

29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 3. – 5. März 2020 in Braunschweig

## Unkrautmanagement im Zeichen von Biodiversität, Glyphosatkrise und knappen Ressourcen – Versuch einer Zwischenbilanz

*Weed management in the context of biodiversity, glyphosate crisis and scarce resources – an interim conclusion attempt*

**Horst-Henning Steinmann**

Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Büsingenweg 1, 37077 Göttingen  
hsteinm@gwdg.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.002



### Zusammenfassung

Unkrautmanagement und Unkrautforschung sind an einem Wendepunkt. So sehen es jedenfalls zahlreiche Expertinnen und Experten. Herbizide kommen an ihre Grenzen durch Fortfall von Altwirkstoffen und die Zunahme schwerbekämpfbarer Unkrautpopulationen. Auflagen zur Verbesserung der Biodiversität sollen verordnet und die Herbizidmengen reduziert werden. Der Beitrag diskutiert die Problemursachen und mögliche Auswege. Das bisherige Herbizidsystem muss überarbeitet und die Auswirkungen auf öffentliche Güter müssen stärker in Bekämpfungsentscheidungen integriert werden.

**Stichwörter:** Herbizide, Herbizidresistenz, Nicht-chemische Unkrautbekämpfung, Öffentliche Güter

### Abstract

Weed management and weed research are at a turning point. This is the opinion of numerous experts. Herbicides are reaching their limits due to the disappearance of existing active substances and the increase in weed populations that are difficult to control. Regulation based requirements to improve biodiversity are to be imposed and herbicide quantities should be reduced. The paper discusses the causes of the problems and possible solutions. The current herbicide system must be revised and the effects on public goods must be more strongly integrated into control decisions.

**Keywords:** Herbicides, herbicide resistance, non-chemical weed control, public goods

### Einleitung

In den jüngst vergangenen Jahren ist das Unkrautmanagement – und hier besonders die Herbizidbasierte Unkrautbekämpfung – unter Druck geraten. Die nachlassende Wirkung vieler Herbizidwirkstoffe, strengere Auflagen bei Anwendung und Zulassung, Begrenzung der Wirkstoffpalette durch zurückgehende Innovationen sowie die hart geführte Debatte um den Schutz der Biologischen Vielfalt stehen für einen Zustand, der durchaus als Krise bezeichnet werden kann. Die agrarnahen Akteure kritisieren die nachlassenden und abnehmenden Managementoptionen beim Unkrautmanagement als krisenhaft, während die Agrarkritiker den ökologischen Zustand der Agrarlandschaften und insgesamt die nachteiligen externen Effekte als Kennzeichen einer Krise ansehen. Das Ringen um das EU Verfahren zur Wirkstoffgenehmigung und Wiedezulassung von Glyphosat ist ein deutlich sichtbares Symptom dieser krisenhaften Zuspitzung.

Aber nicht nur bei uns in Deutschland oder Europa machen sich Unkrautforscher Gedanken, welches die wichtigen Fragen bzw. Aufgaben der kommenden Dekaden sind. Die Unkrautforschung steht an einem kritischen Punkt heißt es auch bei WESTWOOD et al. (2019) in ihrem sehr umfangreichen Blick auf die nächsten 30 Jahre.

Für einen Beitrag des Wissenschaftsmagazins Science wurden kürzlich – angeregt durch die Glyphosat-Schadensersatzprozesse vor US-amerikanischen Gerichten – Unkrautforscher und -forscherinnen gefragt, wie es Ihrer Meinung nach mit dem Unkrautmanagement weitergeht bzw. weitergehen sollte (STOKSTAD, 2019). Diese zweifellos nicht repräsentative Sammlung von Statements gibt einen treffenden Überblick über die diversen Ansichten zur Zukunft des Unkrautmanagements. Folgende Aspekte wurden genannt:

- Entwicklung und Nutzung von Anbausystemen, die weniger abhängig von Herbiziden sind,

- Investitionen in neue Wirkstoffentwicklungen, die bisher durch die Konkurrenz des billigen Glyphosats unterlassen wurden,
- Neue Bioherbizide zur Marktreife bringen,
- Weiterentwicklung autonomer Vehikel, die Unkräuter präzise erkennen und entfernen,
- Weiterentwicklung und Fokussierung nicht chemischer Verfahren (Hacken, Striegel etc.).

Diese Punkte können auch für den Bedarf unter deutschen Verhältnissen als relevant angesehen werden. Hinzu kommt noch die Anforderung, künftig mehr für die Verbesserung der Biodiversität zu unternehmen, was durch das nationale Insektenschutzprogramm (BMU, 2019) und ähnliche Aktivitäten unterstrichen wird. Steht das Unkrautmanagement also vor einem Paradigmenwechsel oder wird alles irgendwie weitergehen wie bisher? Dieser Beitrag greift ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige der wichtigen Themen auf und versucht auch Stellung zu beziehen. Das möge helfen, die notwendigen Diskussionen und Lösungsfindungen weiter zu entwickeln.

### **Unkrautmanagement in Anbausystemen**

Unkrautbekämpfung ist unmittelbar im Kontext der pflanzenbaulichen Anbausysteme zu sehen. Das ist eine gar nicht so neue Erkenntnis, wie das folgende Zitat verdeutlicht:

*„Ist ein Acker besonders stark mit Schadgräsern verunkrautet, so kann wichtiger als die chemische Bekämpfung die Umstellung der meist zu einseitigen Fruchtfolge sein, um die Bodenverhältnisse auf biologischem Weg wieder in Ordnung zu bringen. Weil die tieferen Ursachen für die heute so häufige Feldverseuchung mit einigen wenigen hartnäckigen Unkrautarten in der Praxis nicht erkannt werden (oder auch gar nicht darüber nachgedacht wird) und weil man das Heil nur von den chemischen Mitteln erwartet, geraten so manche Landwirte in ihrem Bemühen um hohe Ernteerträge in eine ebenso teure wie ausweglose Kreisbahn. Herbizide können eine sinnvolle Fruchtfolgetechnik nicht ersetzen.“* (aus: BACHTHALER und DIERCKS, 1968).

Das Zitat kann aus zwei Blickwinkeln gedeutet werden. Einerseits ist zu beklagen, dass diese über fünfzig Jahre alte Erkenntnis seitdem so wenig berücksichtigt wurde, dass wir sie in ihrem Problemkontext heute als zeitgenössisch ansehen können bzw. müssen. Andererseits könnte man einwenden, dass es sich wohl um eine der üblichen pessimistisch akademischen Hohlphrasen handelt; immerhin ist doch seitdem der Produktionserfolg der Landwirtschaft ständig angestiegen. Es ist doch auch alles lange gut gegangen.

In der Tat blicken wir auf eine seit den Fünfzigerjahren andauernde Intensivierungsgeschichte der Ackerbausysteme zurück. In den industrialisierten Ländern sind die Erträge der wichtigen Kulturpflanzen bis in die Neunzigerjahre stetig angestiegen. Seitdem ist jedoch in vielen Regionen ein Ertragsplateau erreicht und weitere Ertragssteigerungen bleiben aus (GRASSINI et al., 2013). Ebenfalls sind Nebeneffekte der intensiven Pflanzenproduktion sichtbar geworden. In unserem Fachgebiet sind das die zunehmenden herbizidresistenten Populationen schwer bekämpfbarer Unkräuter sowie der gleichzeitige Verlust an Artenvielfalt.

Die Unkrautforschenden sind uneinig: Hartnäckig geführt wird die Debatte über das möglichst vollständige Ausrotten der Problemunkräuter, um Samenproduktion zu vermindern und damit den Populationsanstieg zu bremsen. Dem gegenüber steht das Leben-lassen der Unkräuter (Koexistenz), das sich ökosystemar aus der Niscentheorie heraus ableitet. Unkräuter drängen nun einmal in die freien Nischen. Daher wird der Druck niemals aufhören. Werden die Herbizide zurückgefahren, können sich die nicht resistenten Biotypen wieder erholen und größere Anteile der Populationen zurückerobern. Außerdem können auch weniger konkurrenzkräftige Arten eine Nische finden.

Motiviert durch die herbizidresistenten Unkrautpopulationen hat sich in Teilen der USA eine Bewegung gebildet, die eine Ausrottung der bedeutendsten Arten auf Landschaftsmaßstab fordert. Für diese sogenannte Zero-Tolerance Methode z. B. gegen *Amaranthus palmeri* sollen regionale farmübergreifende Aktionsgruppen gebündelt werden (DAVID und FRISVOLD, 2016). Unterstützung findet dieser Ansatz durch Unkrautexperten der betreffenden Regionen. Auch in Deutschland wird

vereinzelt in einem Null-Toleranz-Ansatz die Lösung zur Bekämpfung der herbizidresistenten Acker-Fuchsschwanzpopulationen gesehen, wie immer wieder in einschlägigen Fachzeitschriften zu sehen. Dabei ist es gerade der intensive Herbizideinsatz der vorangegangenen Jahre gewesen, der zum Aufbau der resistenten Populationen geführt hat. Es ist daher rätselhaft, warum das immer gleiche Instrumentarium, das zum Problem geführt hat, nun die Problemlösung sein soll. Einige US-Unkrautexperten bilden die Gegenbewegung zu der Null-Toleranz-Idee und haben bereits 2012 in Anlehnung an eine bekannte Märchenparabel postuliert, dass viele Unkrautexperten (Weed-Emperors) eigentlich mit leeren Händen dastünden, es sich lediglich noch nicht eingestehen wollen (HARKER et al., 2012).

Die Entwicklung der Resistenzsituationen gibt in der Tat keinen Hinweis auf Erfolge des intensiven Bekämpfungsmanagements. Die Zahl der Resistenzfälle nimmt stetig zu. Aus dem Fachgebiet des Managements invasiver Unkrautpopulationen gibt es sehr wenige Beispiele wirklich erfolgreicher Ausrottungsaktivitäten (PANETTA, 2015). Auch wenn es vielen Fürsprechern einer Null-Toleranz nicht um Ausrottung, sondern um das Halten eines erträglichen Unkrautlevels geht, so bleibt es doch bei einem hoch intensiven Bekämpfungsregime und damit beim Aufrechterhalten des hohen Selektionsdruckes.

Allein das Zusammenspiel aller möglichen ackerbaulichen Instrumente kann helfen, das Unkrautmanagement auf eine dauerhafte und weniger herbizidabhängige Weise zu erhalten (BAGAVATHIANNANA und DAVIS, 2018; BECKIE und HARKER, 2017; MOSS, 2019). Dabei ist es aber zu vermeiden, den nützlichen Ackerbaumaßnahmen eine zu sehr dominierende Herbizidroutine hinzuzufügen, sondern es muss gelingen, in der Rotation auch ein oder mehrmals auf die Herbizide weitestgehend zu verzichten. Nur dadurch kann der Selektionsdruck verringert werden.

### **Neue Mittel bzw. Wirkstoffe**

Viele Jahre lang haben Landwirte an die Verfügbarkeit ständig neuer Herbizidlösungen geglaubt. Aufkommende Bekämpfungsprobleme könnten mit neuen Produkten gelöst werden, so ist noch immer die Meinung zahlreicher Landwirte. Dem Statement „*Wenn Herbizide nicht mehr so gut wirken, können diese durch neue Herbizide ersetzt werden*“ hat im Jahr 2014 noch ein Viertel von ca. 2000 befragten Landwirten zugestimmt. Nur ein knappes Drittel der Landwirte hat das Statement definitiv abgelehnt; ein Großteil war indifferent (HÖPER, unveröff.). Neuerungen im Herbizidmarkt beschränken sich aber mittlerweile vorrangig auf Marketinglösungen, zum Beispiel die Neuzusammenstellung von Paketen und Kombinationen bereits vorhandener Wirkstoffe. Die Innovation bei der Suche und Entwicklung neuer Wirkstoffe oder gar Wirkmechanismen ist hingegen weitestgehend zum Stillstand gekommen (DUKE, 2012). Hierfür ist ein Mix von Ursachen verantwortlich. Die steigenden regulativen Anforderungen bei der Zulassung neuer Mittel sind sicher ein Grund. Hinzu kommt die fortschreitende Konzentration bei der forschenden Industrie. Viele Unternehmen beschränken sich auf den Abverkauf von Altwirkstoffen. Nicht zuletzt wird die Dominanz des preiswerten Glyphosats am weltweiten Herbizidmarkt aufseiten zahlreicher forschender Unternehmen zu einem Rückzug aus kostspieligen Investments geführt haben (DUKE, 2012).

Vereinzelte Hinweise bestehen auf bisher ungenutzte Wirkstoffe und Stoffwechselfade für neuartige Wirkmechanismen (DAYAN, 2019), deren Praxisreife und -tauglichkeit aber schwer abzusehen ist. Insgesamt ist die Pipeline neuer Herbizidentwicklungen aber eher als leer denn als voll zu bezeichnen.

### **Ist Robotik ein Ausweg?**

Viele Erwartungen richten sich auf die Weiterentwicklungen von Sensorik, Robotik und künstlicher Intelligenz. Diese häufig mit dem Schlagwort „Digitalisierung“ zusammengefassten Technologien sollen in kommenden Jahren zu einer Innovation nicht nur beim Unkrautmanagement führen, sondern den Ackerbau im Ganzen erneuern. Eine derzeit viel diskutierte Vision ist die automatisierte Bestandesführung mit Roboterflotten, die alle Düngungs- und Pflegemaßnahmen übernehmen.

Sogar eine Bestandesführung auf Einzelpflanzen- bzw. Spotebene soll dadurch möglich werden (WEGENER et al., 2017). Die Unkräuter sollen in solchen Systemen ebenfalls von den Robotern ausgeschaltet werden. Bei allen positiven Versprechungen, ist die Umsetzung dieser Technologien bisher erst in geringem Umfang erfolgt (FINGER et al., 2019). Viele Hindernisse und Unklarheiten stehen einer ausgedehnten Umsetzung noch im Weg.

Die Entwicklungen der teilflächenspezifischen Unkrautkontrolle mittels Applikationskarten bzw. automatisierter Unkrauterkenner reichen bis in die frühen Neunzigerjahre zurück (Übersicht bei GERHARDS et al., 1997). Bereits zu dieser Zeit wurden an diese Technologie große Erwartungen für die Zukunft gerichtet. Zunächst wurden die Anwendungsmöglichkeiten jedoch durch die begrenzten Datenspeicher und Datenverarbeitungsmöglichkeiten sowie die verfügbaren Sensoren limitiert. Mit dem Fortschreiten der „smarten“ Technologien bei Kameras und Endgeräten ist in den letzten Jahren ein neuer Schub entstanden. Dennoch hat auch dieser neue Schub bisher keine breite Anwendung in der Unkrautbekämpfungspraxis bewirkt und die Diskussion über die Techniken verläuft überwiegend auf der Basis von Prototypen oder Entwicklungsstudien. Die mittlerweile sichtbare Verbreitung von Lenkhilfen und optischen Steuerungssystemen darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Realisierbarkeit der „Roboterflotten“ noch nicht absehbar ist. Häufig sind Landwirte bereits mit dem Datenmanagement überfordert, das bei der Aufzeichnung der derzeit verfügbaren Informationen anfällt. Viele aktuelle Techniklösungen sind daher von künstlicher Intelligenz noch weit entfernt.

Das muss nicht so bleiben. Die Durchsetzung von Innovationen verläuft oftmals nicht geradlinig. So können Technologien jahrzehntelang ein Nischendasein als Prototypen führen und sich dann plötzlich durchsetzen. Aber auch der andere Fall ist denkbar, indem eine jahrzehntelang als kurz vor dem Durchbruch beschriebene Technologie schlussendlich im Sande verläuft. So ist ehrlicherweise nicht vorherzusagen, wie das zukünftige automatisierte Unkrautmanagement im Detail aussieht und wie es umgesetzt wird. Bei allen Erwartungen, die an die Zukunft gerichtet werden, ist aber ein Punkt nicht zu unterschätzen: Am Ende entscheiden nach wie vor die Anwender/innen über die Vorgaben für die Geräte. Eine Roboterflotte, die vom Bewirtschafter damit beauftragt ist, einen unkrautfreien Acker herzustellen, wird somit auch keinen Beitrag zur Biodiversität leisten. Wenn die Bereitschaft, Schadensschwellen anzuwenden beim Bewirtschafter nicht vorhanden ist, wird es auch die Robotik nicht umsetzen.

Die Zukunftsversprechungen der modernen Techniken werden häufig in einem Kontext dargestellt, der ein geradezu idyllisches Bild einer vollkommenen Problemlösung zeichnet. Das ist vermutlich so wenig richtig, wie die Sehnsucht nach einer vollkommenen Idylle der Vergangenheit, die bei Technik abgewandten Agrarkritikern manchmal anzutreffen ist. Zukünftige Techniken müssen also stets im Zusammenhang mit den Rahmenbedingungen und den Betriebsleiterpräferenzen gesehen werden.

### **Nicht-chemische Techniken**

Technikmessen und Feldtage der jüngsten Zeit zeigen eine zunehmende Präsenz von nicht-chemischen Geräten zum Unkrautmanagement. Dies betrifft sowohl die Anbieterseite, die sich deutlich sichtbarer präsentiert, als auch die Nachfrageseite –also die Landwirte –, die die Stände und Vorführungen umlagert. Landtechnikunternehmen, die noch vor Jahren in Pflanzenschutzsparten investiert haben, akquirieren mittlerweile moderne Hack-, Striegel- und andere physikalische Technologien. Aber nicht nur die Marktstrukturen ändern sich, auch im Detail werden Innovationen sichtbar. Weiterentwicklungen bei Material, Konstruktion und Steuerung machen aus der klassischen Unkrauthacke ein modernes ernstzunehmendes Instrument.

Einen Innovationschub bei nicht-chemischen Geräten gab es in Deutschland bereits nach dem Verbot des Atrazin. Anfang der Neunzigerjahre standen dadurch im Maisanbau nur wenige andere Wirkstoffe zur Verfügung. Für einige Jahre spielten daher in den Maisanbaugebieten die Hackgeräte als Ersatztechnologie eine gewisse Rolle beim Unkrautmanagement. Mit der einige Jahre später einsetzenden Markteinführung zahlreicher Maisherbizide aus den Gruppen der Sulfonylharnstoffe

und der Triketone eröffneten sich dann wiederum neue Optionen für den Herbizideinsatz im Mais. Die Hacktechnologien traten wieder in den Hintergrund.

Innovationen im Herbizidsektor scheinen im Wechsel mit Innovation im nicht-chemischen Bereich zu stehen. Die derzeitige Innovationskrise in der Herbizidentwicklung schafft einen Rahmen, in dem Innovationen im nicht-chemischen Sektor lohnend und realisierbar erscheinen. Wenn die Nachfrage nach Hack- und sonstigen Geräten ansteigt, kann eventuell auch mit Skaleneffekten, also günstigeren Stückpreisen und Effizienzgewinnen für die Endkunden gerechnet werden. Ansteigende Nachfrage und zunehmende Verkaufszahlen rechtfertigen weiterhin verbesserte Service- und Beratungsangebote, was sich ebenfalls zugunsten der Anwender auswirken kann.

Auch bei der Grundbodenbearbeitung sind aus der Praxis heraus entwickelte Technikentwicklungen sichtbar. Das Abtöten der Zwischenfrüchte war bisher ein wichtiges Anwendungsgebiet der Glyphosatherbizide. Inspiriert durch Betriebe aus dem Ökologischen Landbau, die pfluglose und/oder dauerhaft begrünte Anbausysteme etablieren, versuchen sich auch konventionelle Landwirte und Technikentwickler an glyphosatfreien Mulchsaatverfahren. Schneidende oder walzende Geräte zur Einarbeitung biomassereicher Bestände werden mittlerweile getestet und auch bereits eingesetzt. Die Vermutung, dass Glyphosat in den vergangenen Jahrzehnten als Bremse für Innovationen im Unkrautmanagement gewirkt hat, könnte sich bestätigen, wenn mit dem Ablauf der Zulassung viele neue Verfahren und Ansätze entstehen.

Die betriebswirtschaftlichen Kalkulationen über die ökonomischen Konsequenzen eines Glyphosatverzichts gehen bisher nicht auf die Frage ein, welches Potenzial an Wirksamkeit und Kostensenkung in den Ersatztechnologien, wie auch in den Anpassungsmaßnahmen des gesamten Anbausystems steckt. Daher orientieren sich diese Kalkulationen tendenziell am worst-case und sind daher wohl zu konservativ. Hierzu besteht in den kommenden Jahren Untersuchungsbedarf, wenn sich genauere Kenntnisse über die tatsächlichen Anpassungen einstellen.

Es bleibt allerdings auch noch genug Innovationsbedarf bestehen, denn viele mechanische Geräte sind noch deutlich von der breiten Praxis entfernt und die Wirkungsgrade sind nach wie vor begrenzt. Dies betrifft vor allem die in die Reihe wirkenden Hackverfahren, bei denen Bildverarbeitung, Instrumentensteuerung und Fahrgeschwindigkeit in Einklang gebracht werden müssen.

### **Biodiversität**

Unkräuter sind Elemente der Biodiversität in der Agrarlandschaft. In der Nahrungskette nehmen sie einen wichtigen Platz ein und sind damit auch für höhere trophische Ebenen unentbehrlich. Grundsätzlich passen Pflanzenschutz und Biodiversität nicht zusammen. Die Aufgabe des Pflanzenschutzes ist es ja, die Vielfalt zurückzudrängen und den Kulturpflanzen den Vorrang zu ermöglichen. Das gilt auch für das Unkrautmanagement. Wenn also die Biodiversität in modernen Ackerbausystemen gefördert werden soll, so kann das in der Regel nur mit bewusstem Handeln geschehen. *En passant* wird sich eine Vielfalt wohl kaum einstellen.

In den Bestimmungen zum Glyphosatzulassungsdocument der EU findet sich erstmals ein Bezug zur Rolle der Unkräuter innerhalb der trophischen Ebenen. Damit wird der Anspruch nach Begleitbestimmungen gerechtfertigt, mit denen bei der nationalen Umsetzung die Biodiversität berücksichtigt werden soll. Bisher ist es nicht gelungen, solche Bestimmungen auf europäischer, wie auch auf nationaler Ebene zu erarbeiten und umzusetzen. In Deutschland kam es dabei zu einer Debatte über obligatorische Kompensationsflächen bei der Anwendung von breitwirksamen Pflanzenschutzmitteln. Diese Debatte hat sich über Jahre hingezogen und sich schließlich in juristischen Auseinandersetzungen erschöpft. Jüngster Endpunkt ist ein Verwaltungsgerichtsurteil, dass einerseits die Kompensationsidee stoppt aber andererseits die institutionelle Beteiligung der Umweltseite bestärkt. Es ist dringend geboten, einen Neuanfang aus dieser verfahrenen Situation heraus zu beginnen, anstatt weiter auf die juristische Auseinandersetzung zu setzen.

Die Idee der Kompensationsflächen war im Kern gar nicht so abwegig. Schon der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat in seinem Sondergutachten Umweltprobleme der Landwirtschaft (SRU, 1985) im Jahr 1985 vorgeschlagen, nach dem Eingriffs-Ausgleichs-Prinzip Kompensationen für die Auswirkungen der Landwirtschaft zu schaffen. Kritiker dieser Idee aus dem Lager der Landwirtschaft übersehen häufig, dass das Schaffen solcher (Ausgleichs-)Flächen sogar ein Anliegen des Nationalen Aktionsplans zum Pflanzenschutz ist. Dort ist es zwar nicht obligatorisch gemeint, es unterstreicht jedoch, dass ein Bedarf für irgendwie geartete Vorrangflächen zum Erhalt der Biodiversität mittlerweile breit getragen wird. Nachdem das Greening sich als weitestgehend wirkungsloses Instrument zur Verbesserung der Biodiversität erwiesen hat (PE'ER et al., 2017), dürfte offenkundig sein, dass wirkungsvollere Maßnahmen gefunden werden müssen.

Solche Maßnahmen müssen nicht auf Nicht-Produktionsflächen beschränkt sein. Vieles spricht dafür, dass auch Unkräuter in der Produktionsfläche toleriert werden müssen. Ein Acker verfügt über Nischen, aus denen sich die Unkräuter nur schwer und mit großem Aufwand herausdrängen lassen. Warum sollten diese freien Nischen nicht Unkräutern überlassen werden (vgl. GEROWITT, 2016). Nur auf diese Weise - als tolerierte Restverunkrautung - können Unkräuter ihre Aufgabe innerhalb der trophischen Ebenen als Nahrungs- und Habitatpflanzen erfüllen. Wenn es gelänge, diesen Biodiversitätsnutzen zu quantifizieren und in Geldwert umzusetzen, müssten Schadens- bzw. Toleranz- oder Bekämpfungsschwellen neu berechnet werden. Bisher bekannte Schadensschwellenwerte vernachlässigen diesen ökosystemaren Wert der Unkräuter. Sie messen Unkräutern lediglich Schaden, aber keinen Nutzen zu und sind daher unvollständig.

### **Schlussfolgerungen**

Das Unkrautmanagement beruht seit einem Menschenalter im Wesentlichen auf Herbiziden. Wichtige Kulturtechniken sind darüber vernachlässigt worden; zugegebenermaßen auch aufgrund von ökonomischen Rahmenbedingungen, die Rationalisierungsdruck erzeugt haben. Lediglich bei direkt sichtbaren Nebenwirkungen, wie dem Erstarken herbizidresistenter Unkrautpopulationen, haben Landwirte die Folgen des langjährigen Herbizidregimes zu spüren bekommen. Da die sonstigen Nebenwirkungen (die sogenannten Externalitäten) dieses Managements, wie zum Beispiel der Rückgang von Artenvielfalt, der Landwirtschaft nicht in Rechnung gestellt wurden, hat sich eine Besitzstandshaltung hinsichtlich der derzeit üblichen Bewirtschaftungspraxis eingestellt. So beharrt die Branche weiterhin auf den Lösungen, die durch Herbizide bereitgestellt werden. Diese Fokussierung kommt in jüngerer Zeit an ihre Grenzen.

Vielleicht können wir von Entwicklungen und Diskussionen aus Übersee auch etwas anderes lernen, als den Begriff des „Herbicide-Only-Syndrom (HOS)“, das als Treiber für die dortigen Bekämpfungsprobleme gesehen wird (POWLES und GAINES, 2016). Dieses Syndrom gilt es zu überwinden, bzw. gar nicht erst manifest werden zu lassen. Es gilt aber auch zu erkennen und zu akzeptieren, dass Landwirtschaft nicht ausschließlich im privaten Raum agiert, sondern öffentliche Güter bzw. Ressourcen strapaziert (siehe hierzu DAVIS und FRISVOLD, 2017). Nicht nur die Elemente der Biodiversität sind Gemeinschaftsgüter, sondern auch die Bekämpfbarkeit der Schaderreger ist ein solches Gemeinschaftsgut; ist eine Ressource. Dieses bereits in den frühen Siebzigerjahren aufgestellte Postulat (HUETH und REGEV, 1974) ist bis heute kaum in der Agrarszene (und auch nicht in der Unkrautzene) angekommen. Herbizidnutzer haben die Ressource der *Empfindlichkeit der Unkräuter gegenüber den Wirkmechanismen* stark ausgebeutet und sind dabei, dies weiter fortzusetzen.

Es wird die Aufgabe für die kommenden Jahre sein, die Grenzen zwischen privatem und öffentlichem Nutzen im Unkrautmanagement neu zu ziehen und diesen Prozess zu vermitteln sowie über die Kostenverteilung zu reden. Die Unkrautforschung muss den Landwirten dabei helfen; mit neuen Techniken, neuen Anbausystemen und neuen flankierenden Biodiversitätskonzepten.

## Literatur

- BACHTHALER, G., R. DIERCKS, 1968: Chemische Unkrautbekämpfung auf Acker- und Grünland. BLV, München.
- BAGAVATHIANNANA, M.V., A.S. DAVIS, 2018: An ecological perspective on managing weeds during the great selection for herbicide resistance. *Pest Management Science* **74**, 2277-2286.
- BECKIE, H.J., K.N. HARKER, 2017: Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. *Pest Management Science*, **73**, 1045-1052.
- BMU – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, 2019: Aktionsprogramm Insektenschutz der Bundesregierung – Gemeinsam wirksam gegen das Insektensterben. Bundestagsdrucksache 19/13031.
- DAVID E.E., G.B. FRISVOLD, 2016: Community-Based Approaches to Herbicide-Resistant Weed Management: Lessons from Science and Practice. *Weed Science Special Issue*, 609-626.
- DAVIS, A., G.B. FRISVOLD, 2017: Are herbicides a once in a century method of weed control? *Pest Management Science* **73**, 2009-2220.
- DAYAN, F.E., 2019: Current Status and Future Prospects in Herbicide Discovery. *Plants* **9**, 341.
- DUKE, S.O., 2012: Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest Management Science* **68**, 505-512.
- FINGER, R., S.M. SWINTON, N. EL BENNI, A. WALTER, 2019: Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annu. Rev. Resour. Econ* **11**, 313-35.
- GERHADS, R., M. SÖKEFELD, K. SCHULZE-LOHNE, D. MORTENSEN, W. KÜHBAUCH, 1997: Site specific weed control in winter wheat. *J. Agronomy and Crop Science* **178**, 219-225.
- GEROWITT, B., 2016: Zum Nutzen von Artenvielfalt bei Ackerunkräutern für das Unkrautmanagement. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 13-18.
- GRASSINI, P., K.M. ESKRIDGE, K.G. CASSMAN, 2013: Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. *Nature Communications* **4**, 2918.
- HARKER, K.N., J.T. O'DONOVAN, R.E. BLACKSHAW, H.J. BECKIE, C. MALLORY-SMITH, B.D. MAXWELL, 2012: Our View. *Weed Science*, **60**, 143-144.
- HÖPER, J.W., 2015: Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.
- HUETH, D., U. REGEV, 1974: Optimal agricultural pest management with increasing pest resistance. *Am J Agric Econ* **56**, 543-552.
- MOSS, S., 2019: Integrated weed management (IWM): why are farmers reluctant to adopt non-chemical alternatives to herbicides? *Pest Management Science* **75**, 1205-1211.
- PANETTA, F.D., 2015: Weed eradication feasibility: lessons of the 21st century. *Weed Research* **55**, 226-238.
- PE'ER, G, Y. ZINNGREBE, J. HAUCK, S. SCHINDLER, A. DITTRICH, S. ZINGG, T. TSCHARNTKE, R. OPPERMANN, L.M.E. SUTCLIFFE, C. SIRAMI, J. SCHMIDT, C. HOYER, C. SCHLEYER, S. LAKNER, 2017: Adding Some Green to the Greening: Improving the EU's Ecological Focus Areas for Biodiversity and Farmers. *Conservation Letters* **10**, 517-530.
- POWLES, S.B., T.A. GAINES, 2012: Exploring the Potential for a Regulatory Change to Encourage Diversity in Herbicide Use. *Weed Science Special Issue*, 649-654.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen), 1985: Umweltprobleme der Landwirtschaft. Stuttgart: Kohlhammer, 423 S. Bundestags-Drucksache, 10/3613.
- STOKSTAD, E., 2019: Costly cancer lawsuits may spur search to replace world's most common weed killer. *Science*, doi:10.1126/science.aay1314.
- WEGENER, J.K., L.-M. URSO, D. VON HÖRSTEN, T.-F. MINBEN, C.-C. GAUS, 2017: Developing new cropping systems – which innovative techniques are required? *Landtechnik* **72**, 91-100.
- WESTWOOD, J.H., R. CHARUDATTAN, S.O. DUKE, S.A. FENNIMORE, P. MARRONE, D.C. SLAUGHTER, C. SWANTON, R. ZOLLINGER, 2019: Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed Science. *Weed Science* **68**, 275-285.