idb> (10.10.2014)
- [6] RUDOW, K. (2014): Was auf dem Pachtmarkt zählt – eine Einschätzung aus Sicht der Verpächter. In: Lebensmittelversorgung, Lebensmittelsicherheit und Ernährungssouveränität. 24. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie. Tagungsband 2014. S. 93 – 94. http://oega.boku.ac.at/fileadmin/user_upload/Tagung/2014/OEGA-TAGUNGSBAND_2014.pdf (06.10.2014).
- [7] SCHÄTZL, R.; WEIB, J. (2014): Was darf Pachtfläche kosten? SUS 3/2014. S. 16 – 19.
- [8] STROBL, M. (2014): Biogas in Zahlen – Bayern zum 31.12.2013. Auszug aus der Biogas-Betreiber-Datenbank Bayern (BBD). http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iba/dateien/bbd_biogaszahlen_bayern_20131231_details.pdf (09.10.2014).

Getreideerträge sichern durch gezielten Fungizid-Einsatz

Wirkstoff-Resistenzen vermeiden, Gelbrost bekämpfen

Stephan Weigand

Institut für Pflanzenschutz

Zusammenfassung

Fungizide können Ertrags- und Qualitätsverluste im Getreidebau vermindern und damit wesentlich zur Sicherung betrieblicher Einkommen beitragen. Orientiert am Befallsgeschehen sollte ihr Einsatz stets gezielt und möglichst ressourcenschonend erfolgen. Gemäß dem Prinzip des „Integrierten Pflanzenschutzes“ nutzt der amtliche Pflanzenschutzdienst in Bayern daher bereits langjährig Bekämpfungsschwellen-Modelle, sowohl zur Bewertung der Befallssituation in Monitoring-Programmen, als auch für die entsprechenden Beratungsempfehlungen. Die Sonderfälle *Ramularia* in der Gerste und *Fusarium* in Weizen und Triticale wurden über Risiko-basierte Ansätze integriert.

Fungizidresistenzen können durch den Wegfall ganzer Wirkmechanismen die Bekämpfung wichtiger Schaderreger gefährden. Bei den ehemals leistungsfähigen Strobilurinen genügte eine Punktmutation für den vollständigen Wirkungsverlust gegen Mehltau oder *Septoria tritici*. Andere Wirkstoffgruppen wie die Triazole reagieren dagegen mit schleichend nachlassender Leistung („shifting“). Auch bei der neusten Wirkstoffgruppe, den Pyrazol-Carboxamiden treten seit 2013 bereits erste Resistenzen in Bayern auf. Nur ein konsequentes Resistenzmanagement kann die weitere Entstehung und Ausbreitung der angepassten Schaderreger verzögern.

Das Krankheitsgeschehen im Erntejahr 2014 war von einem außergewöhnlich frühen und starken Auftreten von Gelbrost in Weizen und Triticale gekennzeichnet. Bereits zum Start des Monitorings wiesen erste Schläge Befall auf, der sich in den folgenden Wochen stetig nach Süden hin ausbreitete. Ursache der starken Epidemie war das Zusammentreffen eines neuen, sehr aggressiven Gelbrost-Pathotyps („Warrior-Rasse“) mit dem weitverbreiteten Anbau entsprechend anfälliger Sorten und den sehr günstigen Infektionsbedingungen im milden Winter und Frühjahr 2013/2014. Wichtigste vorbeugende Maßnahme ist der Anbau resistenter Sorten. Zur gezielten Bekämpfung stehen hochwirksame Fungizide zur Verfügung, die allerdings rechtzeitig einzusetzen sind.

1 Einleitung

Schadpilze im Getreide können sowohl den Ertrag als auch, wie im Fall der *Fusarium*-Pilze und deren Toxine, die Qualität des Erntegutes wesentlich vermindern. Neben den wichtigen acker- und pflanzenbaulichen Vorbeugemaßnahmen, wie zum Beispiel die Vermeidung enger Fruchtfolgen, eine standortgerechte Bodenbearbeitung, die Wahl einer resistenten Sorte, ein angepasster Aussattermin oder eine bedarfsgerechte Düngung, ist die direkte Bekämpfung von Pilzkrankungen mit Fungiziden ein entscheidendes Werkzeug zur Sicherung betrieblicher Einkommen.

Nur wenn in Befallsjahren die Epidemieentwicklung der pilzlichen Schaderreger durch gezielten Fungizideinsatz auch rechtzeitig unterbunden wird, lassen sich Ertrags- und Qualitätsverluste vermeiden. Die jährlichen Unterschiede im witterungsbedingten Auftreten der Krankhei-

ten bedingen dabei große Schwankungen in den maximal über Fungizide absicherbaren Mehrerträgen (siehe Abb. 1).

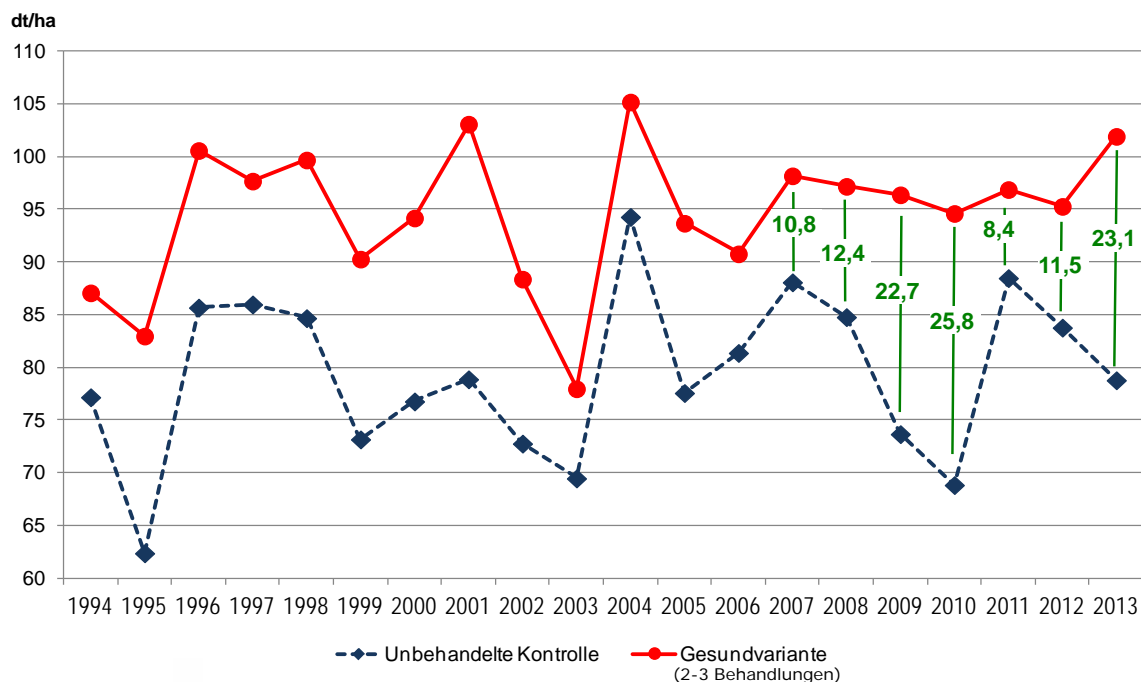


Abb. 1: Ertragswirkung durch den Fungizideinsatz in Winterweizen von 1994 bis 2013 (Mittelwerte von 7 bis 10 Versuchsstandorten pro Jahr)

Daher ist insbesondere im Getreidebau die Bekämpfungsintensität jährlich anzupassen. Statt routinemäßiger Vorsorgebehandlungen, welche ökonomisch meist nachteilig sind und zudem die natürlichen Ressourcen unnötig belasten, sollten Fungizide daher stets orientiert am aktuellen Befallsgeschehen eingesetzt werden.

Neben den wichtigen Ertragseffekten durch die direkte Bekämpfung der Schaderreger, können manche fungizide Wirkstoffe, unabhängig vom Pathogenaufreten, positive pflanzenphysiologische Effekte bewirken. Dazu zählen der bekannte „greening-Effekt“ der Strobilurine, eine Erhöhung der Photosynthese-Rate und der Stresstoleranz, ebenso wie eine verbesserte Wassernutzungs-Effizienz, sowie direkte und indirekte Effekte auf die Treibhausgas-Emission [1].

2 Gezielter Fungizideinsatz im Getreidebau

2.1 Weizen- und Gerstenmodell Bayern

Pflanzenschutz ist in Deutschland nach guter fachlicher Praxis durchzuführen [2]. Die rechtlichen Vorgaben verlangen insbesondere die Einhaltung der allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes, wie sie im Anhangs III der Pflanzenschutz-Rahmenrichtlinie beschrieben sind [3]. Neben vorbeugenden Maßnahmen werden dort unter anderem „geeignete Methoden und Instrumente zur Überwachung von Schadorganismen“ gefordert, ebenso wie „solide und wissenschaftlich begründete Schwellenwerte“ bei der Entscheidung, ob und wann Pflanzenschutzmaßnahmen anzuwenden sind. Beides ist für den Bereich der Getreidekrankheiten in Bayern bereits seit vielen Jahren etabliert und wird in den entsprechenden Beratungsempfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes umgesetzt.

In langjährigen wissenschaftliche Studien wurden am Lehrstuhl für Phytopathologie der Technischen Universität München-Weihenstephan Entscheidungshilfen für den gezielten Fungizideinsatz im Getreide entwickelt, das „Weizenmodell Bayern“ [4] und das „Gerstenmodell Bayern“ [5]. Bis auf geringfügige Anpassungen dienen diese Schaderreger-spezifischen Bekämpfungsschwellen seitdem zur Befallseinstufung in den Monitoring-Programmen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes in Bayern [6]. In der Saison werden dazu wöchentlich Pflanzenproben aus Fungizidspritzfenstern von Praxisschlägen entnommen und an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit Fachzentrum Pflanzenbau auf Pilzbefall untersucht. Im Jahr 2014 geschah dies für 73 Winterweizen-, 55 Wintergersten-, 22 Sommergersten- und 14 Triticalebestände, sowie einen Dinkelschlag. Über das Internet (www.LfL.bayern.de), die Fachpresse und die regionalen Beratungsfaxe der Fachzentren für Pflanzenbau und der Erzeugerringberatung werden die Ergebnisse veröffentlicht. Die Daten erlauben eine regionale Bewertung der Befallssituation, verringern damit den Kontrollaufwand der Landwirte und unterstützen diese bei einem möglichst gezielten Fungizideinsatz.

Die Befallsdaten werden jährlich ausgewertet (siehe Abb. 2), die zugrunde liegenden Entscheidungskriterien im Rahmen von Feldversuchen regelmäßig geprüft und im Bedarfsfall auch weiterentwickelt.

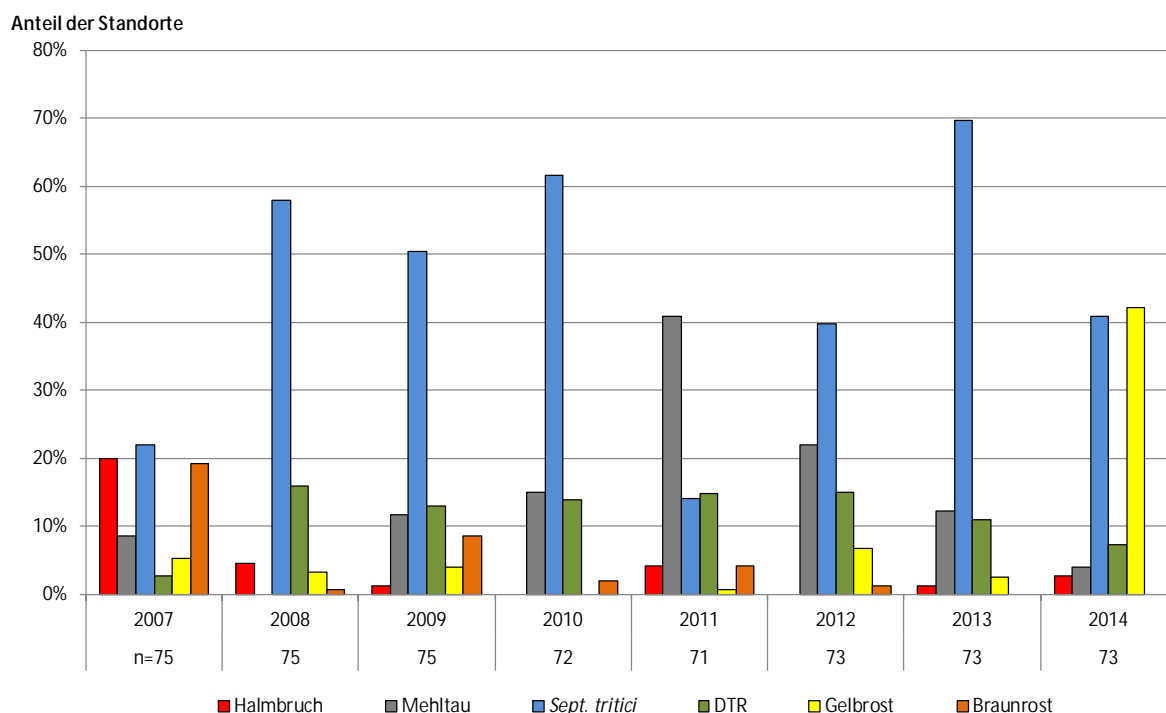


Abb. 2: Monitoring der Getreidekrankheiten in Bayern 2007 – 2014 (Überschreitung der Bekämpfungsschwellen für die Erstbehandlung bei Winterweizen)

2.2 Sonderfall *Ramularia*

Eine solche Anpassung der bestehenden Entscheidungsgrundlagen erfolgte zum Beispiel bei der Bekämpfung von Gerstenkrankheiten. Denn neben den klassischen Krankheitserreger wie *Rhynchosporium* (*Rhynchosporium secalis*), Netzflecken (*Pyrenophora teres*), Mehltau (*Blumeria graminis*) oder Zwergrost (*Puccinia hordei*) tritt seit vielen Jahren der späte „Blattfleckenkomplex“, mit dem Schadpilz *Ramularia collo-cygni* als zentrale biotische Ursache, in bayerischen Gerstenanbaugebieten auf. Ausgehend von ersten Punktnekrosen auf den oberen, exponierten Blättern, meist erst nach dem Ährenschieben sichtbar, kann innerhalb von zwei

bis drei Wochen ein Absterben der oberen Blätter und eine verfrühte Abreife folgen. Durch die sehr späten Symptome ist gegen diesen Schaderreger kein klassisches Bekämpfungsschwellen-Konzept anwendbar. Zur Kontrolle des Blattfleckenkomplexes ist daher ein Risikomanagement nötig. In einem ersten Ansatz wurden dazu die bisherigen Bekämpfungsschwellen des Gerstenmodells mit der späten Teilmenge eines *Ramularia*-wirksamen Fungizids kombiniert [7].

In den Versuchsjahren 2010 bis 2013 konnte mit diesem Ansatz, sowohl in Winter- als auch in Sommergerste, die Ertragswirkung gegenüber dem bisherigen Gerstenmodell zum Teil deutlich verbessert werden. Die Mehrererträge stiegen im Mittel von insgesamt 23 Wintergerstenversuche von 9,0 dt/ha nach dem bisherigen Modell auf 11,7 dt/ha für die modifizierte Variante, in 15 Sommergerstenversuchen von 3,5 dt/ha auf 6,2 dt/ha. Obwohl die Behandlungsintensität im angepassten Modell in der Regel etwas höher war, konnten in beiden Kulturen jeweils auch die höheren kostenbereinigten Mehrerlöse erzielt werden.

2.3 Sonderfall *Fusarium*

Seit nahezu 30 Jahren sind Ährenfusariosen ein wichtiger Forschungsschwerpunkt an der LfL [8]. Langjährige Monitoringprogramme und Feldversuche mit begleitenden epidemiologischen Untersuchungen belegen den wesentlichen Einfluss der Witterung auf das Infektionsgeschehen und damit auf die Jahresschwankungen der Toxingehalte. Zuletzt folgten einem „*Fusarium*-Jahr“ 2012, als jede zehnte Weizenprobe im bayerischen Nach-Ernte-Monitoring den DON-Grenzwert von 1,25 mg/kg für unverarbeitetes Getreide überschritt, die Erntejahre 2013 und 2014, in denen dies bei keiner einzigen Probe der Fall war und die mittleren DON-Gehalte historisch niedrige Werte erreichten.

Mit Fungiziden lassen sich *Fusarium*-Infektionen vermeiden und Mykotoxingehalte verringern. Da es sich in der Regel um eine Blüteninfektion handelt ohne dass ein Epidemieforschungsaufbau über das Blatt zu beobachten ist, kann, wie beim späten Blattfleckenkomplex der Gerste, auch zur *Fusarium*-Bekämpfung kein klassisches Schadschwellen-Konzept angewendet werden. Der gezielte Fungizideinsatz basiert stattdessen auf dem schlagspezifischen Risiko in Verbindung mit der Witterung ab dem Ährenschieben. Die Blütenbehandlung in Weizen oder Triticale wird damit für manche Betriebe zur fest eingeplanten Maßnahme, insbesondere wenn mehrerer Risikofaktoren zusammentreffen, wie zum Beispiel Maisvorfrucht, Ernterückstände auf dem Boden oder Anbau einer *Fusarium*-anfälligen Sorte. Langjährige Versuchsergebnisse zeigen, dass dann mit leistungsfähigen Präparaten bei infektionsnaher Behandlung ab Beginn der Blüte, ein bis zwei Tage vor oder nach einem Regen, die DON-Gehalte um 60 bis 80 % reduziert werden können. Da sich besonders in Hochrisikosituationen trotz Fungiziden eine Toxinbelastung nicht verhindern lässt, besitzt die konsequente Anwendung aller vorbeugenden Maßnahmen bei der *Fusarium*-Problematik weiterhin die höchste Priorität.

Durch die Fokussierung auf die Vermeidung einer Toxinbelastung, insbesondere seit Einführung der Grenzwerte, rückt die Ertragswirkung einer *Fusarium*-Bekämpfung oftmals in den Hintergrund, obwohl eine solche, im Vergleich zur Toxinreduktion, wesentlich sicherer ist. Denn viele *Fusarium*-Fungizide sind gleichzeitig breit wirksam gegen späte Blatt- und Ähreninfektionen, zum Beispiel von *Septoria*, Braunrost oder, wie 2014 zeigte, auch von Gelbrost. Damit müssen viele auf Ertragsoptimierung ausgelegte Fungizidstrategien auch bei erhöhtem *Fusarium*-Risiko nicht grundlegend geändert werden. Lediglich die Fungizid-Aufwandmenge und die genaue Terminierung der Ährenbehandlung sind dann an die aktuelle Witterung anzupassen.

3 Resistenzmanagement beim Einsatz von Getreidefungiziden

3.1 Resistenztypen und Resistenzrisiko

Die Entstehung und die Ausbreitung einer Fungizidresistenz sind sowohl von Eigenschaften der Wirkstoffe wie auch der Pathogene abhängig. Auf der Seite Wirkstoffe ist vor allem der Wirkmechanismus entscheidend. Während zum Beispiel die Strobilurine, die Carboxamide und die Triazole typische „Single-Site-Wirkstoffe“ sind, greift Chlorthalonil als „Multi-Site-Wirkstoff“ die Pilzzelle an mehreren Wirkorten gleichzeitig an. Dieser Kontaktwirkstoff zeigt daher auch nach jahrzehntelanger Anwendung in der Landwirtschaft keinerlei Resistenzen und ist weiterhin ein wichtiger Anti-Resistenz-Baustein. Auf der Seite der Pathogene bestimmen vor allem der Vererbungsmodus und die nachfolgenden Selektionsmechanismen die Resistenzentwicklung. Hier kann zwischen zwei Resistenztypen unterschieden werden [9]:

a. Qualitative (monogenetische, disruptive) Resistenz

Beispiele: Strobilurine, Carboxamide, Benzimidazole

Bei diesem Resistenztyp ist nur ein pilzliches Gen für den Sensitivitätsverlust verantwortlich. Damit kann bereits eine Punktmutation vollkommen resistente Pathotypen hervorrufen. So bewirkt die G143A-Mutation, die bisher zum Beispiel bei *Septoria tritici*, DTR, *Ramularia collo-cygni*, dem Schneeschimmel-Erreger und Mehltau nachgewiesen wurde, den vollständigen und irreversiblen Wirkungsverlust eines Strobilurins, der über die Kreuzresistenz die gesamte Wirkstoffgruppe betrifft. Für die Resistenzausbreitung ist vor allem die Behandlungsfrequenz entscheidend.

b. Quantitative (polygenetische, kontinuierliche) Resistenz

Beispiele: Triazole, Anilinopyrimidine

Sind mehrere Gene für eine mögliche Resistenzbildung verantwortlich, verläuft eine Anpassung der Schadpilze nur schrittweise („shifting“) und das Sensitivitätsspektrum innerhalb der Population fächert sich stärker auf. Ein höherer Grad der Resistenz kann nur erreicht werden, wenn mehrere voneinander unabhängige Mutationen im Individuum akkumuliert werden. Dem wirkt jedoch die genetische Rekombination innerhalb der Population entgegen. Zudem sind Mehrfachmutanten oft mit einem Fitnessnachteil verbunden, was die Resistenzausbildung zusätzlich verzögert. Während die qualitative Resistenz dosisunabhängig entsteht, wird das „shifting“ durch subletale Wirkstoffmengen gefördert.

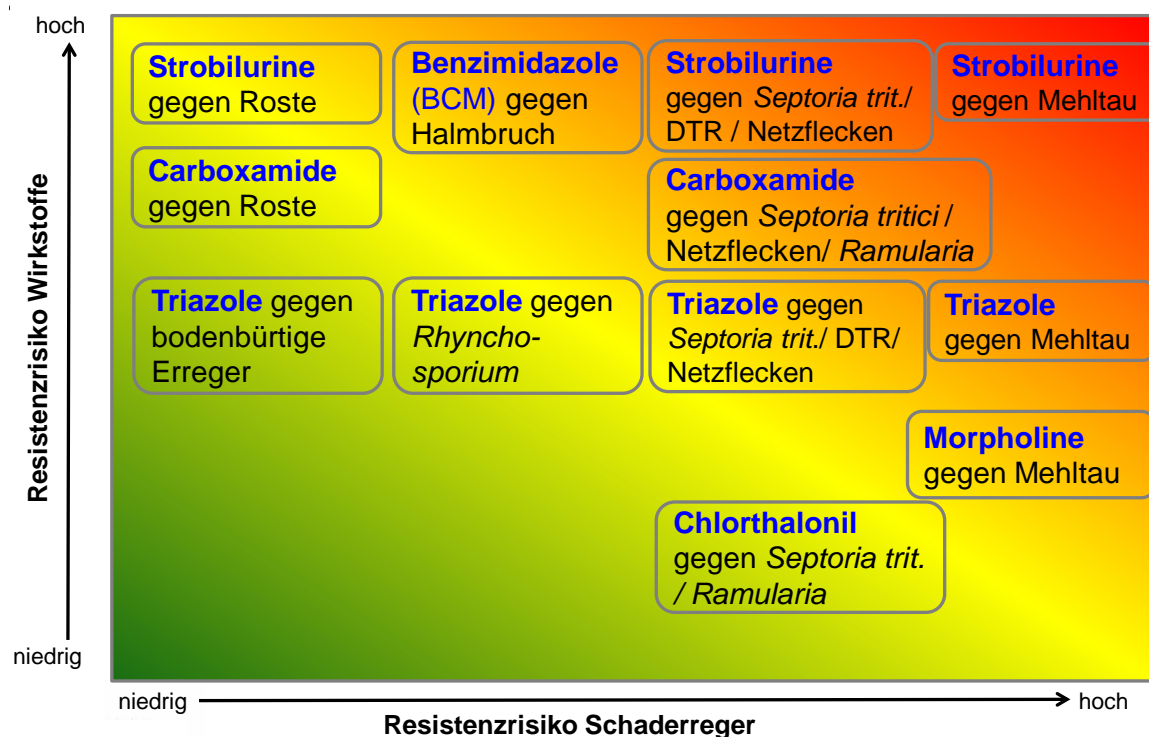


Abb. 3: Matrix für das Wirkstoff- und Schaderreger-spezifische Resistenzrisiko beim Einsatz von Fungiziden gegen Getreidepathogene [9, verändert]

Unabhängig vom Resistenztyp wird das Resistenzrisiko auch maßgeblich vom Ausbreitungsvermögen des jeweiligen Schaderregers bestimmt. Bei Pathogenen mit kurzer Latenzzeit, vielen Infektionszyklen, großen Mengen gut flugfähiger Sporen, die möglichst alle Entwicklungsstadien des Getreides infizieren können, wie dies zum Beispiel für Mehltau und Roste gilt, breitet sich eine Resistenz entsprechend schneller und weiträumiger aus. Auch eine größere genetische Anpassungsfähigkeit, etwa bei Erregern deren Entwicklung über sexuelle Phasen läuft, erhöht in der Regel das Resistenzrisiko. Je nach Wirkstoff-Schaderreger-Kombination besteht somit ein unterschiedliches Resistenzrisiko (siehe Abb. 3). Die Matrix enthält sowohl Beispiele bereits aufgetretener Resistenzen der zurückliegenden Jahre, als auch mögliche Resistenzen mit denen in Zukunft zu rechnen ist.

3.2 Fungizidresistenz im Getreidebau in Bayern

Der amtliche Pflanzenschutzdienst in Bayern führt in Zusammenarbeit mit der EpiLogic GmbH in Freising-Weihenstephan ein jährliches Resistenzmonitoring für wichtige pilzliche Schaderreger durch [10]. Damit lassen sich mögliche Bekämpfungsprobleme frühzeitig erkennen, um im Bedarfsfall mit angepassten Beratungsempfehlungen darauf reagieren zu können.

Bei der Fungizidresistenz im Getreidebau steht bislang der **Weizen** und hier in den letzten Jahren insbesondere *Septoria tritici* im Mittelpunkt. Nachdem die leistungsfähigen Strobilurine bereits seit dem Jahr 2002 in Bayern keine ausreichende Wirkung mehr gegen den Weizenmehltau zeigen, führte die gleiche Punktmutation (G143A) in den Folgejahren bis etwa 2007 auch zu einem Wegbrechen der Strobilurine gegen *Septoria tritici*. Bei DTR ist diese Mutation dagegen noch nicht so weit verbreitet, so dass hier zumindest lokal noch mit Teilwirkungen zu rechnen ist. Für Rostpilze endet die Mutation G143A tödlich, so dass die Strobilurine gegen diese Erreger nach wie vor ausgezeichnet wirken, wie sich besonders im Gelbrostjahr 2014 zeigte. Ohne die Strobilurine mussten die Azolwirkstoffe die *Septoria*-Lücke schließen, womit

sie seitdem selbst in weit stärkerem Maße von schrittweisen Wirkungsänderungen („shifting“) betroffen sind. Erst mit den neuen Pyrazol-Carboxamiden wurde im Jahre 2011 ein neuer Wirkmechanismus eingeführt, als „single-site“-Wirkstoffe allerdings mit relativ hohem Resistenzrisiko.

Das zeigt ein Blick auf die **Gerste**, wo 2012 in Norddeutschland bei dem Erreger der Netzflecken erste Isolate mit einer verminderten Empfindlichkeit gegen Carboxamide gefunden wurden. Die zugrunde liegende Punktmutation (B-H277Y) im Zielenzym des Pilzes, der Succinat-Dehydrogenase, betraf zunächst nur die Wirkung des älteren Pyridin-Carboxamids Boscalid, das seit 2006 auf dem Markt ist, nicht dagegen die der neueren Pyrazol-Carboxamide (Bixafen, Fluxapyroxad, Isopyrazam). Schon 2013 wurden aber in deutlich mehr Regionen und in größerer Häufigkeit angepasste Isolate gefunden, so in Frankreich, Großbritannien, Belgien, Dänemark und besonders in Norddeutschland. Neben der Mutation B-H277Y wurden weitere gefunden, darunter auch solche, die Wirkungsverluste bei den Pyrazol-Carboxamiden bewirkten. Von den 45 im Jahr 2013 in untersuchten bayerischen Netzflecken-Isolaten wiesen sechs Isolate (13,3 %) eine nachweisbare Resistenz gegen Carboxamide auf. Bei drei Isolaten war die Anpassung nur moderat, bei drei weiteren dagegen stärker ausgeprägt. Die Daten aus dem Resistenzmonitoring von 2014 liegen noch nicht vor. Da der Netzflecken-Erreger bislang keine vollständige Strobilurin-Resistenz (G143A) ausbildet, sondern nur um eine Teilresistenz (F129L), sind Strobilurine im Feld noch weitgehend wirksam und können daher in der Kombination mit Carboxamiden deren mögliche Wirkungsschwäche ausgleichen.

3.3 Resistenzmanagement

Eine effektive Anti-Resistenz-Strategie beginnt mit acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, die schon das Entstehen und die Ausbreitung von Pilzerkrankungen vermeiden, wie Fruchtfolge, Strohmanagement, Bodenbearbeitung, Sortenwahl oder Saattermin. Denn jede eingesparte Behandlung vermindert den Selektionsdruck und verzögert die Resistenzentstehung und -ausbreitung.

Beim Fungizideinsatz gelten zusätzlich folgende Regeln:

- Zahl der Anwendungen auf das notwendige Maß beschränken, unnötige Schutzmaßnahmen vermeiden
- gezielte Anwendung nach Bekämpfungsschwellen, unter Nutzung des amtlichen Warnendienstes und der Prognosemodelle
- Mittel und Aufwandmenge nach den vorherrschenden Schaderregern, der Sortenresistenz und der Witterung auswählen
- durch rechtzeitigen, infektionsnahen Einsatz ausgeprägte Kurativsituationen vermeiden
- in Spritzfolgen oder Mischungen grundsätzlich verschiedene Wirkmechanismen (FRAC-Code) einsetzen
- Azole stets in ausreichender Aufwandmenge einsetzen (mind. 70 % der zugelassenen Aufwandmenge)
- Wirkstoffwechsel auch innerhalb der Gruppe der Azole/Imidazole
- „Multi-site“-Wirkstoffe (z.B. Chlorthalonil) in die Strategie einbauen (insbesondere gegen *Septoria* in Weizen und *Ramularia* in Gerste)
- „Single-site“-Wirkstoffe wie Strobilurine oder Carboxamide nie solo anwenden, sondern stets in Mischung mit einem nicht kreuzresistenten Partner (z.B. Azole oder Kontaktwirkstoffe)
- Strobilurin- und carboxamidhaltige Fungizide möglichst nur einmal je Kultur und Saison einsetzen

- gegen Netzflecken Carboxamide möglichst nur in Mischung mit Strobilurinen anwenden, um die Ausbreitung der Carboxamid-Resistenz zu verzögern,
- Applikation nur bei günstiger Witterung mit optimaler Technik (jede Abdrift, mangelnde Verteilung oder Verdunstung der Wirkstoffe erhöht den Selektionsdruck unnötig)

4 Ergebnisse aus dem Gelbrostjahr 2014

4.1 Monitoring der Getreidekrankheiten 2014

Das Krankheitsgeschehen im Erntejahr 2014 war von einem außergewöhnlich frühen und starken Auftreten von Gelbrost in Weizen und Triticale gekennzeichnet. Zwar war auch schon in den zurückliegenden Jahren Gelbrost im amtlichen Monitoring und in der Praxis zu beobachten, allerdings erst relativ spät und deutlich seltener als in der Saison 2014. Im Gegensatz zum Braunrost, mit einer Bekämpfungsschwelle nach dem „Weizenmodell Bayern“ von 30 % Befallshäufigkeit, löst Gelbrost die Schwelle bereits bei Erstbefall aus. Meist handelt es sich hierbei schon um erste Befallsnester. Bereits zum Start des Monitorings, Mitte April, wiesen zwei Schläge in Unter- und Oberfranken Erstbefall auf. In den folgenden Wochen breitete sich der Gelbrost stetig nach Süden hin aus, so dass bis Anfang Juni, zum Beginn der Weizenblüte, insgesamt 60 Schläge (82 %) Gelbrost-Befall zeigten (siehe Abb. 4).

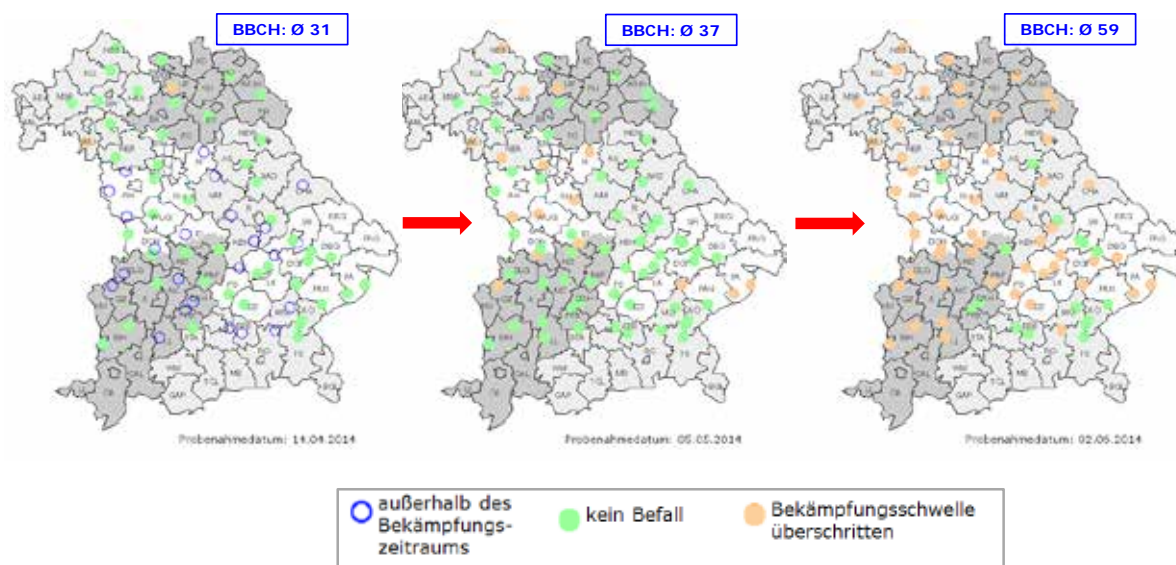


Abb. 4: Ausbreitung des Gelbrostes in Winterweizen auf den bayerischen Monitoringflächen im Jahr 2014 (Bekämpfungsschwelle = erster Befall im Bestand)

Am häufigsten waren im Monitoring die Sorten JB Asano, Kerubino, Kometus und Akteur betroffen. Diese Sorten wiesen in der Regel auch die höchsten Befallsstärken auf, teils wurden sogar die Ähren infiziert. Bei Triticale trat Gelbrost auf 4 von insgesamt 14 Monitoringschlägen auf (Sorten: Adverdo, Agostino, SW Talentro).

4.2 Ursachen der Gelbrost-Epidemie 2014

Der extrem milde Winter 2013/14 und das sehr strahlungsreiche Frühjahr mit langen Tauperioden haben die Gelbrost-Infektionen wesentlich begünstigt. Entscheidend war jedoch das Auftreten eines neuen, sehr aggressiven und thermotoleranten Gelbrost-Pathotypes, der „Warrior-

Rasse“, benannt nach einer weitverbreiteten englischen Weizensorte, deren Resistenz sie einst durchbrach. Diese hochvirulente Rasse, die allein 11 von 14 Resistenzgenen im Testsortiment befällt, wurde im Jahre 2010 erstmals in Deutschland nachgewiesen und dominiert in den letzten beiden Jahren die Gelbrostpopulation in Deutschland [11]. Neben Weizen befällt diese europaweit derzeit wichtigste Rasse auch Triticale. Da der Gelbrostbefall mehrerer Weizensorten deutlich stärker ausfiel, als dies nach den bisherigen Resistenzeinstufungen zu erwarten gewesen wäre, hat auch das Bundessortenamt umgehend auf die geänderte Situation reagiert. Für die neuen Gelbrosteinstufungen wurden bereits vorab die aktuellen Bonituren aus den Landessortenversuchen und die Resistenzprüfungen des JKI mit einbezogen [12]. Das Zusammentreffen von aggressiver Gelbrost-Rasse, weitverbreitetem Anbau entsprechend anfälliger Sorten und frühzeitig günstigen Infektionsbedingungen löste die Gelbrostepidemie 2014 aus.

Damit ist zwar das generelle Risiko für einen erneut stärkeren Gelbrostbefall für 2015 erhöht. Dies gilt umso mehr als Anpassungen im Anbau hin zu weniger anfälligen Sorten eher mittelfristig zu erwarten sind und sich, auch dadurch bedingt, Gelbrost-Pathotypen meist mehrere Jahre in den Regionen halten. Erfahrungen aus zurückliegenden Jahren belegen dies. Dennoch kann sich eine erneute Gelbrostepidemie nur dann wiederholen, wenn auch 2014/2015 ähnliche günstige Witterungsbedingungen vorherrschen und zudem keine Maßnahmen zur Vermeidung bzw. gezielten Bekämpfung ergriffen werden.

4.3 Maßnahmen zur Vermeidung und gezielten Bekämpfung

Vorbeugende Maßnahmen gegen mögliche Herbstinfektionen sind vor allem eine konsequente Beseitigung des Ausfallgetreides („grüne Brücke“), sowie das Vermeiden von sehr frühen Saatterminen. Auch eine hohe N-Versorgung des Getreides, wie sie bei organischer Düngung oder Leguminosenvorfrucht auftreten kann, fördert den Gelbrost. Doch alle Maßnahmen auf dem eigenen Schlag können nur flankierend wirken, da regelmäßig mit einem Zuflug von Gelbrostsporen aus weit entfernten Anbaugebieten zu rechnen ist. Daher bleibt als nach wie vor wirksamste Vorbeugungsmaßnahme, die Wahl einer möglichst gering anfälligen Sorte.

Unter den **direkten Bekämpfungsmöglichkeiten** ist von der Beizung, selbst bei sorgfältiger Wirkstoffverteilung, allenfalls eine Nebenwirkung auf möglichen Frühbefall zu erwarten. Entscheidend bleibt die aufmerksame Beobachtung der Bestände ab dem Frühjahr. Das zeigen auch die ersten Ergebnisse aus den Fungizidversuchen 2014. Mit rechtzeitigen Fungizidmaßnahmen ließ sich die Epidemie sehr gut verhindern. Durch den frühen und anhaltend starken Infektionsdruck waren hierbei allerdings häufig Folgebehandlungen nötig, die konsequent auf neugeschobene, noch ungeschützte Blätter auszurichten waren. Hochwirksame Fungizidpräparate bzw. –mischungen sind vorhanden, die mit Roststarken Azole sowohl wenige Tage alte Infektionen stoppen können, als auch mit Carboxamid- und vor allem Strobilurin-Wirkstoffen den Blattapparat lang anhaltend vor neuen Infektionen schützen können. Auch hinsichtlich Fungizidresistenz ist bezüglich der Rostbekämpfung bei keiner Wirkstoffgruppe eine Leistungsminderung zu erwarten.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Berry, P. M., Grimmer, M. K., Smith, J. Kindred, D., Paveley, N. D. (2014): Ecological Benefits of Fungicides. In: Dehne, H. W., Deising, H. B., Fraaije, B., Gisi, U., Mehl, A., Oerke, E. C., Russell, P. E., Stammler, G., Kuck, K. H. Lyr, H. (Eds), *Modern Fungicides and Antifungal Compounds*, Vol. VII, S. 23-24

-
- [2] Anonymus (2012): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG), vom 6. Februar 2012. BGBl. I S. 148
- [3] Anonymus (2009): Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden. ABl. L 309 vom 24.11.2009, S. 71
- [4] Verreet, J.-A. (1992): Angewandte Grundlagen des Integrierten Pflanzenschutzes in Weizenanbausystemen – IPS Weizenmodell Bayern. Habilitationsschrift, TU München-Weihenstephan
- [5] Appel, J. (1996): Ein Schwellenkonzept zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten im Gerstenanbau und seine Einführung in Beratung und Praxis. Dissertation, TU München-Weihenstephan
- [6] Tischner, H., Schenkel, B., Eiblmeier, P. (2006): Monitoring für Getreidekrankheiten in Bayern – mehrjährige Auswertungen über die Bedeutung der einzelnen Schaderreger. *Gesunde Pflanzen* 58, S. 34-44
- [7] Hess, M., Nyman, M., Hausladen, H., Weigand, S. (2011): Blattfleckenkomplex an der Gerste – Ursache und Gegenmaßnahmen. In Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): „Klimaänderung in Bayern – Antworten des Pflanzenbaus“, LfL-Schriftenreihe 6/2011, 37-45
- [8] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Hrsg. (2013): „Agrarforschung hat Zukunft – Wissenschaftstagung der LfL“, LfL-Schriftenreihe 4/2013, verschiedene Beiträge unter Arbeitskreis 3
- [9] Brent, K. J., Hollomon, D. W. (2007): Fungicide resistance in crop pathogens: How can it be managed? FRAC Monograph No.1, 2nd ed.
- [10] Weigand, S. (2013): Untersuchungen zur Fungizidresistenz bei Getreidepathogenen. *Getreidemagazin* (18. Jg.) 1/2013, S. 8-14
- [11] Flath, K., Sommerfeldt-Impe, N., Schmitt, A.-K. (2014): Überwachung von Rostpopulationen als Voraussetzung für die Bewertung der Resistenz von Getreidesorten. *Julius-Kühn-Archiv* 447, S.384
- [12] Bundessortenamt, Hrsg. (2014): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2014

Posterpräsentationen



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LFL Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen



Aufgabengruppe AQU 1c
Mikro- und molekularbiologische Analytik von Stoffkreisläufen

Clostridium botulinum in landwirtschaftlichen Biogasanlagen?

Bianca Fröschle, Michael Lebuhn

Hintergrund: In den Medien wird behauptet, landwirtschaftliche Biogasanlagen würden den Krankheitserreger *C. botulinum* verbreiten.

Clostridium botulinum

- obligat anaerob wachsendes Bakterium
- ubiquitär verbreitet (z.B. im Boden)
- durch Bildung von Überdauerungsformen (Sporen) relativ widerstandsfähig
- Auslöser des Botulismus durch Bildung des Nervengifts **Botulinum-Neurotoxin** (auch: „BoNT“ oder „Botox“)



Botulismus – akute Form

schwerwiegende, u.U. tödliche Vergiftung bei Mensch und Tier



„viszeraler“ Botulismus – chronische Form

bei Rindern; Krankheitsbild und ursächliche Beteiligung von *C. botulinum* wissenschaftlich nicht gesichert

Vorkommen im Biogasprozess



Untersucht wurden:
 106 Proben aus Praxis-Biogasbetrieben (Abb. 1) mit unterschiedlicher Substratmischung, vorwiegend Einsatz von Grassilage oder Gülle

Das Screening ergab durchwegs negative Befunde; *Clostridium botulinum* wurde nicht nachgewiesen.

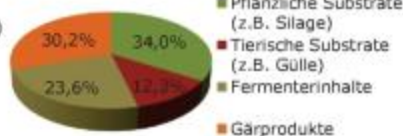


Abb. 1: Anteile der analysierten Probenmatrices

Verhalten im Biogasprozess

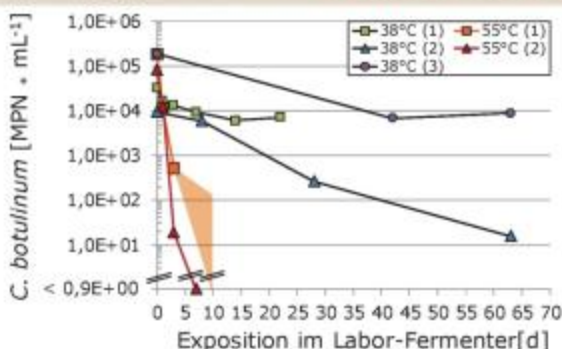


Abb. 2: Reduktion von *C. botulinum* in Laborfermentern bei 38 bzw. 55°; MPN= most probable number, wahrscheinlichste Anzahl

Thermophil (55°C):

- Nach **3 d** Exposition fand bereits eine deutliche **Reduktion** um mindestens **99,7%** statt.
- Die **dezimale Reduktionszeit**, d.h. die Zeit in der die Keimzahl auf ein Zehntel zurückgeht, betrug **1,0 ± 0,2 d**.

Mesophil (38°C):

- Im Vergleich zum thermophilen Betrieb erfolgte die Keimreduktion langsamer.
- Im Prozess waren nach **63 d** mindestens **95,4%** der eingesetzten Bakterien von *C. botulinum* abgetötet.
- Die **dezimale Reduktion** erfolgte innerhalb von **34,6 ± 11,2 d**.



Reduktion im Prozess

Auch der durch die Fähigkeit zur Sporenbildung widerstandsfähige und wärmelebende *C. botulinum* wird im Biogasprozess reduziert.

Verbesserte hygienische Qualität

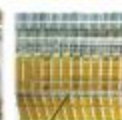
Die hygienische Qualität ist im Gärprodukt gegenüber den Einsatzstoffen wie Gülle oder Mist verbessert.

Keine Vermehrung

Eine Vermehrung der Keime wurde in keinem Fall festgestellt.

Abwesenheit in der Praxis

Bei guter fachlicher Praxis scheint *C. botulinum* in landwirtschaftlichen Biogasanlagen von untergeordneter Bedeutung zu sein.





Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfL Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen
Aufgabengruppe AQU 1c
Mikro- und molekularbiologische Analytik von Stoffkreisläufen

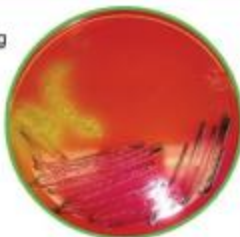


Keimschleuder Biogasanlage?

Durch den Biogasprozess wird nicht nur energetisch nutzbares Methan gebildet, durch ihn werden auch **Krankheitserreger von Mensch, Tier und Pflanze abgetötet** (Hygienisierung).

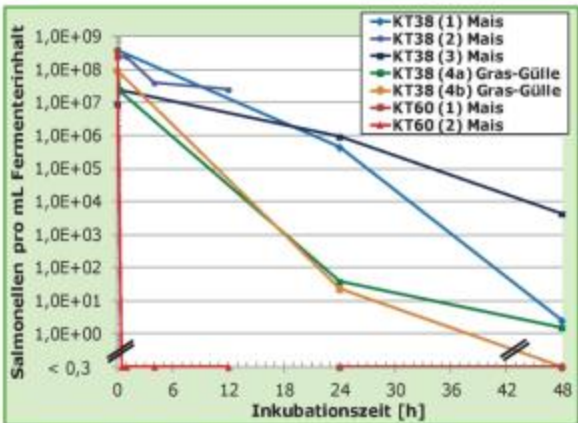
- Das **Ausmaß der Abtötung** hängt u.a. ab von:
- der **Prozesstemperatur**
 - der tatsächlichen **Verweilzeit** der Erreger im Prozess
 - der **Resistenz** der Erreger gegenüber den Prozessbedingungen
 - der Gegenwart von **Fraßfeinden und Nahrungskonkurrenten**
 - **chemischen Prozessfaktoren** (z.B. Ammoniak-Konzentration)

Salmonellen werden neben anderen Indikatororganismen als Untersuchungsparameter zur Bewertung des Hygienisierungsstatus von Produkten bzw. der Hygienisierungsleistung von Prozessen herangezogen. Sie sind u.a. zentraler Bestandteil der Untersuchungen nach der Tierische Nebenprodukte-Beseitigungs-, der Düngemittel- und der Bioabfall-Verordnung (**TierNebV, DÜMV, BioAbfV**).



Abtötung von Salmonellen durch den Biogasprozess

In einem vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projekt wurde an der LfL die Abtötung von Salmonellen im thermophilen und mesophilen Biogasprozess mit Mais- und Grassilage untersucht.



- Thermophil (hier 60°C):**
- Schon nach **30 min** Exposition konnten von anfangs 10⁸ zugesetzten **keine Salmonellen** mehr nachgewiesen werden.
 - Die **dezimale Reduktionszeit**, d.h. die Zeit in der die Keimzahl auf ein Zehntel zurückgeht, betrug weniger als **3,2 Minuten**.
- Mesophil (hier 38°C):**
- Erwartungsgemäß erfolgte die Keimreduktion im Vergleich zum thermophilen Betrieb langsamer.
 - Im Prozess mit Maissilage nach **2 Tagen** mindestens **99,95%** der Salmonellen abgetötet.
 - Im Prozess mit Grassilage/Gülle war die Abtötung initial deutlich intensiver.
 - Die **Reduktion auf ein Zehntel** der Keimzahl erfolgte im Mittel in **7,0 Stunden**.

Screening auf Salmonellen in Gärresten

Weiterhin wurden Gärreste aus meso- und thermophilem Prozessbetrieb auf das Vorkommen von Salmonellen untersucht.



- 22 Gärrest-Proben aus 11 Praxisanlagen
 - 23 Gärrest-Proben aus Laborfermentern
- mit jeweils unterschiedlicher Substratmischung



Das Screening ergab durchwegs negative Befunde; es konnten **keine Salmonellen** nachgewiesen werden.



Aus einer Reihe anderer Untersuchungen ergab sich bisher kein Hinweis, dass sich **andere Krankheitserreger** im Biogasprozess vermehren würden.



Spurenelemente in der landwirtschaftlichen Biogasproduktion

Bernhard Munk, Michael Lebuhn

Einleitung

Spurenelemente, meist Metalle bzw. Schwermetalle, spielen eine essentielle Rolle bei der anaeroben Vergärung. Sie werden bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen und in der Tierernährung eingesetzt. Vor allem bei der Mono-Vergärung mancher nachwachsender Rohstoffe wie z.B. Mais kann es bei bestimmten, für den Prozess wichtigen Mikroorganismen zu einem Mangel kommen, dem durch die gezielte Zugabe vorgebeugt oder entgegengewirkt werden kann [1-3]. Allerdings können die meisten Spurenelemente als Schwermetalle in höherer Konzentration toxisch wirken und erfordern deshalb einen vorsichtigen Umgang.

Material und Methoden

- Verschiedene Gärsubstrate sowie Gärgemische mit und ohne Spurenelementverarmung
- Extraktionen (Gesamtgehalte) mittels ICP-OES („optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas“) auf Spurenelementgehalte untersucht
- Bestimmung von Spurenelementkonzentrationsbereichen für einen optimalen Gärprozess

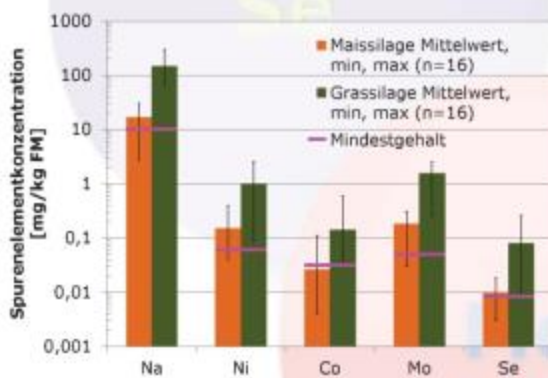


Abbildung 1: Spurenelementkonzentrationen in Mais- und Grassilage aus Bayern

Tabelle 1: Mindestgehalte und „Wohlfühlbereiche“ für wichtige Spurenelemente in Gärgemischen landwirtschaftlicher Biogasanlagen

[mg/kg FM]	Mindestgehalt	„Wohlfühlbereich“
Na	> 10	25 – 1.000
Ni	> 0,06	0,12 – 1,0
Co	> 0,03	0,06 – 0,50
Mo	> 0,05 (?)	0,08 – 0,50
Se	> 0,008 (?)	0,01 – 0,05

FM: Frischmasse; (?): noch nicht abgesichert;

Ergebnisse und Diskussion

- **Geringere Spurenelementkonzentration** in Maissilage als in **Grassilage** (Abbildung 1) [4]
- **Unterversorgung von Kobalt, Natrium, Nickel und Selen** beim Betrieb mit Maissilage möglich [1-3]
- Defizite im Substrat durch **spezifische Zugabe** von Spurenelementen bzw. Gülle oder Grassilage als Substitute auf Basis von **Bilanzierungen** ausgleichen (Tabelle 1), um Betriebsstörungen vorzubeugen
- **Höhere Zugabe** als zum optimalen Prozessbetrieb benötigt, führt zu **keiner weiteren Steigerung** der Produktivität, sondern kann **toxische Wirkungen** hervorrufen.

Schlussfolgerungen

Ein spezifisch angepasster Zusatz von Spurenelementen oder substituierenden Substraten kann bei entsprechendem Mangel den Biogasprozess optimieren. Die zuzusetzenden Mengen sind für jede Biogasanlage und Betriebsweise spezifisch zu berechnen, um nur die nötige Konzentration einzusetzen und mögliche Gefahren für Mensch und Umwelt zu vermeiden.

[1] M. Lebuhn, F. Liu, H. Pfeiffer, A. Griesler (2008) Biogas production from mono-digestion of maize silage – long-term process stability and measurements. *Water Sci. Tech.* 58(5): 1045-1051, doi: 10.2166/wst.2008.495.

[2] B. Munk, C. Raus, A. Griesler, M. Lebuhn (2010) Population dynamics of methanogens during cocultivation of biogas fermenters fed with maize silage. *Engineering in Life Sciences*, 10, 496-508, doi:10.1002/elsc.201000056.

[3] B. Munk, M. Lebuhn (2014) Process diagnosis using methanogenic *Archaea* in maize-fed, trace element depleted fermenters. *Archives*, 29, 22-28, DOI:10.1016/j.archb.2014.04.002, pp. 7

[4] M. Lebuhn, B. Munk, H. Ellenberger (2014) Agricultural biogas production in Germany – from practice to microbiology basics. *Energy, Sustainability and Society*, 4:10, doi:10.1186/2192-0567-4-10.



Veränderungen der Schimmelpilzflora von Getreide in den letzten Jahrzehnten

G. Strauß

Einleitung

Getreide- und Getreideprodukte zeichnen sich durch ihre große Bedeutung für die Herstellung von Lebens- und Futtermitteln aus. Insbesondere für die moderne Landwirtschaft sind qualitativ hochwertige Futtermittel unabdingbar. Eine ganz wesentliche Rolle spielt bei diesen Getreideprodukten die mikrobiologische Qualität, die durch die Entdeckung immer neuer Mykotoxine eine zunehmende Relevanz erhält. Im Rahmen einer Datenauswertung wurde die Veränderung der mikrobiologischen Qualität (Keimgehalte) der Jahre 2009 bis 2011 im Vergleich zu Daten aus den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts untersucht.

Abb. 1: Kolonien typischer Vertreter von Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen auf Nährbodenplatten zur Bestimmung des Keimgehaltes.



Versuchsdurchführung

In repräsentativen Proben von wirtschaftseigenem Futtermittelgetreide (Weizen, Gerste, Hafer) aus westdeutscher Produktion der Jahre 2009 bis 2011 wurden mittels der VDLUFA-Methode 28.1.2 die Keimgehalte an aeroben mesophilen Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen bestimmt (Abb. 1). Die Werte wurden verglichen mit Daten, die Dr. H.-L. Schmidt an der LUFA Speyer in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts erarbeitet hat.

Ergebnisse I

Der Vergleich der Keimgehalte in repräsentativen Proben aus den Erntejahren 2009 bis 2011 zu Daten aus den 60er und 70er Jahren zeigt bemerkenswerte Entwicklungen. Die Differenzierung und Quantifizierung der Keimflora bestätigt evidente Unterschiede in der Keimbelastung und im Keimspektrum zwischen den Getreidearten, die sich aus der Routine-Diagnostik schon abzeichneten. Insbesondere Hafer weist im Vergleich zu Gerste und Weizen erhöhte Werte auf (Tab. 1), was sich mit Erfahrungen aus Praxisproben der letzten Jahrzehnte deckt.

Tab. 1: Keimgehalte von Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen auf Weizen, Gerste und Hafer (Kornproben). Angegeben sind der Prozentsatz der Proben, in denen mehr als 50 Tsd. KBE/g nachweisbar waren (KBE: Kolonie-bildende Einheiten).

Schimmelpilze/Hefen	Weizen			Gerste			Hafer		
	1960-1980	2009-2011	best./früher (%)	1960-1980	2009-2011	best./früher (%)	1960-1980	2009-2011	best./früher (%)
	>50Tsd (KBE/g)	>50Tsd (KBE/g)		>50Tsd (KBE/g)	>50Tsd (KBE/g)		>50Tsd (KBE/g)	>50Tsd (KBE/g)	
Alternaria/Epicoccum/Cladosporium	38,0	8,7	23	46,6	16,7	41	70,9	53,6	76
Fusarium spp.	14,3	-	0	12,6	-	0	16,4	12,1	74
Verticillium spp.	+	-	-	-	-	-	14,6	1,8	12
Acromonium spp.	k.A.	-	-	k.A.	6,7	>>	k.A.	46,2	>>
Hefen	38,0	10,9	27	31,2	40,0	128	63,6	70,8	111
Penicillium spp.	67,1	-	0	81,2	-	0	60,0	13,2	22
Aspergillus spp.	-	6,1	-15	-	3,3	-5	-	4,8	-10
- A. candidus	33,3	-	-	55,4	-	-	30,9	-	-
- A. fumigatus	14,3	-	-	18,7	-	-	12,7	-	-
- A. terreus	9,5	-	-	9,4	-	-	14,5	-	-
- A. ochraceus	+	-	-	6,2	-	-	+	-	-
A-Olaurus-Gruppe	-	4,2	>>	15,8	3,3	21	18,1	16,8	98
Mucor/Rhizopus-Arten	9,5	-	0	15,6	-	0	9,0	-	0
Waldmispilz spp.	k.A.	4,8	-	k.A.	-	-	k.A.	4,8	-

Ergebnisse II

Die Differenzierung der Schimmelpilzflora auf Getreidekörnern ergab, dass viele potente Mykotoxinbildner, die vor 60 Jahren noch in hohen Konzentrationen vorhanden waren, aus heutigen wirtschaftseigenen Getreideproben praktisch verschwunden sind. Hierzu zählen typische Lagerpilze, die den Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* zugerechnet werden (Tab. 1).

Diskussion

Die Ergebnisse offenbaren den bemerkenswerten Fortschritt hinsichtlich der mikrobiologischen Qualität bei Futtermittelgetreide in den letzten 60 Jahren. Insbesondere die Reduktion der Lagerpilze lässt den Schluss zu, dass Verbesserungen der Lagerbedingungen, des Trocknungsgrades und konservierende Maßnahmen einen entscheidenden Einfluss daran hatten.

Parallele Untersuchungen zur Strohqualität im gleichen Zeitraum liefern dagegen Hinweise, dass sich hier die Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen deutlich erhöht haben, was auch auf dessen veränderte Wertigkeit in der modernen Landwirtschaft zurückgeführt werden kann.

Literatur:

- Strauß, G., 2013: Veränderungen der Schimmelpilz- und Bakterienflora von Getreide und Stroh in den letzten Jahrzehnten. 125. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kongressband 012-020
- Schmidt, H.-L., 1961: Die Mikroflora des Getreides als Qualitätsfaktor von Futtermitteln. Swiss Food 3, 45-49



Veränderungen der Schimmelpilz- und Bakterienflora von Stroh in den letzten Jahrzehnten

G. Strauß

Einleitung

Stroh als Nebenprodukt der Getreideproduktion hat in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung verloren: In geringem Umfang erfolgt eine Nutzung als Einstreumaterial und als Futtermittelbestandteil mit hohem Strukturwert. Für einen landwirtschaftlichen Einsatz in der Tierhaltung und Tierernährung spielt gerade die mikrobiologische Qualität bei Stroh eine wesentliche Rolle (Abb. 1). Untersuchungen von Strohproben aus Praxisbetrieben in der letzten Jahrzehnte verdeutlichen eine bemerkenswerte Veränderung der Qualität.

Abb. 1: Rundballenstroh. Die Verwertung in der landwirtschaftlichen Praxis spielt heute eine untergeordnete Rolle.



Versuchsdurchführung

In repräsentativen Strohproben aus westdeutschen Praxisbetrieben wurden mittels der VDLUFA-Methode 28.1.2 die Keimgehalte an aeroben mesophilen Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen bestimmt. (Abb. 1). Aus Datenbanken wurden die Keimgehalte verglichen aus den Jahren vor 1990 (Dr. H.-L. Schmidt, LUFA Speyer) mit Werten aus dem Jahr 2000 und 2011 (LUFA Speyer).



Abb. 2: Keimgehalte (KBE/g) an Bakterien auf Strohproben aufgeteilt in Häufigkeitsklassen). Verglichen wurden Analysen aus den Jahren vor 1990, aus dem Jahr 2000 und 2011. Die Keimzahlbestimmungen bestätigen eine deutliche Zunahme der Bakterienzahlen. (KBE/g: Kolonie-bildende Einheiten pro Gramm)

Ergebnisse I: Bakterienkeimgehalte

Die Analyse der Keimgehalte an Bakterien ergab, dass in Proben vor 1990 die meisten Proben (33 %) zwischen 50 bis 100 Mio. KBE/g aufwiesen. In Untersuchungen aus den Jahren 2000 und 2011 wurden übereinstimmend höhere Keimgehalte festgestellt: die Mehrzahl der Proben (50 bzw. 48 %) enthielten Bakterienkeimgehalte zwischen 1 bis 5 Mrd. KBE/g (Abb. 2). Die Werte entsprechen Zahlen, die auch aus Routine-Diagnostik bekannt sind.



Abb. 3: Keimgehalte (KBE/g) an Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen auf Strohproben aufgeteilt in Häufigkeitsklassen. Verglichen wurden Analysen aus den Jahren vor 1990, aus dem Jahr 2000 und 2011. Die Keimzahlbestimmungen ergaben eine offensichtliche Zunahme der Keimgehalte. (KBE/g: Kolonie-bildende Einheiten pro Gramm)

Ergebnisse II: Gehalte an Schimmelpilzen/Hefen

Verglichen mit den Strohproben vor 1990 waren Proben aus den Jahren 2000 und 2011 höher mit Schimmelpilzen/Hefen höher belastet (Abb. 3). Der Großteil der Proben vor 1990 (30 %) wies einen Keimgehalt von 10 bis 50 Tsd. KBE/g auf, während Strohproben aus den Jahren 2000 (63 %) bzw. 2011 (68 %) meist zwischen 10 bis 50 Mio. KBE/g enthielten.

Diskussion

Diametral zur Verbesserung der Futtermittelgetreidequalität hat sich die mikrobiologische Qualität von Stroh in den letzten Jahrzehnten ungünstig entwickelt. Diese Qualitätsverschlechterungen gehen einher mit einer veränderten Erntetechnik (z.B. Großballen) und schlechteren Lagerbedingungen. Beim Einsatz von Stroh in der Tierhaltung bzw. bei hohen Qualitätsansprüchen sind dementsprechend angemessene Maßnahmen zur Verbesserung der Strohqualität zu berücksichtigen.

Literatur:

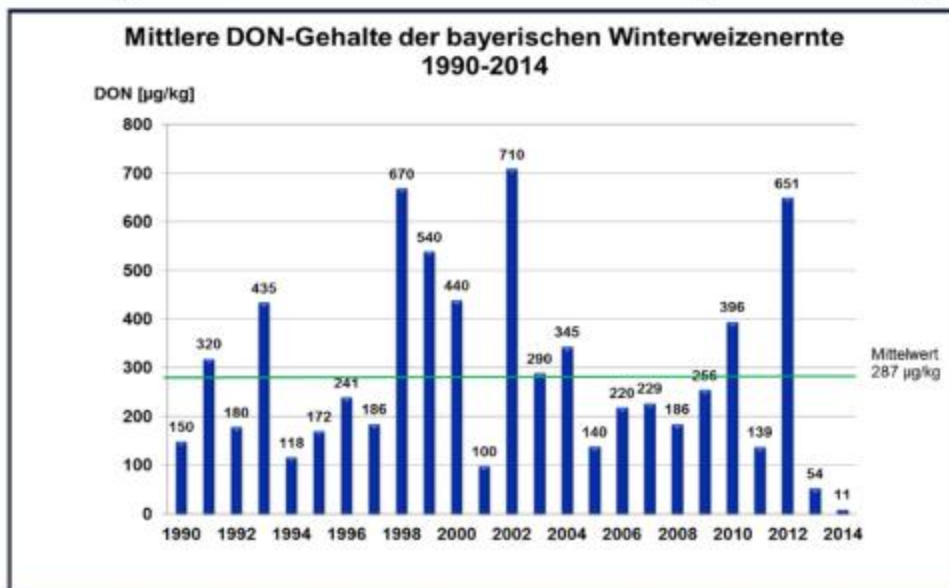
Strauß, G., 2013: Veränderungen der Schimmelpilz- und Bakterienflora von Getreide und Stroh in den letzten Jahrzehnten. 125. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kongressband 812-820



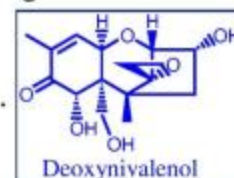
Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft
 Abteilung Qualitätssicherung und
 Untersuchungswesen



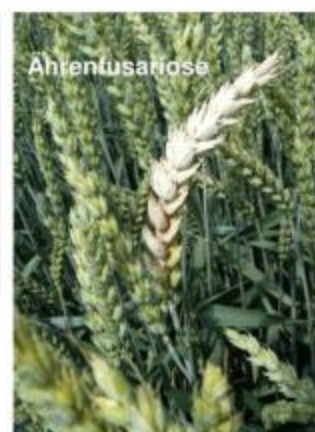
Belastung von Winterweizen mit Deoxynivalenol (DON)



- ❖ Winterweizen ist wichtigstes Futter- und Brotgetreide.
- ❖ Befall durch Feldpilze der Gattung *Fusarium sp.* führt zu Ährenfusariosen.
- ❖ Pilzliche Sekundärmetaboliten können Probleme in der Nahrungskette verursachen.
- ❖ Wichtigstes Fusarientoxin ist Deoxynivalenol (DON).
- ❖ Seit 1990 Monitoring von Wintergetreide in Bayern an der LfL.
- ❖ **Ergebnis Ernte 2014:** geringster Befall seit Beginn der Aufzeichnung mit Maximalbelastung bei 133 µg/kg.
- ❖ In Fusarienjahren liegen bis zu 12 % der Proben über EU-Grenzwert.



Einzelkörner (Ø, n = 5)	Gewicht [mg]	DON [µg/g]
Gesundes Korn	58,7	2,5
Fusariumkorn weiß	31,1	115,6
Fusariumkorn rot	31,8	67,5



Mittlere DON-Gehalte gesunder und typischer Fusarienkörner einer stark belasteten Probe des Jahres 2004

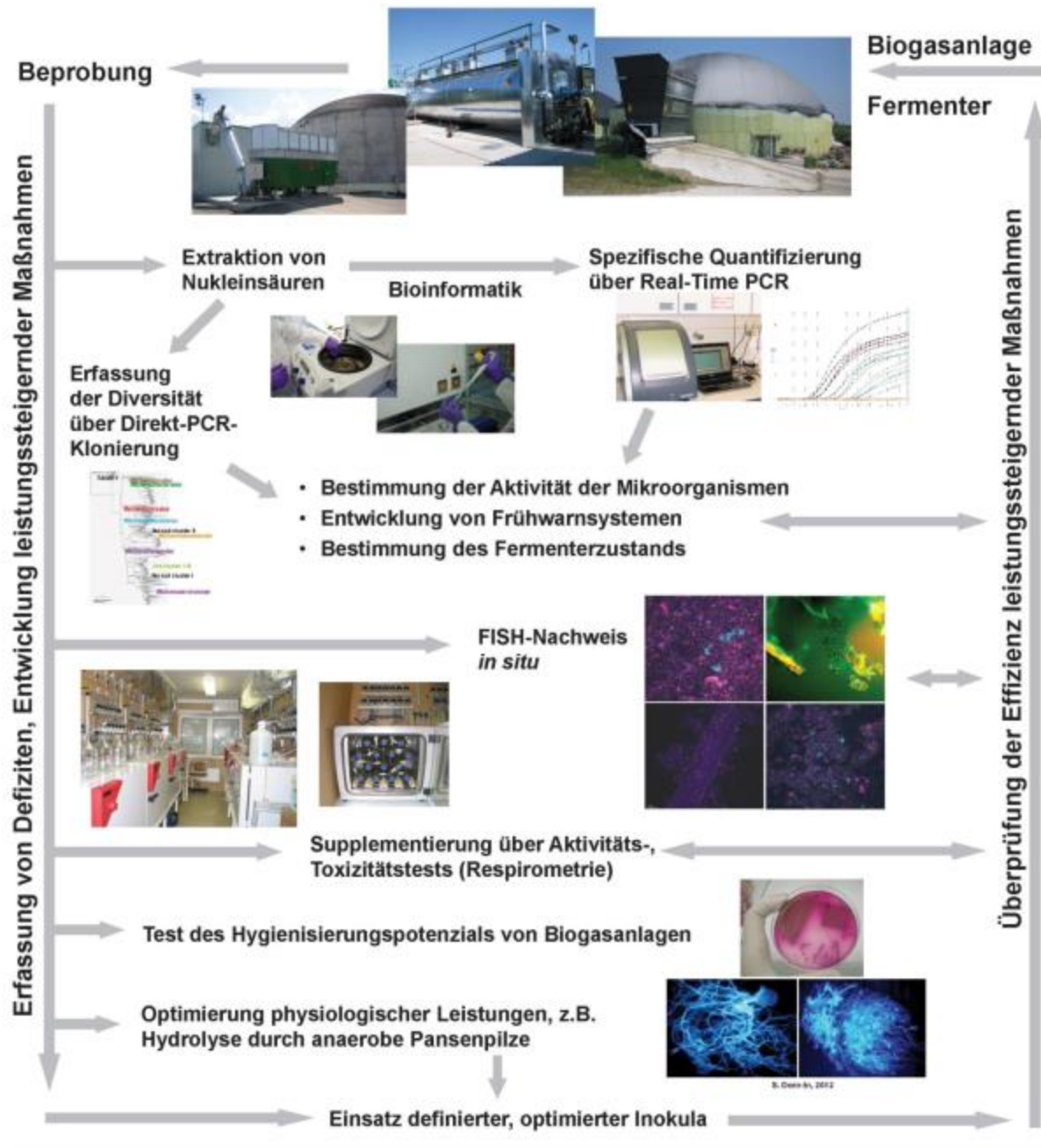
EU-Grenzwerte (Verordnung 1881/2006) für DON

Unverarbeitetes Getreide	1 250 µg/kg
Unverarbeiteter Hartweizen, Hafer und Mais	1 750 µg/kg
Zum Verzehr bestimmtes Getreide und Teigwaren	750 µg/kg
Brot, Backwaren, Kekse, Getreide-Snacks und Frühstückscerealien	500 µg/kg
Babynahrung	200 µg/kg



Mikrobiologie – Optimierung eines Kraftwerks der Zukunft

M. Lebuhn, B. Munk, B. Fröschle, V. Dollhofer





Verbesserung der Ertragsleistung der Weißen Lupine durch Erhöhung der Anthraknoseresistenz

Jacob, I.¹, Deyerler, M.², Feuerstein, U.³, Geißendörfer, H.², Heinz, M.², Schweneker, D.³, Urbatzka, P.¹

Einleitung und Zielsetzung

Derzeit ist der Anbau der Weißen Lupine (*Lupinus albus* L.), eine aufgrund ihres Rohproteingehaltes und ihrer Aminosäurezusammensetzung als besonders wertvoll geltende heimische Eiweißpflanze, wegen der mangelnden Anthraknoseresistenz der momentan verfügbaren Sorten stark begrenzt. Von der Saatzeit Triesdorf wurden in einem früheren Forschungsvorhaben Genbankakzessionen der Weißen Lupine in Bezug auf deren Anfälligkeit gegen Anthraknose untersucht und als Zuchtmaterial eingesetzt. Von 2012 bis 2014 wurden die daraus entstandenen Linien hinsichtlich ihrer agronomischen Eigenschaften, aber besonders in Hinblick auf ihre Resistenz geprüft. Ziel des Vorhabens ist die Identifizierung von anthraknoseresistenten Sortenkandidaten.



Abb. 1: Anthraknosebefall in Leutewitz 2013. Links Zuchtstamm 125, rechts Amiga.

Material und Methoden

Insgesamt 20 ausgewählte Zuchtstämme der Weißen Lupine wurden zusammen mit zwei Vergleichssorten (Amiga und Feodora) in drei Jahren an vier bis sechs konventionell bzw. ökologisch bewirtschafteten Standorten in Deutschland in Feldversuchen geprüft. Die Bonituren wurden nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (2000) durchgeführt. Die statistische Auswertung der Kernerträge erfolgte mit SAS 9.2.

Ergebnisse und Diskussion

In den drei Versuchsjahren trat an den verschiedenen Standorten jeweils ein unterschiedlich hoher Befall mit *Colletotrichum lupini* auf. Auch bei teilweise massivem Krankheitsdruck (Abb. 1) überzeugten die meisten Zuchtstämme mit einem geringeren Krankheitsbefall als die beiden Verrechnungssorten Amiga und Feodora (Abb. 2).

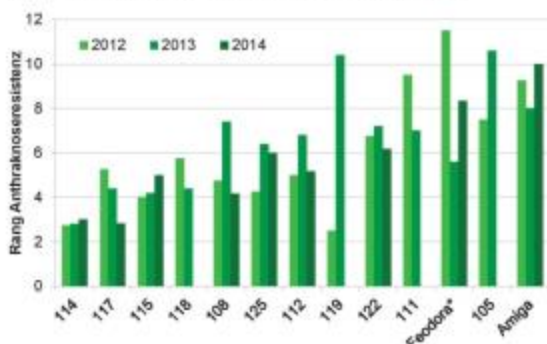


Abb. 2: Anthraknoseresistenz der zwei- und dreijährig geprüften Zuchtlinien und Verrechnungssorten 2012-2014. *) Feodora 2012: zwei Standorte, ein Standort 14 Tage später gesät.

Infolge des verbesserten Resistenzniveaus erzielten alle Zuchtlinien höhere Kernerträge als die Verrechnungssorten Amiga und Feodora. Der resistensteste Stamm, die Linie 114, erreichte den höchsten Kernertrag. Der Vorteil der Zuchtlinien gegenüber den bisher verfügbaren Sorten wird zudem in der Ertragsstabilität sichtbar (Tab. 1).

Tab. 1: Kernertrag und Ertragsstabilität zweijährig geprüfter Zuchtstämme.

Bezeichnung	Relativertrag [%]*	SNK	Ertragsstabilität	
			CV = 100*STABW/overall mean	
114	119	A	38,2	
115	114	AB	43,9	
112	113	ABC	43,7	
108	112	ABC	45,7	
125	110	ABCD	52,3	
118	108	ABCD	53,8	
117	107	ABCD	48,5	
105	103	ABCD	59,3	
111	98	BCD	51,8	
122	93	CD	65,4	
119	91	D	66,3	
Feodora*	70	E	89,3	
Amiga	61	E	90,2	

*) fünf Orte, in Hohenkammer 2012 14 Tage später gesät, *) adjustiertes Mittel aus 2012 und 2013, sieben Orte, 100 % = 24,51 dt/ha. Verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede, SNK, P < 0,05.

Fazit

Mit den im Projekt geprüften Zuchtlinien wurde ein deutlicher Zuchtfortschritt hinsichtlich des Merkmals Anthraknoseresistenz erzielt. Durch die verbesserte Resistenz werden der Kernertrag und die Ertragsstabilität positiv beeinflusst.

Aus diesen Linien entstehende Sorten könnten dazu beitragen, die Ertragsicherheit und somit die Anbaubedeutung der Weißen Lupine zu erhöhen.



¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising, www.LfL.bayern.de
² Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf, Markgrafenstraße 12, 91746 Weidenbach, www.triesdorf.de
³ Deutsche Saatveredelung AG, Steimker Weg 7, 27330 Asendorf, www.dsv-saaten.de



Modellierung klimawandelbedingter Erträge und Analyse des Produktionsrisikos im Marktfruchtbau

Thomas Felbermeir

Forschungsfragen

- Wie verändern sich zukünftig **pflanzenbaulich relevante Klimaparameter** an ausgewählten Untersuchungsstandorten in Bayern?
- Welche Konsequenzen resultieren daraus für die **Höhe und Stabilität der Erträge** bestimmter Marktfrüchte?
- Wie beeinflussen die Durchführung einer Bewässerung einerseits sowie der Abschluss einer Ertragsversicherung andererseits als **Anpassungsmaßnahmen** an den Klimawandel **Rentabilität und Risiko** der untersuchten Marktfrüchte?

Untersuchungsgrundlage

Referenzzeiträume



Kulturen und Standorte

- Winterweizen
- Silo- / Körnermais
- Winter- / Sommergerste
- Wintererbsen
- Kartoffeln



Anpassungsmaßnahmen

- Bewässerung**
 - ab 50% nutzbarer Feldkapazität (nFK)
 - bis höchstens 80% nFK
 - pro Bewässerungsdurchgang maximal 40 mm
- Versicherung**
 - Schadenersatzleistung ab Unterschreitung von 75% des durchschnittlichen Ertrages
 - Versicherungsprämie in Höhe des 1,3-fachen Erwartungswertes der Schadenersatzleistung

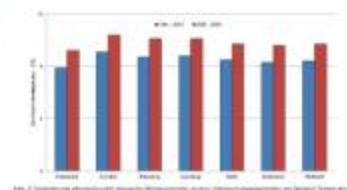
Modelle

Ergebnisse

Klima



- Das Klimamodell liefert standortbezogene Werte, die für konkrete Wertenstationen gelten
- Die errechneten Ergebnisse stellen den arithmetischen Mittelwert auf der Basis zehn gleich wahrscheinlicher Realisationen des Klimamodells dar

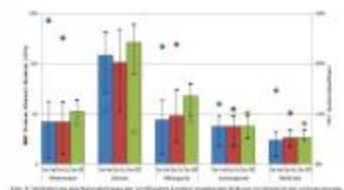


- Im Mittel der Untersuchungsstandorte erhöht sich die Durchschnittstemperatur um ca. 1,5 °C. Daraus resultiert eine:
 - Verlängerung der Vegetationsperiode um 19 Tage
 - Zunahme der Hitzetage (Maximtemperatur > 30 °C) um 152 %
 - Absinkne der Eistage (Maximtemperatur < 0 °C) um 47 %

Erträge

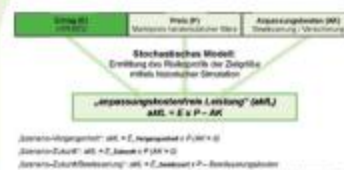


- Der arithmetische Mittelwert beschreibt das durchschnittliche Ertragsniveau der Kulturen
- Die Spannbreite zwischen Minimum und Maximum sowie der Variationskoeffizient charakterisieren die Streuung der Erträge

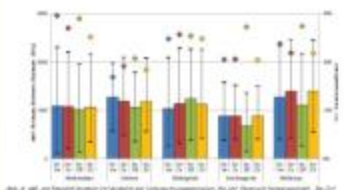


- Im Gegensatz zu den C₄-Pflanzen (Weizen, Gerste, Raps) verursacht die Klimaänderung bei der C₃-Pflanze Mais eine Verschlechterung mit Blick auf die Höhe und Stabilität der Erträge

Ökonomie



- Das ermittelte Risikoprofil beschreibt die Wahrscheinlichkeitsverteilung der anpassungskostenfreien Leistung (AKL)



- Je größer der Mittelwert der AKL, desto rentabler ist die Produktion
- Je niedriger der Variationskoeffizient der AKL, desto geringer ist das Produktionsrisiko

Fazit

- Im Mittel der Untersuchungsstandorte steigt die **Temperatur** um 16% an, der **Niederschlag** geht um 2% zurück, die **Strahlung** nimmt um 5% zu und die **CO₂-Konzentration** erhöht sich um 28%.
- In der Mehrzahl der untersuchten Fälle steigen die **Erträge** von Winterungen geringfügig an, während bei Sommerungen eher schwache Rückgänge zu verzeichnen sind. Tendenziell nimmt die **Stabilität** der Erträge bei Winterungen zu, wohingegen sie bei Sommerungen nachlässt.
- Maßnahmen zur **Risikoreduzierung verursachen Kosten** und verschlechtern daher in der Regel die Rentabilität der Produktion.
- Die **Bewässerung** steigert zwar die Naturalerträge, senkt jedoch das Produktionsrisiko aufgrund der hohen fixen Kosten nicht. Die **Versicherung** erweist sich bei genauer Kenntnis der Ertrags- und Preislage als die effizientere Lösung zur Senkung des Produktionsrisikos.



LFL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz



Tropfbewässerung von Kartoffeln



Abb. 1: Verlegen der Tropfschläuche beim Dammbilden

Wasser als begrenzender Faktor

Wasser ist kostbar und nur begrenzt verfügbar. In der pflanzlichen Erzeugung ist Wasser ertragsbegrenzend.

Wegen des Klimawandels wird die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen in den nächsten Jahrzehnten an Bedeutung gewinnen.

In Bayern werden derzeit weniger als 3% der Ackerflächen bewässert.

Zielsetzung

Gegenstand des Projektes ist die Erprobung energie- und wassersparender Bewässerungsverfahren.

Ziel ist es, die bayerischen Landwirte bei der Bewässerung in Zukunft bestmöglich zu unterstützen.

Methode

Feldversuche an verschiedenen Standorten dienen der Optimierung der Tropfbewässerung von Speisekartoffeln.

Gegenüber anderen Bewässerungsverfahren lassen sich mit Tropfbewässerung bei gleicher Wirksamkeit etwa 30 % an Wasser und Energie einsparen.

Tropfschläuche werden in bzw. zwischen die Kartoffeldämme gelegt.

Beim Unterschreiten bestimmter Bodenfeuchtegehalte wird gezielt bewässert.

Der optimale Feuchtegrenzwert im Boden, ab dem eine Bewässerung sinnvoll ist, soll bestimmt werden.

Außerdem wird der Nutzen von Fertigation (Flüssigdüngung über die Tropfschläuche) untersucht.



Abb. 2: Gezielte Bodenbefeuchtung an Tropfstellen

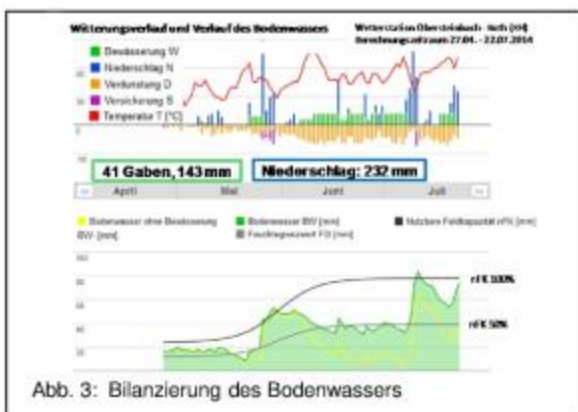


Abb. 3: Bilanzierung des Bodenwassers

Sven Küpke¹⁾, Markus Demmel¹⁾, Benjamin Blumenthal²⁾, Robert Brandhuber²⁾, Martin Müller²⁾
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising¹⁾ und
 Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz²⁾, Lange Point 6, 85354 Freising
 Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.³⁾, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Tropfbewässerung von Kartoffeln

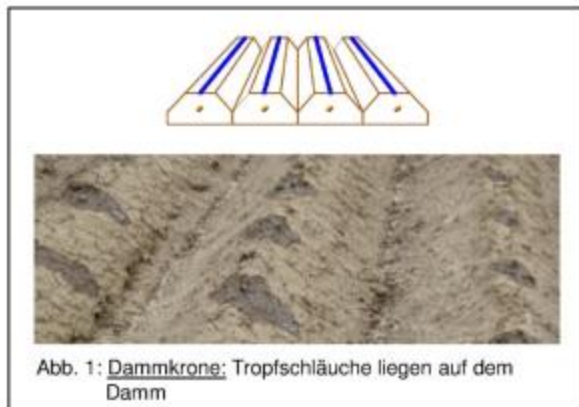


Abb. 1: Dammkrone: Tropfschläuche liegen auf dem Damm

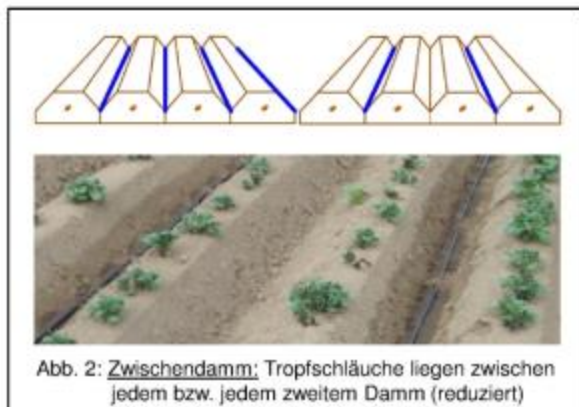


Abb. 2: Zwischendamm: Tropfschläuche liegen zwischen jedem bzw. jedem zweiten Damm (reduziert)

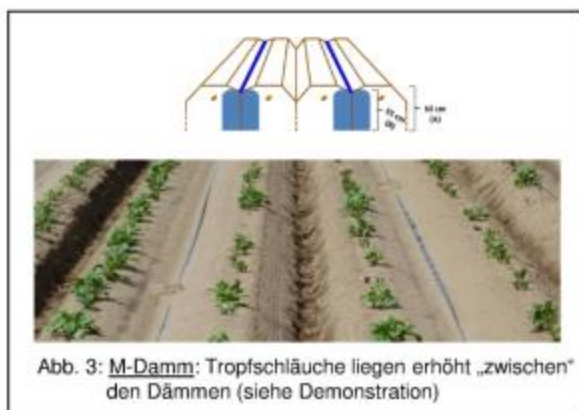


Abb. 3: M-Damm: Tropfschläuche liegen erhöht „zwischen“ den Dämmen (siehe Demonstration)

Bewässerungsmanagement, Regelsteuerung

Bewässerungsbeginn nach abgestuften Bodenfeuchtigkeitsgrenzwerten und mit unterschiedlichen Wassergaben unter Verwendung verschiedener Tropfschläuche und Positionen

Berechnung des Wasserhaushalts und Entwicklung eines Bewässerungsmodells:

Bodenwasser Modell Weihenstephan

Platzierung der Tropfschläuche

Dammkrone: Optimale Lage - aber hoher Arbeits- und Kostenaufwand

Zwischendamm: Leicht zu verlegen - aber insbesondere auf sandigen Böden keine optimale Befeuchtung des Wurzelraumes im Damm

Reduzierter Zwischendamm: Vorteile durch Kosteneinsparung, da nur die Hälfte an Schläuchen benötigt wird. Auf Sandböden eventuell eingeschränkte Befeuchtung des Dammes.

M-Damm: Vorteile durch Kosteneinsparung wie beim reduzierten Zwischendamm. Da der Tropfschlauch hier höher liegt als im Zwischendammverfahren, ergibt sich insbesondere auf sandigen Böden eine bessere Durchfeuchtung des Dammes.



Sven Kupke¹⁾, Markus Demmel¹⁾, Benjamin Blumenthal²⁾, Robert Brandhuber²⁾, Martin Müller³⁾

¹⁾ Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising¹⁾ und

²⁾ Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz²⁾, Lange Point 6, 85354 Freising

³⁾ Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.³⁾, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising



Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz
Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Anpassung an den Klimawandel: Streifenlockerung (Strip Tillage)

R. Brandhuber¹⁾, M. Demmel²⁾, S. Kupke²⁾, H. Kirchmeier²⁾, S. Lutz²⁾ und B. Blumenthal¹⁾



Was ist „Strip Tillage“?

- Vor der Aussaat von Reihenfrüchten (auch Raps!) werden im Bereich der Saat auf etwa 20 cm Breite die Ernterückstände/Zwischenfrucht zur Seite geräumt und der Boden auf ca. 15 – 20 cm mit Zinken und/oder Scheiben gelockert
- Dabei kann gleichzeitig ein Dünger (fest/flüssig, mineralisch/organisch) eingearbeitet werden
- Die Lockerung erfolgt entweder direkt vor der Saat, oder bereits im Herbst (schwerer Boden)
- Die Schlepper müssen mit einer hochgenauen, automatischen Lenkung (RTK GPS) ausgerüstet sein

Potenzial der Streifenlockerung

- Verbesserung der Akzeptanz für konservierende Bestellung/Mulchsaat ohne Saatbettbereitung:
 - Schnelle Bodenerwärmung und Abtrocknung im Frühjahr im gelockerten Streifen
 - Kein störendes Stroh in der Saatreihe
 - Frostgärer und abgesetzter Boden im Wuchsraum
- Gülleeinbringung im Frühjahr ohne ganzflächige Bodenbearbeitung (hoher Erosionsschutz!)
- Geringerer Zugkraftbedarf und Treibstoffverbrauch als bei ganzflächiger Bodenbearbeitung

Projektziele und Ergebnisse

- Zusammenarbeit mit 3 Praxisbetrieben, Versuchsstation Puch und LVFZ Achselschwang:
 - Umsetzung von „Strip Tillage“ auf einzelnen Feldern bei Mais und Zuckerrüben (Raps)
 - Prüfung der Technik und Auswirkungen auf Ertrag und Bodenwasserhaushalt
 - Optimierung und Anpassung der Verfahren an bayerische Bedingungen
- Ertrag bei Zuckerrüben und Mais auf dem Niveau der Mulchsaat mit Saatbettbereitung
- Frühjahrslockerung bei hohen Tongehalten und/oder Zuckerrüben problematisch

Variante	Körnermaisertrag (t/ha)				mittlerer Körnermaisertrag (t/ha)
	2010	2011	2012	2013	
Strip Tillage mit Zinken (mit Gülle) direkt in Frühjahr	10,2	10,7	11,9	8,4	10,8
Strip Tillage mit Zinken (mit Gülle) nach Stoppbearbeitung	11,3	10,7	13,0	7,7	10,7
Strip Tillage mit Scheiben (mit Gülle) direkt in Frühjahr	9,9	8,7	11,5	5,9	9,3
Strip Tillage mit Scheiben (mit Gülle) nach Stoppbearbeitung	10,0	10,3	11,7	7,4	9,9
Mitbewert Strip Tillage (mit Gülle) direkt in Frühjahr	10,4	10,2	11,7	8,2	10,1
Mitbewert Strip Tillage (mit Gülle) nach Stoppbearbeitung	10,7	10,6	12,4	7,6	10,3
Betriebsüblich – Gülleeinbringung mit Bodenbearbeitung (Pluribus/Yetter) + Mulchsaat	9,9*	11,7*	12,5	8,2	10,4

* betriebsüblich zusätzlich 40 kg N/ha Harnstoff flächig

Ertrag Körnermais 2010 - 2013

Variante	bereinigter Zuckerrüben-ertrag (t/ha)				Mittel bereinigter Zuckerrüben-ertrag (t/ha)			
	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2				
Strip Tillage mit Zinken direkt in Frühjahr	10,6	13,0	12,9	12,8	—	9,5	11,8	11,2
Strip Tillage mit Zinken nach Stoppbearbeitung	11,8	10,5	14,4	14,6	14,1	16,8	11,2	9,6
Strip Tillage mit Scheiben direkt in Frühjahr	7,2*	10,5	12,9	14,1	—	—	9,8	12,3
Strip Tillage mit Scheiben nach Stoppbearbeitung	11,0	12,9	15,0	12,9	14,0	16,7	12,4	9,5
Mitbewert Strip Tillage direkt in Frühjahr	8,4*	10,6	12,9	12,8	—	—	8,7	10,8
Mitbewert Strip Tillage nach Stoppbearbeitung	11,8	11,7	14,7	12,8	14,8	16,8	11,8	8,8
Betriebsüblich – Gülleeinbringung mit Bodenbearbeitung	12,3	11,0	16,8	14,3	15,8	16,7	12,8	10,1

* Ertragsausfall durch extremen Schneckenfraß

Ertrag Zuckerrüben 2010 - 2013



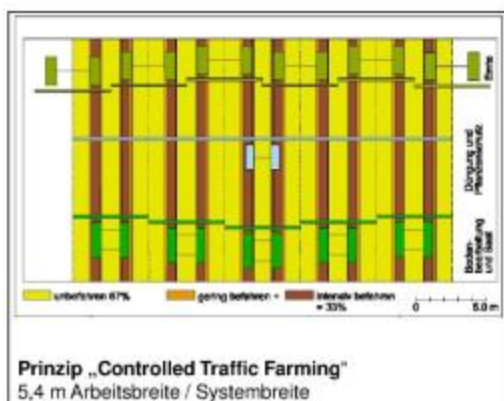
Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz
Institut für Landtechnik und Tierhaltung



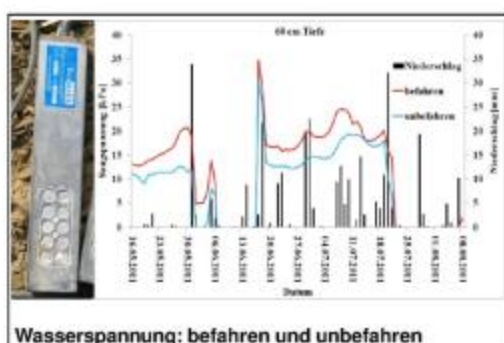
Anpassung an den Klimawandel: Permanente Fahrwege (Controlled Traffic Farming – CTF)

R. Brandhuber¹⁾, M. Demmel²⁾, S. Kupke²⁾, H. Kirchmeier²⁾, S. Lutz²⁾ und B. Blumenthal¹⁾



Was sind „Permanente Fahrwege“?

Im Gegensatz zum zufälligen Fahrverkehr wird bei CTF der Schlag bei allen Arbeitsgängen immer auf exakt den gleichen Fahrspuren überrollt. Die strikte Einhaltung der Fahrspuren erfolgt durch Abstimmung aller Arbeitsgeräte und Verwendung von hochgenauen automatischen Lenksystemen. Erwartet wird eine ungestörte Entwicklung der Bodenstruktur verbunden mit Ertragssteigerungen in den dauerhaft unbefahrenen Bereichen. An drei bayerischen Standorten werden diese Erwartungen seit 2010 überprüft.



Auswirkungen auf Bodenwasser

Die Saugspannung im Boden liefert Rückschlüsse auf den Bodenwassergehalt und wird in verschiedenen Tiefen mit Equitensimetern bestimmt. Je feuchter der Boden, desto niedriger ist die Saugspannung. Der befahrene Bereich weist höhere Saugspannungen auf als der unbefahrene. Im unbefahrenen Oberboden ist die Wassersleitfähigkeit erhöht und es kann mehr Wasser in den Unterbodenspeicher einsickern.

Situation	Ertrag befahren* [t/ha]	Ertrag unbefahren* [t/ha]
Winterroggen - Betrieb 1, 2010	49	72
Winterweizen - Betrieb 2, 2010	83	75
Winterweizen - Betrieb 1, 2011	83	84
Winterweizen - Betrieb 3, 2011	61	64
Winterweizen - Betrieb 1, 2012	83	82
Winterweizen - Betrieb 2, 2012	87	102
Winterweizen - Betrieb 3, 2012	69	67
Winterweizen - Betrieb 1, 2013	64	82
Winterweizen - Betrieb 2, 2013	100	100
Winterweizen - Betrieb 3, 2013	83	85
Winterweizen - Betrieb 1, 2014	88	73
Winterweizen - Betrieb 3, 2014	78	85
relativer Mittelwert	89%	101%
absoluter Mittelwert	78	78

* Durchschnittsertrag Gesamtfäche = 100%

Getreideerträge: befahren und unbefahren

Auswirkungen auf Ertrag

- deutliche bessere Wurzelentwicklung im unbefahrenen Bereich (absolute Wurzellänge und – masse)
 - zum Teil höherer Ertrag im unbefahrenen Bereich
- Gesicherte Ergebnisse sind erst nach mehreren Jahren möglich, wenn sich im unbefahrenen Bereich eine bessere Bodenstruktur eingestellt hat:
- Niederschlagswasser einlassen, dränen, speichern
 - effizientere Wassernutzung in Trockenphasen

Pflanzenschutzdüsen – Hinweise zur Auswahl der optimalen Düse

Werner Heller, IPS 1d

LfL, Institut für Pflanzenschutz

Zusammenfassung

Um das Potential der eingesetzten Pflanzenschutzmittel optimal auszunutzen, ist die richtige Düsenauswahl von großer Bedeutung. Eine einzige Düse kann nicht allen Anforderungen an eine gute Anlagerung, in verschiedenen Kulturen, bei gleichzeitig hoher Schlagkraft, gerecht werden. Jede Düse hat ihren individuell optimalen Druckbereich, in dem sie entsprechend der jeweiligen Anwendung eingesetzt werden sollte. In diesem Optimalbereich wird die gewünschte Anlagerung auf der Zielfläche erreicht und damit auch die bestmögliche Wirkung bei gleichzeitig niedriger Abdrift erzielt. Daneben sind ausreichende Wasseraufwandmengen und vor allem eine angepasste Fahrgeschwindigkeit von großer Bedeutung. Die Darstellungen dienen als Hilfsmittel zur Auswahl der passenden Düse.



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz



Welche Düse ist die Richtige?

Hinweise zur Auswahl der optimalen Düse

Werner Heller, IPS 1d

1. Auswahl der Wasseraufwandmenge entsprechend der jeweiligen Anwendung z. B. Ährenbehandlung (200 l/ha)

Maßnahme	Tropfengröße	Spritzdruck	Wassermenge**
Herbizide, NAK, Zuckerrübe*	fein	hoch	150-200 l/ha
Kontakt-Fungizide (Getreide)	fein	hoch	250-300 l/ha
Ährenbehandlungen*	fein	hoch	200 l/ha
Nachauflauf-Herbizide (Getreide)	fein-mittel	mittel-hoch	200-250 l/ha
Mais-Nachauflauf-Herbizide	mittel	mittel-hoch	200-250 l/ha
Ernteerleichterung (Glyphosat)*	mittel	mittel-hoch	100-200 l/ha
Rapsfungizide (vor der Blüte)	mittel	mittel-hoch	200-300 l/ha
Fungizidanwendungen (Getreide) bis BBCH 39	mittel	mittel-hoch	200-300 l/ha
Insektizide *	mittel	mittel	
Wachstumsregler	mittel	mittel	
Rapsblütenbehandlungen*	mittel	mittel-hoch	300-400 l/ha
Kartoffelfungizide*	mittel	mittel-hoch	300-400 l/ha
Vorerntebehandlung/Sikkation (Kart./Raps)*	mittel	mittel	>400 l/ha
Bodenherbizide (Voraufauf Raps/Kart.)	grob	niedrig	250-300 l/ha

* Die Verwendung von Doppelfachstrahldüsen ist hier empfehlenswert
** Die festgesetzten Anwendungsbestimmungen müssen eingehalten werden.

2. Mögliche Fahrgeschwindigkeit wählen:
- Gestängestabilität beachten!
- Abdriftgefahr beachten!
→ z. B. 7,5 km/h

3. Berechnung Einzeldüsenausstoß:
 $200 \times 7,5 \times 0,5 / 600$
 $= 1,25 \text{ l/min}$

$$\text{Einzeldüsen- ausstoß (l/min)} = \frac{\text{l/ha} \times \text{km/h} \times \text{Düsenabstand (m)}}{600}$$

4. Düsengröße auswählen: Der notwendige Druck für den ermittelten Ausstoß (l/min) sollte im Optimalbereich liegen!
Optimaler Druckbereich für:
Kurze Injektordüsen: 2 bis 3,5 (4) bar (→ Größe 03)
Lange Injektordüsen: 4 bis 6 (8) bar (→ Größe 025)

5. Bauform wählen:
- Kurze/Lange Injektordüsen
- Doppelfachstrahldüsen
z. B. HiSpeed 110-025



Universaltabelle für verlustmindernde Flachstrahldüsen (Auszug)

Düsen-Größe	02			025			03		
	02	025	03	02	025	03	02	025	03
Wasseraufwand in l/ha	150	175	200	250	300				
Düsen-ausstoß in l/min	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20
Fahrgeschwindigkeit in km/h	11,6	9,9	8,7	7,0	6,8				

Lange Injektordüsen: (highlighted in yellow)

Kurze Injektordüsen: (highlighted in green)

6. Zur Einhaltung der Anwendungsbestimmungen ggf. Druck und Geschwindigkeit anpassen!
z. B. HiSpeed 110-025
→ 90% Abdriftminderung bei 2,5 bar

7. Auslitern!
Die Geräte-Einstellungen überprüfen
→ regelmäßiges Kontrollieren des Flüssigkeitsausstoßes!

Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) in Bayern

Klaus Gehring, Thomas Festner, Stefan Thyssen

LfL - Institut für Pflanzenschutz – Freising-Weihenstephan

Zusammenfassung

Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) zählt zu den wichtigsten Leitungsgräsern im bayerischen Ackerbau. Zur Vermeidung von Ertrags- und Qualitätsverlusten in verschiedenen Ackerbaukulturen, insbesondere in Wintergetreide, ist eine effektive chemische Bekämpfung unverzichtbar. Durch Veränderungen in den Produktionsverfahren mit vereinfachten, wintergetreidereicheren Fruchtfolgen, reduzierter Bodenbearbeitung und Einsatz überbetrieblicher Ernte-technik haben sich die Befallsflächen mit Acker-Fuchsschwanz über alle bayerischen Anbau-regionen erheblich ausgedehnt.

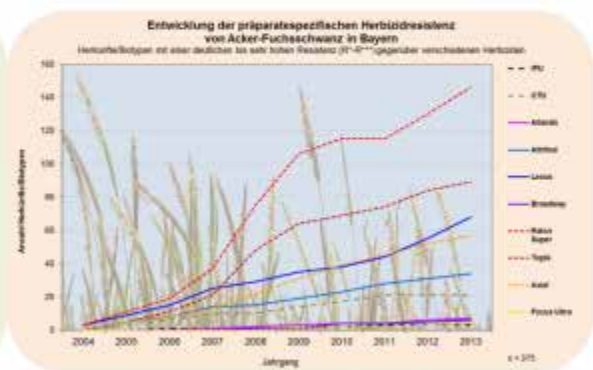
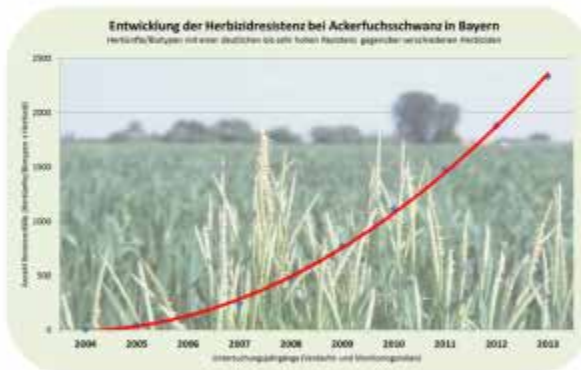
Der bayerische Pflanzenschutzdienst führt seit 2004 standardisierte und systematische Untersuchungen zur Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz durch. Bis 2013 wurden insgesamt 370 Herkünfte auf Resistenzeigenschaften gegenüber den wichtigsten Herbiziden im Getreidebau geprüft. Der Resistenztest wird als Dosis-Wirkungsprüfung mit Samenproben aus Verdachts- und Zufallsproben durchgeführt. Die Herbizidbehandlungen werden präparatespezifisch im Vorauflauf- bis frühen Nachauflaufverfahren (BBCH 00-12/13) unter Laborbedingungen. Nach einer Wirkungsperiode von ca. 21 Tagen wird die oberirdische Pflanzenfrischmasse bestimmt und die Herbizidwirkung in Relation zur unbehandelten Kontrolle bonitiert. Die Einstufung der Herbizidresistenz erfolgt in Resistenzklassen (CLARKE ET AL., 1994) im Wirkungsverhältnis der Prüfherkunft gegenüber einer bekannten sensitiven und einer resistenten Vergleichsherkunft.

Literaturverzeichnis

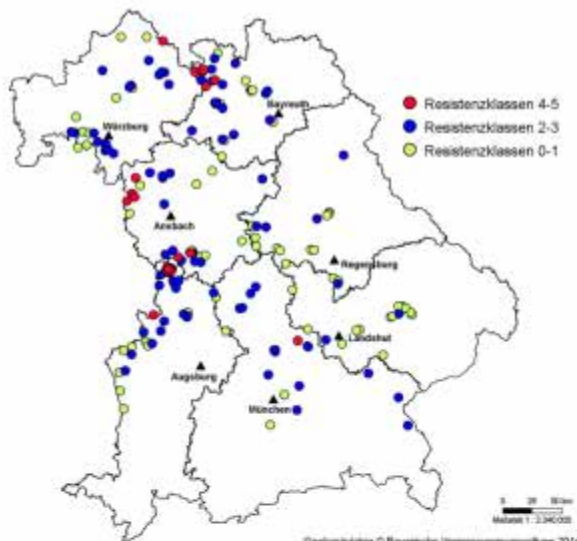
- [13] CLARKE, J.H., A.M. BLAIR, S.R. MOSS, 1994: The Testing and Classification of Herbicide Resistant *Alopecurus myosuroides* (Black-Grass). *Aspects of Applied Biology* 37, 181-188.
- [14] GEHRING, K., S. THYSSEN, T. FESTNER, 2012: Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern. *Julius-Kühn-Archiv* 434, 127-132.



Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern

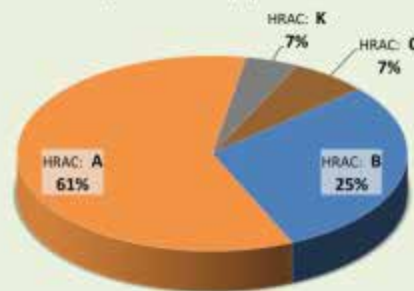


Verbreitung und Intensität der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern 2013



Ergebnisse aus Monitoring- und Verdachtsproben nach Resistenzklassen (0-1 sensitiv - niedrige Resistenz; 2-3 mittlere, 4-5 hohe Resistenz)

Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz Anteil je nach HRAC-Klasse; Bayern 2004 - 2013



n = 373 untersuchte Herbizide/Buflagen

Untersuchungsmethoden:

- Pflanzenanzucht aus Samenproben.
- Herbizidbehandlung in Applikationskabine mit 2-3 Dosisstufen.
- Wirkungsbewertung durch Bonitur und Feststellung der Sprossfrischmasse.
- Resistenzeinstufung im Vergleich zu einer sensitiven und einer resistenten Herkunft.
- Einstufung der Resistenz nach einem 5-Klassen-System (nach CLAVIS & MOU).
- Molekularbiologische Analyse in Verdachtsfällen



Zusammenfassung:

- Die Entwicklung der Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz ist ein dynamischer Prozess, der durch zunehmend monotone Ackerbauverfahren und Herbizidbehandlungen angetrieben wird.
- Nach der Resistenzentwicklung gegenüber ACCase-Hemmern gewinnt die Resistenz gegen ALS-Hemmern an Bedeutung.
- Eine ursprünglich auf Betriebsebene abgelaufene Entwicklung setzt sich in einzelnen Regionen verstärkt fort.



Entwicklung der Herbizidresistenz bei Windhalm (*Apera spica-venti*) in Bayern

Klaus Gehring, Thomas Festner, Stefan Thyssen

LfL - Institut für Pflanzenschutz – Freising-Weihenstephan

Zusammenfassung

Windhalm (*Apera spica-venti*) zählt zu den wichtigsten Leitunggräsern im bayerischen Ackerbau. Zur Vermeidung von Ertrags- und Qualitätsverlusten, insbesondere in Wintergetreide, ist eine effektive chemische Bekämpfung unverzichtbar. Durch die Anwendung mit teilweise stark reduzierten Aufwandmengen von Isoproturon-Herbiziden wurde in der Vergangenheit die Resistenzentwicklung bei Windhalm angestoßen.

Der bayerische Pflanzenschutzdienst führt seit 2004 standardisierte und systematische Untersuchungen zur Herbizidresistenz bei Windhalm durch. Bis 2013 wurden insgesamt 151 Herkünfte auf Resistenzeigenschaften gegenüber den wichtigsten Herbiziden im Getreidebau geprüft. Der Resistenztest wird als Dosis-Wirkungsprüfung mit Samenproben aus Verdachts- und Zufallsproben durchgeführt. Die Herbizidbehandlungen werden präparatespezifisch im Vorauf- bis frühen Nachaufverfahren (BBCH 10-12/13) unter Laborbedingungen. Nach einer Wirkungsperiode von ca. 21 Tagen wird die oberirdische Pflanzenfrischmasse bestimmt und die Herbizidwirkung in Relation zur unbehandelten Kontrolle bonitiert. Die Einstufung der Herbizidresistenz erfolgt in Resistenzklassen (CLARKE ET AL., 1994) im Wirkungsverhältnis der Prüferkunft gegenüber einer bekannten sensitiven und einer resistenten Vergleichsherkunft.

Die seit 2004 durchgeführten Resistenzprüfungen zeigen einen kontinuierlichen Anstieg in der Bestätigung von Herbizidresistenz bei Windhalm. Am relativ häufigsten ist inzwischen die Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer betroffen. Die Resistenz gegenüber PSII-Hemmer-Herbiziden bzw. Isoproturon ist in der Häufigkeit und Intensität nachrangig gegenüber der ALS-Resistenzsituation. Bei der Gruppe der PSII-Hemmer besteht ein deutlicher Unterschied zwischen den Wirkstoffen Isoproturon und Chlortoluron, indem Chlortoluron-Resistenzen bei Windhalm bisher noch nicht nachgewiesen werden konnten. Seit dem Untersuchungsjahrgang 2012 wurden Einzelfälle von ACCase-Resistenzen gegenüber Pinoxaden festgestellt. Für die Herbizid Flufenacet und Flurtamone wurden bisher in Bayern noch keine Resistenzen bei Windhalm bestätigt.

Die Entwicklung der Herbizidresistenz bei Windhalm in Bayern zeigt eine kontinuierliche Zunahme, von der insbesondere die blattaktiven Herbizide aus der Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer und der Wirkstoff Isoproturon betroffen sind. Die in Einzelfällen bereits aufgetretene Resistenz gegenüber ACCase-Hemmern bzw. dem Herbizid Pinoxaden zeigt eine problematische Entwicklung für die Windhalm-Bekämpfung durch Frühjahrsbehandlungen im Wintergetreideanbau. Eine Trendumkehr oder Stagnation ist nicht erkennbar. Um die chemische Kontrolle von Windhalm in Zukunft zu gewährleisten ist eine wesentliche Verbesserung bei der Umsetzung von geeigneten Maßnahmen durch Implementierung eines wirksamen Resistenzmanagements unverzichtbar.

Literaturverzeichnis

- [15] CLARKE, J.H., A.M. BLAIR, S.R. MOSS, 1994: The Testing and Classification of Herbicide Resistant *Alopecurus myosuroides* (Black-Grass). *Aspects of Applied Biology* **37**, 181-188.
- [16] GEHRING, K., S. THYSSEN, T. FESTNER, 2012: Herbizidresistenz bei *Apera spica-venti* in Bayern. *Julius-Kühn-Archiv* **434**, 133-137.



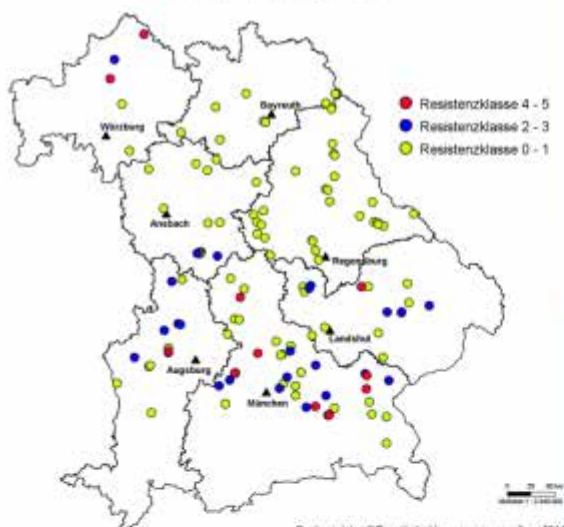
**Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft**
Institut für Pflanzenschutz



Herbizidresistenz bei *Apera spica-venti* L. in Bayern



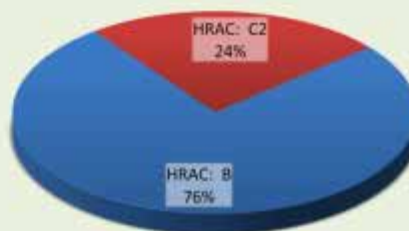
Verbreitung und Intensität der Herbizidresistenz bei Windhalm in Bayern 2013



Ergebnisse aus Monitoring- und Verdachtsproben nach Resistenzklassen (0-1 sensitiv - niedrige Resistenz; 2-3 mittlere, 4-5 hohe Resistenz)

Herbizidresistenz bei Windhalm

Anteil je nach HRAC Klasse, Bayern 2004 - 2013



n = 120 untersuchte Herbizidproben

Untersuchungsmethoden:

- Pflanzenanzucht aus Samenproben.
- Herbizidbehandlung in Applikationskabine mit 2-3 Dosisstufen.
- Wirkungsbewertung durch Bonitur und Feststellung der Sprossfrischmasse.
- Resistenzbewertung im Vergleich zu einer sensitiven und einer resistenten Herkunft.
- Einstufung der Resistenz nach einem 5-Klassen-System (nach Owen & Moss).
- Molekularbiologische Analysen im Verdachtsfall



Zusammenfassung:

- Die Entwicklung der Herbizidresistenz bei Windhalm ist ein Selektionsprozess, der verstärkt durch eine monotone Herbizidbehandlung im Frühjahr beeinflusst wird.
- Neben einer anfänglichen Resistenz gegenüber Isoproturon (IPU) dominiert inzwischen die Resistenz gegen ALS-Hemmern.
- Breitbandherbizide wie z.B. Bacara forte, Herold SC, Malibu und Chlortoluron (CTU) sind bisher noch nicht betroffen.
- Die Resistenzentwicklung findet derzeit noch primär auf Betriebsebene statt.



Untersuchungen zum Nachweis von Steinbrand- (*Tilletia caries*) und Zwergsteinbrandsporen (*T. controversa*) in Böden und organischen Düngern unter Berücksichtigung verschiedener Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus

R. Bauer¹, M. Sedlmeier¹, B. Voit¹, B. Killermann¹, K.-J. Hülsbergen²

Einführung

Steinbrand und Zwergsteinbrand sind gefährliche Krankheiten bei Weizen und Dinkel im ökologischen Landbau. In Bayern wurden 2011 hohe Infektionsraten beobachtet, insbesondere beim Zwergsteinbrand. Diese Krankheit, die in der Vergangenheit nur in höheren Lagen auftrat, ist mittlerweile auch in tieferen Lagen anzutreffen.

Da sowohl Steinbrand- als auch Zwergsteinbrandsporen vom Boden aus infizieren, soll im Rahmen dieses Projektes untersucht werden, ob im Ökolandbau übliche Fruchtfolgen die Brandsporenzahl und die Lebensfähigkeit der Brandsporen im Boden beeinflussen.

Des Weiteren werden Weizensorten auf ihre Anfälligkeit gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand unter praxisnahen Bedingungen (natürliches Brandsporenpotenzial im Boden) auf zertifizierten Öko-Flächen überprüft.

Fruchtfolgeversuch

- An drei Standorten in Bayern mit Brandsporenpotenzial im Boden werden dreijährige Versuche durchgeführt (Abb. 1). Bei der Versuchsanlage handelt es sich um eine Spaltanlage mit den Faktoren Fruchtfolge, Stallmistdüngung und Anbau von Senf als Zwischenfrucht in vier Wiederholungen (Tab. 1).
- Von den Versuchspartellen werden Bodenproben gezogen und die Sporenanzahl in 10 g Boden unter dem Mikroskop ermittelt.
- In gelagertem Stallmist wird die Veränderung der Sporenzahl über einen längeren Zeitraum ermittelt.

Optimierung der Extraktionsmethodik für Sporen

- Die Extraktion der Brandsporen aus den Bodenproben erfolgt mittels Siebturm im Nasssiebverfahren und Sedimentationschritten sowie Filtration (Abb. 2). Die Methodik wurde seit Projektbeginn wesentlich verbessert.
- Die Wiederfindungsrate für Brandsporen von *T. controversa* beträgt im Durchschnitt ca. 45 %, die für Sporen von *T. caries* ca. 25 %.

Sortenanfälligkeitsversuch

- 15 Weizensorten wurden drei Jahre an zwei verschiedenen Standorten (Bayern und Baden-Württemberg) auf ihre Anfälligkeit gegenüber Zwergsteinbrand in vier Wiederholungen überprüft.
- Es konnten drei Gruppen unterschieden werden: eine anfällige Gruppe, eine Gruppe mittlerer Anfälligkeit und eine weniger anfällige Gruppe. Die anfällige und weniger anfällige Gruppe sind signifikant verschieden.



Abb. 1: Fruchtfolgeversuch in Wolfersdorf (Oberbayern)

Tab. 1: Fruchtfolgeplan des 3-jährigen Anbauversuchs

	2011/2012	2012/2013	2013/2014
1.	Brache	Brache	Brache
2.	Klee gras	Klee gras	Klee gras
3.	Klee gras	Klee gras	Winterweizen
4.	Klee gras	Winterweizen	Winterroggen
5.	Winterroggen	Erbsen	Winterweizen
6.	Wintertriticale	Erbsen	Winterweizen
7.	Hafer	Winterroggen	Erbsen
8.	Erbsen	Winterweizen	Winterroggen

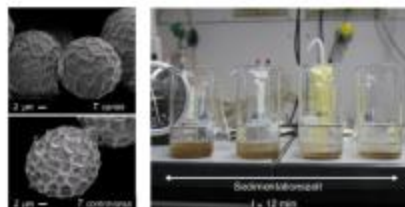


Abb. 2: links: Brandsporen von *T. caries* und *T. controversa*; rechts: Brandsporenextraktion aus Bodenproben: erster Sedimentationschritt



Abb. 3: Sortenanfälligkeitsversuch in Wolfersdorf 2012

¹ Arbeitsgruppe Saatgutuntersuchung/Saatgutforschung, Lange Point 6, Labor 2, 85354 Freising, Benno.Voit@LFL.bayern.de, Robert.Bauer@LFL.bayern.de

² Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Alte Akademie 12, 85354 Freising, sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de



Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Dr. W.K. Vahl • R. Käser • Dr. M. Kassem • Dr. M. Herz



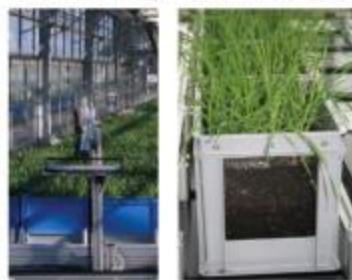
Hightech-Züchtung für Energie- und Klimaschutz

- Die Energieausbeute nachwachsender Rohstoffe kann erhöht werden durch züchterische Verbesserung des Biomasseertrags.
- Effektive Selektion auf Vitalität und Massebildung erfordert die sortenspezifische Verbindung genetischer Informationen und molekularer Marker mit phänotypischen Daten.
- Durch enorme Fortschritte im Bereich der Hochdurchsatz-Genotypisierung und Gensequenzierung liegt der Engpass jetzt bei der schnellen Erfassung aussagekräftiger, phänotypischer Daten.

LfL Moving Fields Anlage



Randomisierung
Umwelteinflüsse ausschließen



Automatisierung
wiegen•bewässern•düngen



Hochfrequenz-Bildgebung
Wachstumsdynamik überwachen

Scanner 3d – Photokabinen zur Phänotypisierung



oberirdischer Phänotyp
Farbbilder im visuellen Lichtbereich
•Biomasseentwicklung•Wuchshöhe
•Seneszenz•Blattkrankheiten

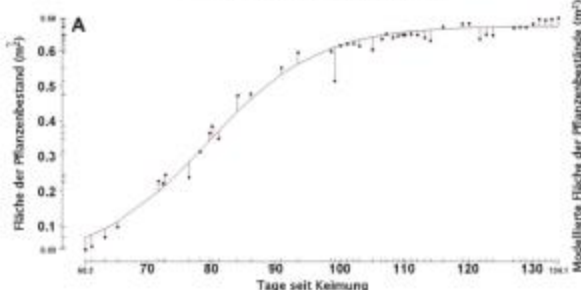


Fluoreszenz
Bilder der metabolischen Aktivität
•Chlorophyll•grün fluoreszierendes Protein•Phenole•Autofluoreszenz

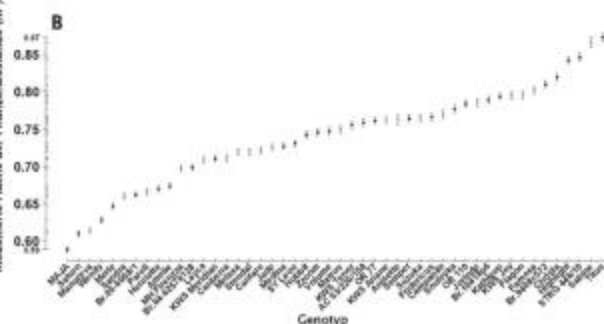


unterirdischer Phänotyp
Bilder im Nahinfrarot und visuellen Lichtbereich
•Wurzelwachstum•räumliche Verteilung des Wassergehalts im Boden

Wachstumsdynamik



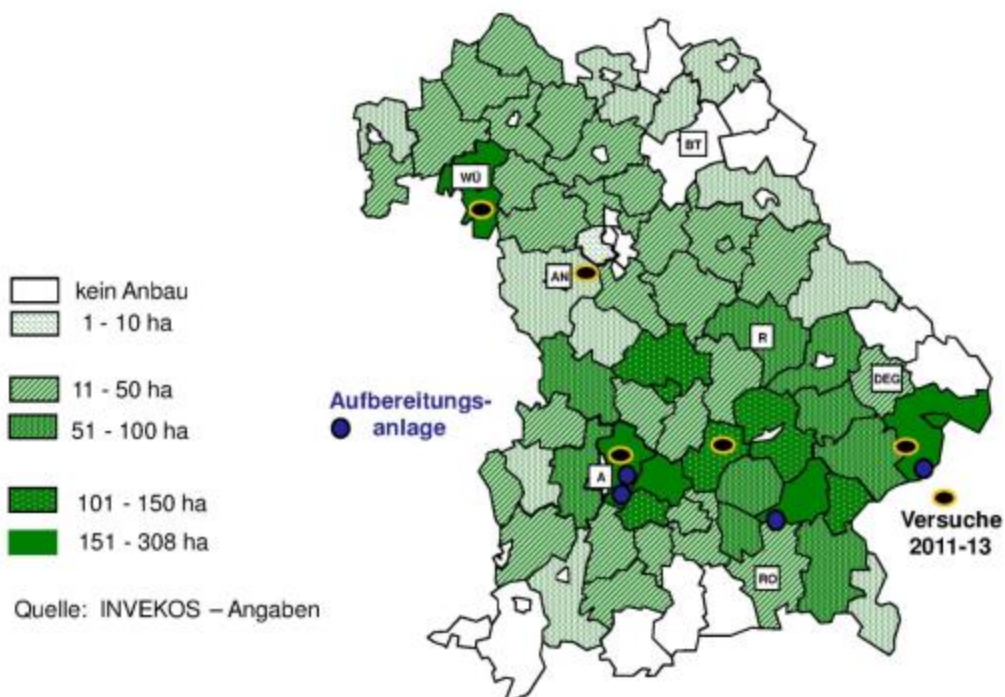
Sortenvergleich



- Die mit der Moving Fields Anlage gesammelten Bilder ermöglichen es, das Wachstum der Pflanzenbestände zu verfolgen und zu modellieren (Abb. A) und so Sortenunterschiede in der Produktion von Biomasse zu quantifizieren (Abb. B).



Sojabohnenfläche in den Landkreisen Bayerns von 2011 bis 2013 Im Mittel der 3 Jahre 3147 ha



Erträge und wichtige Merkmale der Sojabohnenversuche 2012/13

Sorten	Reifezeit	Kornertrag		Wassergehalt b. Ernte %	Rohprotein gehalt %	Protein- ertrag relativ	TKG g	Höhe der ersten Hülsen cm	Pflanzen- länge cm	Lager bei Ernte Bonitur
		absolut	relativ							
Anzahl Beobachtungen		9		9	9	9	9	8	9	8
ES Mentor	00	37,5	104	18,9	41,4	109	203	11,3	72	1,7
Solena	00	36,8	102	17,7	40,0	103	194	12,3	79	2,5
Pollux	00/000	37,0	103	15,6	39,7	103	173	13,2	86	3,3
Lissabon	000	35,5	99	15,5	38,4	96	185	11,2	69	2,1
Opaline	00/000	35,8	99	16,8	38,0	95	192	14,9	93	3,8
Sultana	000	35,6	99	15,1	40,8	102	191	10,4	68	1,9
Merlin	000	33,5	93	14,4	39,1	92	162	11,0	75	2,7
Mittelwert		36,0	= 100 %	16,3	39,6	12,2 dt	185	12,0	77	2,6



Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Impfung der Sojabohnen bei Erstanbau zwingend notwendig



Erträge der Impf- und N-Düngungsversuche 2012 und 2013

Impfung des Saatgutes	N-Düngung kg/ha	Kornertag dt/ha			Rohprotein-gehalt %	TKG g	Lager bei Ernte Bonitur
		absolut	relativ 1)				
Oberhummel bei Freising							
Hi Stick	ohne	47,0	= 100 %	A	39,7	165	4,3
Hi Stick	50 bei Blühbeginn	46,2	98	A	39,1	166	4,7
fix-fertig	ohne	45,9	98	A	38,2	161	2,4
ohne	ohne	35,7	76	A	33,7	142	1,5
ohne	50 bei Blühbeginn	37,9	81	A	33,2	143	2,9
Gützingen bei Würzburg							
Hi Stick	ohne	38,9	= 100 %	A	39,6	160	
Hi Stick	50 bei Blühbeginn	38,6	99	A	39,3	157	
fix-fertig	ohne	35,1	90	AB	36,6	158	
ohne	ohne	29,5	76	B	31,9	141	
ohne	50 bei Blühbeginn	32,7	84	AB	33,0	140	

1) Mittelwertvergleich mittels SNK; P = 5%



Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Saatzeitversuche zu Sojabohnen

Einfluss der Bodentemperatur auf Auflauf am Standort Freising

Jahr	1. Saatzeit: Anfang April				2. Saatzeit: Mitte April				3. Saatzeit: Ende April				4. Saatzeit: Anfang Mai			
	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage
		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf
2011	31.3.	8,6	10,8	22	11.4.	12,1	11,8	17	26.4.	12,1	13,9	15	6.5.	14,4	16,6	11
2012	3.4.	8,8	7,9	26	19.4.	10,4	12,7	14	30.4.	15,8	14,1	11	10.5.	14,4	14,0	12
2013	8.4.	4,2	8,2	24	23.4.	9,0	12,5	20	30.4.	8,9	14,7	17	8.5.	16,3	15,0	18
Mittel		7,2	9,0	24		10,5	12,3	17		12,3	14,2	14		15,0	15,2	14
Feldaufgang %		74			81			90			78					

Einfluss der Saatzeit auf Ertrag und Abreife am Standort Freising

Jahr	1. Saatzeit: Anfang April			2. Saatzeit: Mitte April			3. Saatzeit: Ende April			4. Saatzeit: Anfang Mai		
	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte %	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte %	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte %	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte %
Sorte Merlin												
2011	28. 9.	37,6	A 18,3	28. 9.	39,9	A 19,2	5. 10.	34,5	B 19,4	5. 10.	31,1	C 21,2
2012	11. 9.	45,1	A 14,0	11. 9.	50,7	A 13,3	11. 9.	48,1	A 17,6	17. 9.	45,8	A 28,1
2013	23. 9.	43,4	C 15,8	23. 9.	46,2	AB 15,7	23. 9.	47,8	A 15,7	23. 9.	47,1	AB 21,0
Mittel 3 Jahre		42,0	A 16,0		45,6	A 16,1		43,5	A 17,6		41,3	A 23,4
Sorte ES Mentor												
2011	5. 10.	42,1	A 19,5	5. 10.	43,2	A 20,3	5. 10.	40,5	A 29,1	5. 10.	37,8	B 38,6
2012	26. 9.	48,2	A 25,9	26. 9.	49,2	A 25,0	26. 9.	47,8	A 26,6	4. 10.	45,1	B -
2013	2. 10.	54,0	A 15,8	2. 10.	55,0	A 16,5	2. 10.	54,6	A 17,2	2. 10.	52,0	A 28,8
Mittel 3 Jahre		48,1	A 20,4		49,1	A 20,6		47,6	A 24,3		45,0	B 33,7

1) Mittelwertvergleich mittels SNK; P = 5%



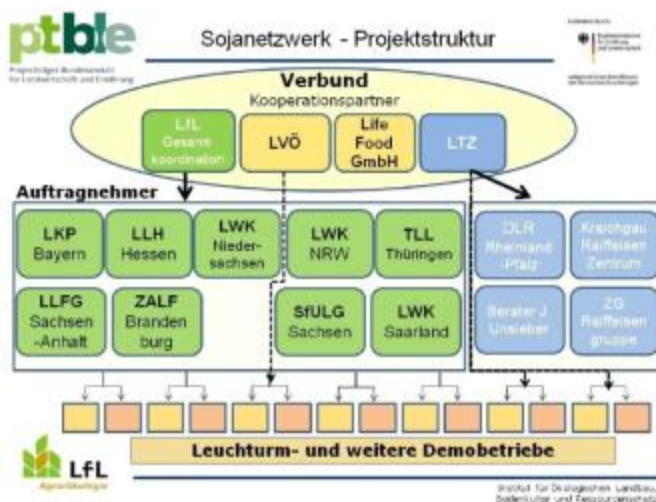


Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Ökologischen Landbau,
 Bodenkultur und Ressourcenschutz



Soja-Netzwerk

Projektziel: Ausdehnung und Verbesserung von Anbau und Verarbeitung von Sojabohnen



Infos zum Projekt

Vollständiger Projektname:
 Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland

Projektlaufzeit: 01.09.2013 bis 31.12.2016

Projektpartner und Hauptaufgaben:

- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)** - Gesamtkoordination, Datenmanagement, Betreuung der konv. Betriebe in Bayern gemeinsam mit Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP)
- **Landesvereinigung für den ökologischen Landbau in Bayern e.V. (LVÖ)** - Betreuung der ökol. Betriebe und Bayern und Konzeption einer modellhaften Wertschöpfungskette für Öko-Futtersoja
- **Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)** - Betreuung der Betriebe in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sowie Konzeption einer modellhaften Wertschöpfungskette für konv. Futtersoja
- **Life Food GmbH/Taifun-Tofuprodukte** - Literaturrecherchen und Expertenbefragungen, Website, Konzeption einer modellhaften Wertschöpfungskette für Lebensmittel-Soja
- Weitere 13 Projektpartner/Unterauftragnehmer

Wissensaustausch: Forschung, Beratung und Praxis

Ein zentraler Punkt des Soja-Netzwerks ist der Wissensaustausch zwischen Forschung, Beratung und Praxis. Daher werden über die gesamte Projektlaufzeit von allen Projektpartnern Maßnahmen wie Feldtage, Seminare oder Vortragsveranstaltungen zum Anbau und der Verwertung von Soja durchgeführt. Der heimische Sojaanbau wird mit verschiedenen Maßnahmen angekurbelt, ein bundesweites Netzwerk von Demonstrationsbetrieben wird aufgebaut. Im Netzwerk werden 120 ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe aus 11 Bundesländern eingebunden; der Schwerpunkt liegt in Bayern und Baden-Württemberg. Auf „Leuchtturmbetrieben“ werden aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung in die Praxis umgesetzt und in Demonstrationsanlagen vorgestellt. Weitere Betriebe liefern schlagbezogene Daten zum optimalen Anbau sowie Fruchtfolgen und Vergleichs- und Nachfrüchte. Die Daten werden zentral analysiert und informieren über Wirtschaftlichkeit, Vorfruchtwirkung und Ökosystemleistung der Sojabohne. Im Projekt werden zudem drei modellhafte Wertschöpfungsketten entwickelt, in denen vom Feld bis zum Futter oder Lebensmittel alle maßgebenden Stationen identifiziert und analysiert werden.

Förderung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie.

→ **Projekt-Website:** www.sojafoerderrung.de



Dr. N. Weiher, IAB, Lange Point 12, 85354 Freising, www.LfL.bayern.de
 nina.weiher@LfL.bayern.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Umfang und beteiligte Länder

50 Leuchtturmbetriebe
 70 weitere Betriebe
 (Datenerhebung)

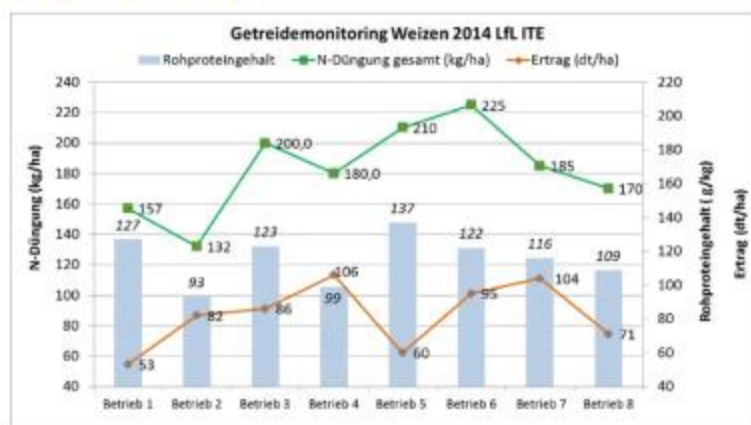
→ **insges. 120 Betriebe**
 (46% konv., 54% ökol.)
 in **11 Bundesländern**





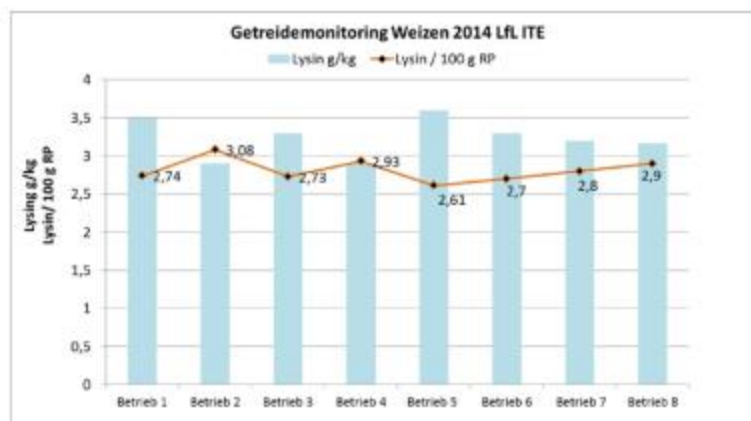
Weizen in der Schweinefütterung – wie beeinflussen Düngung und Ertrag die Lysinkonzentration

Martin Schäffler, Hermann Lindermayr



Ausgangssituation und Zielsetzung

- Weizen hat eine große Bedeutung in der Schweinefütterung
- Die Gehalte von Rohprotein/ Aminosäuren (z.B. Lysin) schwanken abhängig von der N-Düngung stark
- Überprüfung des Einflusses der Düngestrategie und des Ertrages auf den Gehalt und die Konzentration von Aminosäuren (am Beispiel Lysin)



Methode

- In einem Monitoring wurden bei LfL Versuchsbetrieben Weizenproben der Ernte 2014 gezogen, die Erträge und die N-Düngung erfasst
- Untersuchung der Nährstoff-/Aminosäuregehalte mit AminoNir im Gruber Labor

Ergebnis

- Düngestrategie und Ertrag beeinflussen den Rohprotein- und Lysingehalt stark
- Bei hohen Rohproteingehalten sinkt die Lysinkonzentration im Rohprotein
- Für eine N-reduzierte und tiergerechte Fütterung ist Futterweizen mit hohen Lysinkonzentrationen im Rohprotein notwendig