

auch auf den Einfluss der Bodennutzung geschlossen werden. Aus dem Statischen Versuch Bodennutzung in Berlin-Dahlem können derartige Informationen gewonnen werden. Ein für den Standort angemessener pH-Wert zwischen 5,8 und 6,3 kann auf lange Sicht nur eingehalten werden, wenn regelmäßige Erhaltungskalkung durchgeführt wird. Der Verzicht auf die Kalkzufuhr führt auf längere Sicht zu starker Versauerung mit pH-Werten zwischen 4 und 4,5. Die Tiefe der Bodenbearbeitung beeinflusst den Versauerungsprozess aber ganz erheblich. Bei flacher Bodenbearbeitung schreitet er wesentlich rascher voran und führt schon nach 15 Jahren in den stark sauren Bereich. Die tiefwendende Bodenbearbeitung verzögert demgegenüber diesen Prozess um etwa ein Jahrzehnt. Dies zeigt, dass bodenfruchtbarkeitserhaltende Maßnahmen wie z. B. die Kalkung sinnvoll in die Bodennutzungssysteme integriert und auf die weiteren Bestimmungsgrößen abgestimmt werden müssen.

## 5 Zusammenfassung

Aus Dauerfeldversuchen können Informationen gewonnen werden, welche für die Anpassung von Bodennutzungssystemen an aktuelle Herausforderungen relevant sind. Sie betreffen die langfristige Entwicklung von ökologischen Parametern unter dem Einfluss agrotechnischer und klimatischer Faktoren. Diese Langzeitversuche sind als Informationsbasis mit Kurzzeit-Experimenten kombinierbar und können die Informationsbasis für aktuelle Forschungsprogramme ergänzen. Dauerfeldversuche sind somit nicht nur wissenschaftliches Erbe, sondern Grundsteine für heutige und zukünftige Forschung.

## Integrierte Unkrautbekämpfung<sup>1</sup>

Prof. Dr. Peter ZWINGER,  
Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,  
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig,  
E-Mail: peter.zwinger@jki.bund.de

### 1 Einleitung

Unter einer integrierten Unkrautbekämpfung ist ein System von Maßnahmen zu verstehen, in dem eine sinnvolle Kombination ökologisch und ökonomisch vertretbarer indirekter und direkter Methoden der Unkrautregulierung standortbezogen und in guter Abstimmung untereinander genutzt wird, um die Unkräuter kurz- und langfristig mit den geringsten ökonomischen und umweltbelastenden Aufwendungen unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu halten. Mit dieser Beschreibung umreißt PALLUTT (2002) sowohl das Ziel der integrierten Unkrautbekämpfung als auch die Elemente, die dafür notwendig sind. Neben der genauen Kenntnis der Schadwirkung der Unkräuter auf die Kulturpflanzenbestände ist es wichtig, die Wirkung von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saatzeitpunkt, Sortenwahl, Bestandesführung und direkten Bekämpfungsmaßnahmen auf den Lebenszyklus der Unkräuter zu kennen. Nur dann können die produktionstechnischen Verfahren auch als indirekte Maß-

nahmen zur Regulierung der Verunkrautung eingesetzt werden.

### 2 Bedeutung der integrierten Unkrautbekämpfung

Wie sich die unterschiedlichen Produktionstechniken auf die Populationsdynamik von Unkräutern auswirken, wurde bereits in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten umfassend untersucht. In welchem Umfang sich diese Erkenntnisse aber in der Praxis anwenden lassen, gilt es ständig zu überprüfen und ist letztlich auch Gegenstand der politischen Diskussion. So verlangt das deutsche Pflanzenschutzgesetz die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen nach der sogenannten Guten fachlichen Praxis und meint damit, dass die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und damit der integrierten Unkrautbekämpfung zu berücksichtigen sind (§ 2a Abs. 1 PflSchG). Bekräftigt wurde diese Forderung mit der kürzlich veröffentlichten 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. Mit dieser Rahmenrichtlinie sollen künftig allgemeine Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes verpflichtend vorgeschrieben und kulturpflanzen- oder sektorspezifische Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz empfohlen werden.

Darüber hinaus zeigt die Verschärfung der Situation beim Auftreten von herbizidresistenten Unkräutern ganz deutlich, dass eine nachhaltige Pflanzenproduktion ohne eine integrierte Unkrautbekämpfung an Grenzen stößt und die Vernachlässigung ackerbaulicher Techniken nicht mehr durch die alleinige Anwendung von Herbiziden auszugleichen ist. Unbestritten ist die relative Vorzüglichkeit der Herbizide; fast alle Unkrautprobleme in Hauptkulturen können durch Herbizide gelöst werden. Die Anbauer bevorzugen die Herbizide aufgrund ihrer hohen Wirkung, ihrer Wirkungssicherheit, ihrer einfachen Handhabung und schließlich auch der Kosten. Folgerichtig liegen die mit Herbiziden behandelten Anbauflächen in Deutschland bei Zuckerrüben, Mais und Winterraps zwischen 95 bis 99 % und bei Getreide um 90 %. Selbst Grünland wird inzwischen aufgrund des Auftretens von Jakobs-Kreuzkraut in deutlich höherem Umfang mit Herbiziden behandelt als dies vor einigen Jahren noch der Fall war.

Weltweit betrachtet liegt die Anzahl der herbizidresistenten Biotypen von Unkräutern heute bei über 320 von insgesamt knapp 200 Arten, davon etwa 80 monokotyle und knapp 120 dikotyle Arten. Auffallend dabei, dass inzwischen selbst gegen Glyphosat resistente Unkrautbiotypen bekannt werden, eine Resistenz, die lange Zeit für nicht möglich erachtet wurde. In Deutschland ist insbesondere die Herbizidresistenz der beiden Ungräser Acker-Fuchsschwanz und Gemeiner Windhalm von Bedeutung; zunehmende Probleme zeichnen sich bei der Kamille ab, noch unklar ist die Situation beim Weißen Gänsefuß.

### 3 Schadwirkung

Die Konkurrenzwirkung von Unkräutern und Kulturpflanzen ist artspezifisch unterschiedlich. So verursacht Acker-Fuchsschwanz in Wintergetreide höhere Verluste als in Sommergetreide. Ausfallgerste hat in Winterraps eine größere Schadwirkung als Acker-Fuchsschwanz. Obwohl die Schadwirkung durch Unkräuter von einer Vielzahl von unterschiedlichen Einflussfaktoren bestimmt wird, ist es notwendig, diese so genau wie möglich zu bestimmen bevor eine Bekämpfungsmaßnahme durchgeführt wird. Nur so lassen sich überflüssige Bekämpfungsmaßnahmen vermeiden.

<sup>1</sup>Vortrag anlässlich der Verabschiedung von Herrn Dr. Bernhard PALLUTT am 15. Oktober 2009 im Julius Kühn-Institut in Kleinmachnow

#### 4 Anbaumaßnahmen

Die Verunkrautung wird in starkem Maße von der jeweiligen Kultur sowie der Fruchtfolge beeinflusst, wobei der Einfluss im Wesentlichen auf die Keimung und den Auflauf der Unkrautarten erfolgt. So fördert der Anbau von Winterungen das Auftreten des Gemeinen Windhalms während Acker-Fuchsschwanz sowohl in Winter- als auch in Sommerungen gute Entwicklungsmöglichkeiten vorfindet.

Ebenfalls stark wird die Verunkrautung durch die Bodenbearbeitung, insbesondere die Grundbodenbearbeitung bestimmt. Im Allgemeinen führt eine nicht-wendende Bodenbearbeitung zu einer deutlich höheren Verunkrautung als eine wendende. Frisch gebildete Samen werden durch das Pflügen in tiefere Bodenschichten verbracht während sie nach einer nicht-wendenden Bearbeitung in den Oberflächen nahen Schichten verbleiben, von wo sie häufiger und erfolgreicher auflaufen können als aus den tieferen Schichten. Dadurch werden Arten mit einer kurzen Samenlebensdauer gefördert, da sie in tieferen Bodenschichten ihre Lebensfähigkeit verlieren bevor sie wieder in günstigere Auflaufhorizonte rückverlagert werden. Besonders deutlich zeigt sich dieser Effekt der Bodenbearbeitung bei den monokotylen Arten, die durch nicht-wendende Bodenbearbeitungsverfahren generell gefördert werden. Auch perennierende Arten werden durch eine reduzierte Bodenbearbeitung gefördert, da ihr Wurzel- oder Rhizomsystem nicht so stark geschädigt wird.

Der Saatzeitpunkt beeinflusst perennierende Unkrautarten fast gar nicht, während einjährige Arten stark auf den jeweiligen Aussaatzeitpunkt der Kultur reagieren. Zwar hängt die Wirkung der Saatzeit auf die Verunkrautung vom Keim- und Auflaufverhalten der Arten ab, doch führt eine frühere Saat im Allgemeinen zu deutlich höheren Unkrautdichten als eine spätere. Einer Verzögerung der Aussaat mit dem Ziel, die Verunkrautung zu reduzieren, sind allerdings dadurch Grenzen gesetzt, dass damit in der Regel auch der Ertrag der Kulturen deutlich abnimmt.

Ein weiteres Element für eine integrierte Unkrautbekämpfung ist die Sortenwahl, da es bezüglich der unkrautunterdrückenden Wirkung nicht nur Unterschiede zwischen den Kulturarten gibt, sondern in aller Regel auch zwischen den Sorten einer Kultur. In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Deckungsgrad der Kultur sowie die Blatthöhe und -stellung in den Kulturpflanzen sortimenten stark variieren, nur wenig vom Jahr und Standort abhängen und eine hohe Korrelation mit der Verunkrautung in den Beständen vorhanden ist.

Die gesamte Bestandesführung muss letztlich so auf die Ansprüche der jeweiligen Kulturart abgestimmt werden, dass diese ihr Ertragspotential voll erreicht und unkrautbedingte Schäden auf ein Minimum zurückgeführt werden. Zwar lässt sich die Unkrautentwicklung mit einer platzierten Stickstoffdüngung in Reihenkulturen reduzieren, eine Umsetzung dieser Erkenntnisse in den praktischen Anbau steht zurzeit aber noch aus.

#### 5 Herbizide

Entsprechend der eingangs aufgeführten Definition der integrierten Unkrautbekämpfung sind neben den indirekten Ver-

fahren auch alle direkten zu berücksichtigen, chemische wie auch nicht-chemische. Dass im konventionellen Landbau die Unkrautbekämpfung fast ausschließlich auf den Herbiziden beruht, wurde bereits ausgeführt. Auch die mechanischen Verfahren zur Unkrautbekämpfung sind aufgrund ihrer geringeren Wirkung und ihrer verminderten Wirkungssicherheit nur bedingt eine Alternative zu dem Einsatz von Herbiziden. Daher werden die Herbizide trotz aller öffentlicher Kritik auch künftig ein wesentlicher Bestandteil in der Pflanzenproduktion sein.

Allerdings wird aus ökonomischen wie auch ökologischen Gründen nach Ansätzen gesucht, die Anwendung von Herbiziden zu reduzieren. So ist es heute üblich, die Aufwandmenge bis zu 30 % gegenüber der zugelassenen Aufwandmenge zu reduzieren, ohne damit geringere Wirkungen zu haben. Während dieser Ansatz Eingang in die Praxis gefunden hat, wird die Anwendung des Schadschwellenkonzeptes von den Landwirten nur sehr zögerlich angenommen, wenn überhaupt. Erfolgversprechender scheint dagegen die teilflächenspezifische Unkrautbekämpfung; durch die Anwendung von Herbiziden nur auf solchen Teilflächen, auf denen die Verunkrautung vorgegebene Schwellenwerte übersteigt, lassen sich Einsparungen gegenüber einer einheitlichen Flächenbehandlung von 30 bis 70 % erzielen.

#### 6 Schlussfolgerungen

Die integrierte Unkrautbekämpfung ist ein Ansatz, bei dem die Verunkrautung nicht mehr bekämpft sondern gezielt gesteuert wird. Mit Hilfe der produktionstechnischen Maßnahmen ist dies grundsätzlich möglich. Einen derartigen Ansatz aber in der Praxis umzusetzen, stellt eine beachtliche Herausforderung dar. Da sich die Verunkrautung einer Fläche in aller Regel aus unterschiedlichen Arten zusammensetzt und diese nicht einheitlich auf die jeweiligen Kulturmaßnahmen reagieren, ist es für den Landwirt kaum möglich, seine Verunkrautung in eine bestimmte Richtung zu lenken. Ferner hat er oftmals konkurrierende Zielvorgaben zu berücksichtigen, wie am Beispiel des Bodenschutzes und der Verwendung des Pflugs deutlich wird. Daher ist es unrealistisch anzunehmen, dass die Praxis ihre Produktionstechnik auf die Notwendigkeiten der Unkrautregulierung abstimmt, zumindest solange wie sie noch effektive Herbizide zur Verfügung hat. Dann werden zunächst die Maßnahmen zur Anwendung kommen, die sich ohne Probleme in das vorhandene Anbausystem integrieren lassen und keine Umstellung der Mechanisierung notwendig macht.

#### Literatur

PALLUTT, B., 2002: Integrierte Unkrautbekämpfung. In: P. ZWERTGER, H.U. AMMON (Eds.): Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 224-230.