Möglichkeiten der digitalen Unkraut- und Resistenzmanagement-Beratung basierend auf Praxisdaten aus einem deutschlandweiten Monitoring der Jahre 2019-2021

Potential for a digital weed and resistance management tool based on field data of a monitoring conducted in Germany between 2019-2021

Johannes Herrmann[1*], Martin Heß[1], Nele Bollmann[1], Jean Wagner[2]

[1]Agris42 GmbH, Stuttgart

[2]PlantaLyt GmbH, Hannover

*johannes.herrmann@agris42.de

DOI: 10.5073/20220117-141322

Zusammenfassung

Das Vorkommen resistenter Ungräser stellt für Landwirte und Beratung ein zusätzliches Problem für die langfristige Planung des Unkrautmanagements dar. Wir stellen hier einen Ansatz zur individuellen Risikoermittlung der Resistenzentwicklung und der Ableitung individueller Maßnahmen zur Resistenzvermeidung und Kontrolle von Ungräsern vor. Die Basis für die Entwicklung eines Beratungs-Algorithmus bildet dabei ein deutschlandweit durchgeführtes Monitoring der Jahre 2019-2021. Auf Basis dieser Daten, zusammen mit weiteren externen Daten, wird mit Hilfe von Verfahren des maschinellen Lernens ein Algorithmus erarbeitet, der frühzeitig auf Resistenz-Probleme einzelner Flächen hinweist und eine Anpassung von Maßnahmen vorschlägt. Ein Prototyp ist für die Saison 2022/23 geplant.

Stichwörter: Herbizidresistenz, Prognosemodelle, Resistenzmonitoring

Abstract

The occurrence of resistant weeds poses an additional challenge for farmers and consultants in the strategic planning of weed management practices. We here describe an approach for an individual risk assessment for weed resistance and the development of individual management practices. The basis sets a weed monitoring conducted in the years 2019-2021 in Germany. Based on this data and by combining external data, we will develop a forecasting algorithm based on machine learning. This algorithm shall detect resistance problems on a field level early and provide individual recommendations. A first prototype is planned for the season 2022/23.

Keywords: Forecasting models, resistance monitoring, weed resistance

Einleitung

Durch die Verfügbarkeit hochwirksamer chemisch, synthetischer Herbizide konnte sich die Beratung zur Unkrautkontrolle in den letzten Jahrzehnten weitgehend auf die Optimierung einzelner operativer und taktischer Maßnahmen, hauptsächlich dem Herbizideinsatz, konzentrieren. Entscheidungen über die Wahl der Herbizide, Aufwandmengen und Details der Applikationstechnik standen im Vordergrund der Beratung. Die Qualität dieser taktischen Beratung und die anschließende Durchführung der Herbizidapplikation hat inzwischen einen hohen Standard erreicht und dürfte sich bspw. durch die Möglichkeit der teilflächenspezifischen Applikation von Herbiziden auch noch weiter verbessern. Auch ist die praktische Erfahrung des Herbizideinsatzes bei den Landwirten auf einem hohen Niveau. Die meisten Herbizide sind seit Jahrzehnten mit ihren Wirkungsprofilen und spezifischen Anwendungsanforderungen bekannt und der Bedarf an zusätzlicher Beratung ist in diesem Bereich gering.

Eine anlassbezogene Unkrautbekämpfung ist jedoch nur möglich, wenn zur Lösung aller Unkrautprobleme eine umfangreiche Palette an Wirkstoffmechanismen zur Verfügung steht. Dies ist schon seit einigen Jahren

für einen Teil der Betriebe wegen verschiedener Arten von Herbizidresistenzen nicht mehr gegeben, z.B. Resistenzen gegen ALS- und/oder ACCase-Inhibitoren. Strikte gesellschaftliche Forderungen und politische Vorgaben mit dem Ziel, den Herbizideinsatz in den nächsten Jahren zu senken, werden die chemische Unkrautkontrolle weiter einschränken. Hinzu kommen Anwendungseinschränkungen hinsichtlich geringerer Aufwandmengen, eingeschränkte Applikationstermine und eine Zunahme an Teilflächen, die nicht behandelt werden dürfen.

Damit besteht die Herausforderung der nächsten Jahre darin, die Wirksamkeit der vorhandenen Herbizide zu erhalten (Resistenzmanagement) und im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes zunehmend nicht-chemische Bekämpfungsmaßnahmen mit einzubeziehen. Dies führt auch zwangsläufig dazu, dass der Resistenzstatus einer Fläche bekannt sein muss, da die auf den Flächen vorkommenden Unkrautpopulationen vielfach nicht mehr empfindlich gegenüber den eingesetzten Herbiziden sind. Das Erkennen des Ungrasarten-Spektrums muss also um das Wissen über die Herbizidempfindlichkeit der Populationen auf der Fläche erweitert werden um in Fruchtfolgeplanungen mit einbezogen werden, sodass Kulturübergreifende Resistenzen die Bekämpfung in bspw. Sommerungen nicht erschweren. Die Möglichkeiten verschiedener ackerbaulicher Maßnahmen sind dem Landwirt grundsätzlich bekannt. Bei der praktischen Umsetzung in die jeweilige spezifische Betriebssituation besteht allerdings großer Beratungsbedarf. Wir beobachten auch große Qualitätsunterschiede in der praktischen Durchführung nicht-chemischer Bekämpfungsmaßnahmen. Der Grundsatz, dass im Ackerbau jede Kulturmaßnahme eine Maßnahme zur Unkrautkontrolle und umgekehrt jede Unkrautkontrollmaßnahme gleichzeitig eine Kulturmaßnahme sein muss (RÜBENSAM und RAUHE, 1968), ist ein alter Grundsatz der wieder stärker beachtet werden muss. Um die Beratung zu unterstützen stellen wir hier einen ganzheitlichen Ansatz zur feldspezifischen Beratung zur Resistenzvermeidung und Unkrautkontrolle dar. Auf dieser Basis können betriebsspezifische, längerfristige Bekämpfungsstrategien entwickelt und vorgeschlagen werden. Grundlage des Ansatzes sind eigens für diesen Zweck von Agris42 erhobene Daten aus den Jahren 2019-2021. In diesen Jahren wurden jährlich 1.300 Felder von uns beprobt. Dabei handelt es sich um Daten von 320 Betrieben mit starkem oder niedrigem Befall sowie ohne oder mit Resistenzen unterschiedlichster Ausprägung was Wirkstoffe aber auch vorkommende Arten auf dem Feld betrifft. Dabei liegt der Fokus wegen deren Bedeutung und höheren Resistenzrisikos auf den Gräsern.

Material und Methoden

In einem deutschlandweiten Monitoring der Jahre 2019-2021 wurden auf 1.369 Feldern (12.000 ha) jährlich wiederholte Erhebungen zur Restverunkrautung und der Resistenzsituation nach Abschluss der Kontrollmaßnahmen durchgeführt. Dabei wurden der Befall aller gefundenen Ungräser und zusätzlicher Unkräuter in Befallsstufen eingeteilt (HERRMANN, 2020). Zusätzlich wurden Proben von samenreifen Ungräsern und Unkräutern gesammelt und ausgewählte Arten im Rahmen einer Resistenzuntersuchung im Biotestverfahren mit Herbiziden aus der Familie der ALS- und ACCase-Inhibitoren behandelt (HERRMANN, 2020).

Für die untersuchten Felder wurden die Ackerschlagkarteien der zurückliegenden 6 Jahre erfragt, um die beobachteten Befalls- und Resistenzdaten gezielter auswerten zu können. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die abgefragten Daten.

Tabelle 1 Übersicht über die vom Landwirt abgefragten Informationen zur Bewirtschaftung. Optionale Angaben sind kursiv dargestellt

Table 1 *Overview of the collected field management data. Optional data in italics*

Aussaat	Aussaatdatum, Kultur, *Aussaatstärke*
Bodenbearbeitung	Termin und Maßnahme/Maschine
Herbizideinsatz	Termin, Herbizid, Aufwandmenge, *Zielunkräuter*, *Zufriedenheit mit der Maßnahme*
Ernte	Termin und Ertrag, Lohnunternehmer oder eigener Mähdrescher
Standort	Ackerzahl, Bodenart, Bewirtschaftungsauflagen

Zusätzlich werden die erhobenen Daten durch Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und Bodenkarten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) erweitert (BGR, 2021).

Auswertung der Daten

Zentraler Punkt bei der Auswertung ist die Bildung von vergleichbaren Indizes aus den vorhandenen Daten. Diese ist bereits bei HERRMANN (2016) und LEPKE (2020) im Detail beschrieben. Dabei werden die qualitativen Daten quantitativ übersetzt und vergleichbar gemacht. Zusätzlich werden die Daten aus der Resistenzanalyse und den Feldbeobachtungen genutzt um den derzeitigen Status des Feldes zu beschreiben. Dabei werden z.B. der Anteil Sommerung und Winterungen, die Häufigkeit des Pflugeinsatzes oder der Einsatz bestimmter Wirkstoffgruppen ermittelt und quantitativ abgebildet.

Ergebnisse

Für den Landwirt und seine Berater stellt sich bezüglich des Unkrautmanagements derzeit die Frage, ob die verfügbaren Wirkstoffe noch zuverlässig wirken und welche Fruchtfolge- und Bewirtschaftungsmaßnahmen ggf. verändert werden müssen um die vorhandenen Unkräuter langfristig effektiv zu kontrollieren. Durch das vermehrte Auftreten resistenter Ungräser (PETERSEN, 2020; HERRMANN, 2020; HEAP, 2020) sind allgemeine Aussagen zur Bekämpfung einzelner Arten in vielen Regionen nicht mehr möglich und der Resistenzstatus muss zwingend bekannt sein. Darüber hinaus besteht das Problem, dass die Resistenzbildung nur vorbeugend unterbunden werden kann, wenn sich für die resistenten Ungräser aus dem Vorhandensein der Resistenzeigenschaft kein Selektionsnachteil ergibt. Dies ist bei den ALS- und ACCase-Resistenzen in Gräsern der Fall (POWLES & YU, 2010; HERRMANN, 2016). Für den landwirtschaftlichen Betrieb ist es daher wichtig zu wissen, auf welchen Flächen ein erhöhtes Risiko zur Resistenzbildung besteht und wie dieses verringert werden kann. Dabei spielen neben den agronomischen Faktoren auch Standortfaktoren, wie Bodenart und Bodentyp, eine wichtige Rolle (HERRMANN, 2016). Dies erklärt, warum bei gleicher Bewirtschaftung nicht alle Felder eines Betriebes gleichermaßen von dem Auftreten resistenter Populationen beeinträchtigt sein müssen.

Die grundsätzliche Herangehensweise an das Problem und die Durchführbarkeit mit Hilfe von repräsentativ erhobenen Praxisdaten wird bei HERRMANN (2016) und LEPKE (2020) beschrieben und ist exemplarisch in Abbildung 1 dargestellt. Dabei stellt das Monitoring (HERRMANN, 2020), welches ca. 0,1 % der deutschen Ackerfläche umfasst, einen kleinen, aber repräsentativen Ausschnitt der Gesamtackerfläche dar. Die systematische Analyse dieser Flächen soll zu einem besseren Gesamtverständnis des Systems führen. Dabei stellen wir eine anonyme Verknüpfung zwischen einzelnen Flächen unterschiedlicher Betriebe her und analysieren Ähnlichkeiten, sodass sich von diesen Flächen auf weitere, nicht im Monitoring enthaltene Flächen schließen lässt. Ziel ist es dadurch sowohl Ableitungen für das Management von Resistenzfällen zu

gewinnen, als auch vorbeugende Maßnahmen frühzeitig durch individuelle Risikoabschätzungen einzuleiten. Die in Abbildung 1 dargestellten Einflussfaktoren werden dabei genutzt um 1) eine individuelle Risikoabschätzung bezüglich Befalls- und Resistenzsituation zu geben und 2) basierend darauf Fruchtfolge- und Management-Anpassungen vorzuschlagen. Ein wichtiger Baustein ist dabei, dass die meisten im Monitoring enthaltenen Flächen derzeit noch kein oder nur ein geringes Resistenzniveau aufweisen (HESS, 2022). Das heißt, die Verungrasung nach Abschluss aller Maßnahmen ist noch gering und die Resistenzsituation ist nicht ausgeprägt. Etwa 10 % der Felder weisen jedoch eine hohe Restverunkrautung zusammen mit einem Vorkommen verschiedener Resistenzen auf, sodass hier ein guter Querschnitt über die Situation in Deutschland erzielt wird.

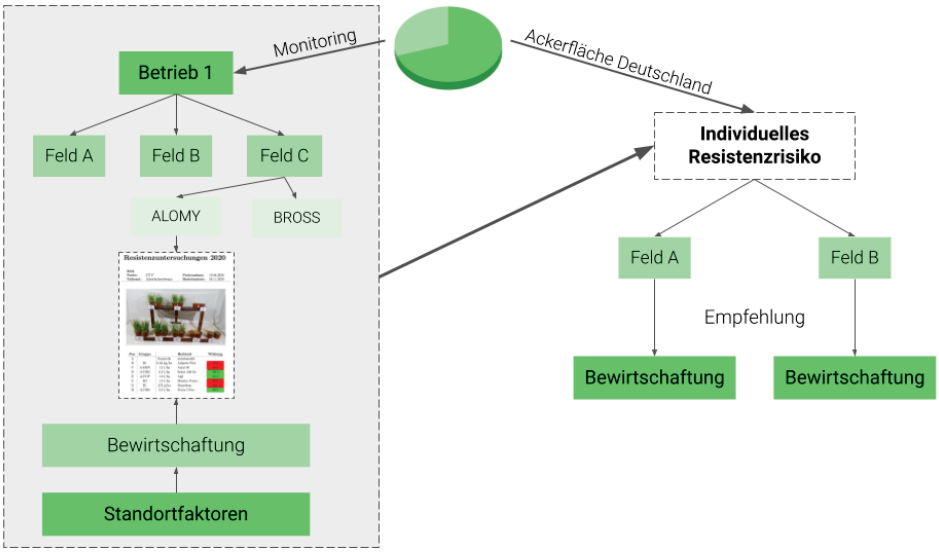

Abbildung 1 Schematische Darstellung der Erstellung des Prognose-Modells. Links der Ablauf des Monitorings und die Erhebung von Feld-, Resistenz- und Bewirtschaftungsdaten. Rechts die Übertragung der Ergebnisse auf weitere Flächen.

Figure 1 *Schematic representation of the development of a forecasting algorithm. Left the collection of data in the monitoring from collection of infestation levels in the field, resistance confirmation testing to the collection of field management information. Right the use of the forecasting model on additional fields.*

Anders als bei bisherigen Beratungsmodellen basieren Risikoeinschätzungen und Empfehlungen hierbei auf Praxisdaten und nicht auf Expertenmeinungen. Besonders die langfristige, zurzeit 3-jährige wiederkehrende Beprobung der gleichen Flächen erlaubt eine präzisere Einschätzung der Situation. Durch die Erfassung mehrere Flächen eines Betriebes, sowie der Berücksichtigung mehrere Betriebe je Region lassen sich zudem die Effekte einzelner Maßnahmen von der Qualität der Umsetzung durch den Landwirt trennen. Dadurch wird eine hohe Objektivität erreicht, die durch einen repräsentativen Datensatz gesichert ist. Durch die Verwendung von Konzepten des maschinellen Lernens im Vergleich zu deterministischen Modellen erfolgt die Berechnung der Empfehlung auch in wesentlich kürzerer Zeit, was zu einer höheren Akzeptanz der Benutzer führen wird (HERRMANN, 2016). Dadurch ist ebenfalls sichergestellt, dass eine Erweiterung und die Pflege des Beratungs-Algorithmus einfacher möglich ist und jeder neue Datensatz direkt zu einer Verbesserung des Modells führt.

Es wird also der Ansatz unternommen, die isolierten Daten jedes Betriebs anonym, ohne Rückverfolgbarkeit und unter Einhaltung des Datenschutzes als Basis zu gemeinschaftlichem Wissen für unsere Kunden zu nutzen. Durch die Nutzung von Programmierschnittstellen (API) ist dabei eine gezielte Einbindung in bestehende Farm-Management-Systeme möglich, sodass Daten vom Landwirt nicht doppelt erfasst werden müssen. Dies ermöglicht das direkte Nutzen der Beratungswerkzeuge als Assistenten bei der Planung der Anbaustrategie für die folgenden Jahre.

Ziel ist es, ein Pilotprojekt zur Validierung des Ansatzes 2022/23 mit ausgewählten Betrieben und Beratern zu starten.

Literatur

BGR, 2021: Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200.000, URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/Bodenkundliche_Karten_Datenbanken/BUEK200/buek200_node.html .

HEAP, I., 2021: International Survey Of Herbicide Resistant Weeds, URL: www.weedscience.org .

HERRMANN, J., 2016: Analysis of the spatial and temporal dynamics of herbicide resistance to ACCase- and ALS-Inhibitors in *Alopecurus myosuroides* Huds. and their causes. PhD Thesis, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 208p., DOI: 10.24355/dbbs.084-201701240925-0.

HERRMANN, J., M. HESS, J. WAGNER, 2020: Befall und Herbizid-Sensitivität in ausgewählten Regionen Deutschlands: Ergebnisse eines Gräser-Resistenzmonitorings 2019. Julius-Kühn-Archiv **464**, 333-338, DOI: 10.5073/jka.2020.464.050.

HESS, M., 2022: Ergebnisse eines Deutschlandweiten Gräser-Monitorings der Jahre 2019-2021: Befalls- und Resistenzentwicklung. Julius-Kühn-Archiv **468**

LEPKE, J., R. BEFFA, O. RICHTER, J. HERRMANN, 2020: Transferability of a random forest model for resistance prediction between different regions in Europe. Julius-Kühn-Archiv **464**, 490-497, DOI: 10.5073/jka.2020.464.074.

PETERSEN, J., H. RAFFEL, 2020: Evolution der Herbizidresistenz in *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* im deutschen Getreideanbau der letzten 15 Jahre. Julius-Kühn-Archiv **464**, 326-332, DOI: 10.5073/jka.2020.464.049.

POWLES, S., Q. YU, 2010: Evolution in action: plants resistant to herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. **61**, 317–347, DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112119.

RÜBENSAM. E., K. RAUHE, 1968: Ackerbau, 2. überarbeitete Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.