

DLG-Merkblatt 432

# Resistenzmanagement im Ackerbau

Herbizidresistenz



# DLG-Mitgliedschaft. Wir geben Wissen eine Stimme.



## Jetzt Mitglied werden!

Die DLG ist seit mehr als 130 Jahren offenes Netzwerk, Wissensquelle und Impulsgeber für den Fortschritt.

Mit dem Ziel, gemeinsam mit Ihnen die Zukunft der Land-, Agrar- und Lebensmittelwirtschaft zu gestalten.

[www.DLG.org/Mitgliedschaft](http://www.DLG.org/Mitgliedschaft)



# DLG-Merkblatt 432

## Resistenzmanagement im Ackerbau

Herbizidresistenz

### Autoren

- DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz
- Dr. Lena Ulber, Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland
- Klaus Gehring, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenschutz (IPS)

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e.V.  
Fachzentrum Landwirtschaft  
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

1. Auflage, Stand: 3/2018

© 2018

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel. +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

## **Inhalt**

<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2. So entstehen Herbizidresistenzen</b>	<b>5</b>
<b>3. Resistenzmechanismen</b>	<b>7</b>
<b>4. Entstehung von herbizidresistenten Unkräutern</b>	<b>8</b>
<b>5. Entwicklung der Herbizidresistenzen im Ackerbau</b>	<b>9</b>
5.1 Resistenzsituation bei Ungräsern	10
5.2 Resistenzsituation bei zweikeimblättrigen Unkrautarten	11
<b>6. Empfehlungen für die Praxis</b>	<b>12</b>
6.1 Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen	12
6.2 Herbizidmanagement	15
<b>7. Das Risiko der Resistenzentstehung auf der eigenen Fläche kalkulieren</b>	<b>15</b>
<b>8. Fazit</b>	<b>17</b>

## 1. Einleitung

Die Vermeidung von Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln ist eine der Hauptherausforderungen im Pflanzenschutz. Dabei gilt es, die immer spezifischer wirkenden Pflanzenschutzmittel so einzusetzen, dass die darin enthaltenen Wirkstoffe einem möglichst geringen Selektionsdruck ausgesetzt werden und somit ihre Wirksamkeit dauerhaft behalten. Denn eines ist jetzt schon offensichtlich: es gibt nicht unendlich viele Wirkmechanismen, die als Ersatz genutzt werden können. In manchen Bereichen ist das Ende der Fahnenstange bereits erreicht.

Der Ausschuss für Pflanzenschutz hat sich deshalb dazu entschlossen, das Thema „Resistenzmanagement im Ackerbau“ für die drei Wirkstoffgruppen Insektizide, Herbizide und Fungizide in Merkblättern aufzugreifen. Zweck der Merkblätter ist es, zum einen den aktuellen Stand der Resistenzentwicklung aufzuzeigen, Resistenzmechanismen verständlich zu machen und daraus letztendlich Resistenzvermeidungsstrategien für die Praxis abzuleiten. Dieses erfolgt im Kontext zu den von der DLG veröffentlichten 10 Thesen: Signale erkennen, Weichen stellen, Vertrauen gewinnen.

*Die Autoren*

## 2. So entstehen Herbizidresistenzen

Herbizidresistenzen entwickeln sich durch zu häufige und einseitige Nutzung von Herbiziden zur Bekämpfung entsprechender Unkrautarten. Zudem sind sie Folge von ackerbaulichen Anbaufaktoren wie dem Trend zu engen, getreidereichen Fruchtfolgen, einem geringen Anbau von Sommerungen und frühen Aussaatterminen bei Wintergetreide. Die fehlende Verfügbarkeit einer entsprechenden Wirkstoffvielfalt und die damit assoziierte zu häufige Nutzung derselben Wirkmechanismen haben das Problem zusätzlich verschärft. So beinhalten alle in den letzten Jahren eingeführten Produkte bekannte Wirkmechanismen oder bereits auf dem Markt verfügbare Wirkstoffe. Der nötige Wechsel von Wirkstoffen ist damit nicht gegeben.

Der Wirkmechanismus eines Herbizides beschreibt den Weg oder die Art und Weise wie physiologische Prozesse innerhalb der Zielpflanze, also dem Unkraut oder Ungras, verändert bzw. beeinflusst werden. Die Entwicklung von Herbiziden mit neuen Wirkmechanismen ist vor allem deswegen sehr aufwändig, weil es immer schwieriger wird, neue Wirkmechanismen zu finden, die keine negativen Auswirkungen auf die entsprechenden Kulturpflanzen zeigen und über eine ausreichende

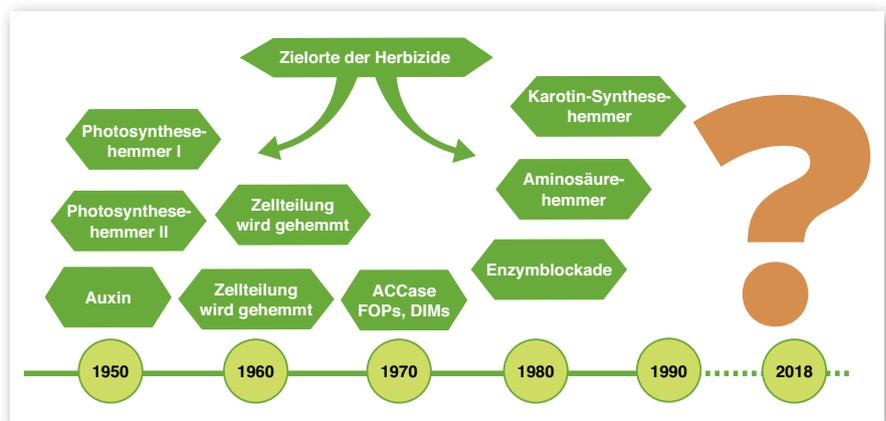


Abbildung 1: Die Entwicklung der herbiziden Wirkmechanismen zeigt seit rund 30 Jahren keine neuen Zielorte. Für die Anwendung im Getreide wurden die ersten ACCCase-Hemmer bereits in den 70er Jahren entdeckt und kamen ab Mitte der 80er Jahre auf den Markt. Die ALS-Hemmer oder Aminosäurehemmer stammen aus den 80er Jahren. Die neueste Gruppe der Karotin-Synthesehemmer wird vorwiegend nur im Maisanbau eingesetzt (Quelle: P. Zwerger, DLG-Mitteilungen, 1/2016 verändert)

Tabelle 1: HRAC-Wirkungsgruppen mit dem jeweiligen Resistenzrisiko

HRAC-Gruppe	Wirkmechanismus	Wirkstoff (Bsp.)	Resistenzrisiko	Getreide	Kartoffeln	Rüben	Raps	Mais
A	ACCCase-Hemmer	FOPs/ DENs und DIMs	sehr hoch	Axial, Ralon Super, Sword, Topik, Traxos	Agil S, Focus Ultra	Fusilade Max, Galant Super, Panarex, Select, Targa Super		Focus Ultra (Duo Sorten)
B	ALS-Hemmer	Propoxycarbazone, Mesosulfuron, Iodosulfuron, Triflursulfuron, Rimsulfuron, Nicosulfuron	hoch	Absolute M, Atlantis, Alistar, Attribut, Caliban, Broadway, Concert SX, Husar	Cato, Titus	Debut, Safari	CL-Vantiga, CL-Clentiga (nur in Clearfield-Sorten)	Accent, Arigo, Cato, Motivell, Samsen, Milagro, Kelvin, Principal, Mais Terpower, Titus
C	Photosynthese-Hemmer	CTU, Metamitron, Metribuzin, Terbutylazin	mittel – hoch	Carmina 640, Lentipur 700, Toluron 700 SC, Trinity	Sencor WG, Artist	Goltix Titan, Goltix Gold, Metafol SC	–	Artett, Calaris, Gardo Gold, Lido SC, Successor T
E	PPO-Hemmer	Flumioxazin*, Carfentrazone*	gering	Sumimax*, Aurora*	–	–	–	–
F	Karotinoidsynthese-Hemmer (HPPD-Hemmer)	Diflufenican, Glomazoline, Flurtamone, Aclonifen, Triceton	gering	Bacara forte, Herold SC, Carmina 640, Beflex	Bandur, Novitron	–	Centium 36 CS, Cirrus	Adengo, Arigo, Elumis, Laudis, Callisto, Calaris
G	ESPS-Hemmer	Glyphosat	gering	Glyphosate (Roundup u.a.)		Glyphosate (Roundup u.a.)		Glyphosate (Roundup u.a.)
K	Zellwachstums-Hemmer	Flufenacet, Pendimethalin, Metazachlor, Metolachlor, Dimethenamid, Pethoxamid, Propyzamid	mittel	Activus SC, Cadou SC, Herold SC, Stomp Aqua, Mailibu, Picono, Orbit, Trinity	Artist	Spectrum	Brasan, Butisan, Colzor Trio, Nimbus, Kerb, Quantum, Milestone	Activus SC, Dual Gold, Gardo Gold, Stomp Aqua, Successor T
N	Lipidsynthesehemmer	Prosulfocarb, Ethofumesat	gering	Boxer, Filon, Jura	Boxer	Ethosat 500, Oblix	–	–
O	Synthetische Auxine	MCPA, Dichlorprop, Mecoprop, Quinmerac, Dicamba, Aminopyralid, Clopyralid, Picloram, Fluoroxypyr, 2,4-D	gering – mittel	Starane XL, Duan-ti, Ariane C	Rebell Ultra		Butisan Top, Effigo, Rebell Ultra, Lontrel	Mais-Banvel, Effigo

\* Registrierung dieser Wirkstoffe und Mittel nur noch bis Anfang/Mitte des Jahres 2018

Umweltverträglichkeit verfügen. Aufgrund der hohen anfallenden Kosten für Forschung und Zulassung lohnt sich die Entwicklung neuer Wirkmechanismen daher nur, wenn diese weltweit in den bedeutenden Kulturen eingesetzt werden können. Der globale Markt wird aber derzeit von gentechnisch-veränderten, Herbizid-toleranten Kulturen dominiert. Damit ist die Entwicklung neuer, selektiver Wirkmechanismen für den vergleichsweise „kleinen“ europäischen Markt oft wenig attraktiv und wird durch steigende Anforderungen an die Registrierung verschärft. Daher ist in den letzten 30 Jahren kein neuer herbizider Wirkmechanismus mehr in den Markt eingeführt worden (Abbildung 1).

Aufgrund ihres Wirkmechanismus und ihrer chemischen Struktur werden alle für die Unkrautbekämpfung zur Verfügung stehenden Wirkstoffe klassifiziert. Ein entsprechend einheitliches und anerkanntes Schema wurde von der HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), einer Interessengemeinschaft der Industrieunternehmen zum Management von Herbizidresistenzen, entwickelt. Das potenzielle Resistenzrisiko ist dabei unterschiedlich für jeden Wirkmechanismus zu bewerten. Einen Überblick über die in Deutschland verfügbaren Herbizide nach HRAC-Wirkungsgruppen mit ihrem jeweiligen Resistenzrisiko findet sich in Tabelle 1.

### 3. Resistenzmechanismen

Nach der HRAC-Definition ist **Resistenz** die innerhalb einer bestimmten Unkrautpopulation natürlich vorkommende, vererbare Fähigkeit einiger Unkräuter, Herbizidbehandlungen zu überleben, die unter normalen Umständen diese Population wirksam bekämpfen würden.

Bei den vorhandenen Mechanismen unterscheidet man zwischen

- der wirkortspezifischen Resistenz („Wirkortresistenz“) und
- der Gruppe der metabolischen oder nicht-wirkortspezifischen Resistenzmechanismen.

Bei einer **Wirkortresistenz** führt eine Mutation im Genom der Pflanze dazu, dass das Herbizid nicht mehr an seinen Wirkort in der Pflanze binden kann und die herbizide Wirkung so ausbleibt. Es gibt unterschiedliche Mutationspositionen innerhalb der pflanzlichen Gensequenzen, deren Ort die Intensität der Resistenz beeinflusst.

Die Gruppe der **metabolischen oder nicht-wirkortspezifischen Resistenzmechanismen** dagegen beinhaltet eine Reihe verschiedener biologischer Prozesse, die verhindern, dass eine wirksame Herbizidkonzentration den Wirkort erreicht (Abbildung 2), durch:

- erhöhte Metabolisierung
- verminderte Aufnahme
- reduzierten Transport des Wirkstoffes in der Pflanze oder
- Überproduktion des Zielenzym.

Da sie weniger spezifisch ist, beschränkt sich eine metabolische Resistenz nicht nur auf derzeit

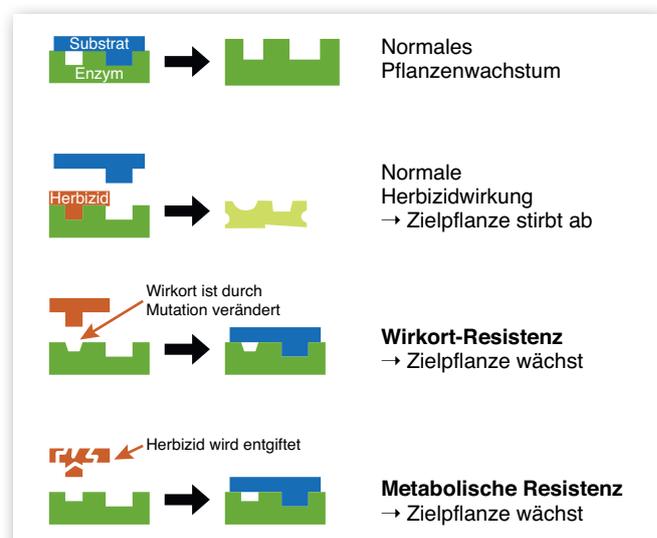


Abbildung 2: So verändert sich die Herbizidwirkung bei Resistenz (Quelle: LfL, K. Gehring 1/2017)

am Markt verfügbare Wirkstoffe, sondern kann sich auch gegen Wirkstoffe auswirken, die bisher noch nicht zugelassen sind.

Während die Wirkortresistenz bei breitblättrigen Unkräutern dominiert, sind metabolische Resistenzen bei Ungräsern weit verbreitet. Die Förderung dieser nicht-wirkortspezifischen, metabolischen Resistenzen wird u. a. durch eine Verringerung der Aufwandmenge oder ungünstige Anwendungsbedingungen, die das Wirkungspotenzial des eingesetzten Herbizids stark vermindern, provoziert. Durch die Reduzierung der Wirkungssicherheit der Herbizide können die widerstandsfähigsten Pflanzen überleben und sich vermehren. Wissenschaftler aus Australien konnten schon vor einigen Jahren in Versuchen mit Weidelgräsern belegen, dass durch reduzierte Herbizid-Aufwandmengen nach wenigen Generationen der Anteil an Unkrautpflanzen mit metabolischer Resistenz stark anstieg.

In der Diskussion über Herbizidresistenzen werden noch weitere Begriffe verwendet:

Die **Kreuzresistenz** ist eine Resistenz gegen zwei oder mehr Wirkstoffe, die sich aufgrund eines einzigen Resistenzmechanismus ergibt. Je nach Resistenzmechanismus können Kreuzresistenzen zwischen Wirkstoffen mit gleichem Wirkmechanismus oder auch zwischen Wirkstoffen unterschiedlicher Wirkmechanismen (HRAC-Gruppen, siehe Tabelle 1) vorkommen. Erfahrungen haben jedoch auch gezeigt, dass es je nach Resistenzmechanismus zu unterschiedlichen Resistenzausprägungen zwischen Wirkstoffen eines Wirkmechanismus kommt. Bei einer Wirkortresistenz treten in der Regel Kreuzresistenzen nur zwischen Wirkstoffen mit gleichem Wirkmechanismus auf. Bei nicht-wirkortspezifischer oder metabolischer Resistenz dagegen kommen auch Kreuzresistenzen zwischen Wirkstoffen mit unterschiedlichem Wirkmechanismus vor.

Die **Multiple Resistenz** ist eine Resistenz gegen mehrere unterschiedliche Wirkstoffe, die sich aus der Anwesenheit von zwei oder mehreren Resistenzmechanismen in ein- und derselben Pflanze ergibt.

#### 4. Entstehung von herbizidresistenten Unkräutern

Die Entstehung von Herbizidresistenz beginnt in der Regel mit einzelnen oder wenigen Pflanzen mit einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber Herbiziden, die in jeder natürlichen Population vorkommen. Durch die wiederholte Anwendung von Herbiziden mit dem gleichen Wirkmechanismus kommt es zu einem Selektionsdruck. Empfindliche Pflanzen werden dezimiert, der Anteil resistenter Pflanzen nimmt zu. Das Überleben und die Vermehrung entsprechend angepasster (resistenter) Einzelpflanzen wird also begünstigt (Abbildung 3).

Wird keine Strategie zur Unterbrechung dieses Selektionsprozesses durchgeführt, können resistente Einzelpflanzen in der Population im Laufe der Zeit vorherrschend werden und Bekämpfungsprobleme entstehen. Ob und wie schnell eine Unkrautpopulation von resistenten Einzelpflanzen dominiert wird, hängt also in erster Linie davon

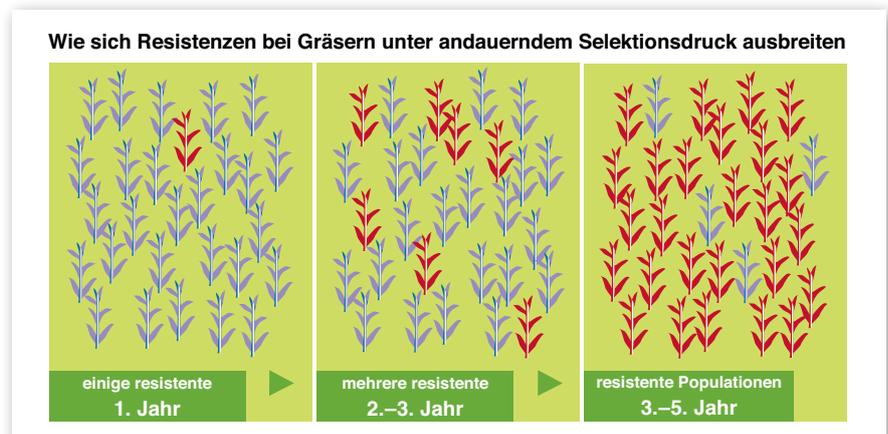


Abbildung 3: So entstehen Herbizidresistenzen in einer Unkraut/Ungraspopulation (Quelle: DLG-Mitteilungen, 1/2002)

ab, wie viele verschiedene Wirkstoffe eingesetzt werden und wie diese in der Kultur und über die gesamte Fruchtfolge rotiert werden.

Die Entwicklung von Resistenzen verläuft dabei nicht linear, sondern eher logarithmisch. Die Zahl resistenter Pflanzen im Bestand nehmen in den ersten Jahren nur gering, dann aber in sehr großen Sprüngen zu. So werden entstehende Resistenzen oft erst spät erkannt, wenn die entsprechenden resistenten Unkräuter schon die Fläche dominieren. Dies war auf vielen Flächen in Norddeutschland der Fall, wo sich der Acker-Fuchsschwanz heute oft nicht mehr bekämpfen lässt. Doch auch in den übrigen Regionen Deutschlands verschiebt sich auf vielen Flächen das Resistenzniveau der Unkrautpopulationen stetig, auch wenn dies bisher noch nicht überall sichtbar ist.

Die Geschwindigkeit der Resistenzentwicklung hängt neben der Selektion durch den Herbizideinsatz auch von biologischen Faktoren der Unkräuter ab:

- von der Häufigkeit resistenter Einzelpflanzen in der ursprünglichen Population
- vom Umfang des Samenvorrates im Boden
- vom Vermehrungspotenzial und Keimverhalten der Unkräuter
- sowie der „Fitness“ der resistenten Unkräuter.

Entscheidend für die Entstehung von Resistenzen ist die Größe der Unkrautpopulationen: je größer die Population einer Unkrautart, desto höher die Wahrscheinlichkeit von resistenten Einzelpflanzen in dieser Population. Zudem erfordern große Unkrautpopulationen eine intensivere Bekämpfung. Die Kombination aus beidem birgt ein großes Risiko zur Entstehung von resistenten Populationen.

## 5. Entwicklung der Herbizidresistenzen im Ackerbau

Erste Meldungen über Minderwirkungen von Wuchsstoffen wurden bereits in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts beschrieben, jedoch nur wenig beachtet. Erst die Entdeckung von ersten Triazin-Resistenzen in den 70er Jahren ließen Wissenschaft und Praxis aufhorchen.

Nach der Einführung und intensiven Anwendung der Triazine stieg weltweit die Zahl der Resistenzbefunde bei zweikeimblättrigen Unkräutern vor allem in Mais in den 70er Jahren stetig an. In Europa führte vor allem die selektive Bekämpfung von Ungräsern mit Wirkstoffen der Photosystem-II-Hemmer (z. B. IPU-Mittel) zur Selektion von ersten resistenten Populationen. Mit der Einführung neuerer Herbizide mit Wirkstoffen der ACCase- und ALS-Hemmer veränderte sich Anfang der 80er Jahre das Bild. Doch auch diese Wirkstoffe haben kurz- bis mittelfristig auf Resistenz selektiert. Die Einführung und Etablierung von gentechnisch veränderten (GVO), Glyphosat-toleranten Kulturen Mitte der 90er Jahre hatte wiederum eine Veränderung des Unkrautmanagements in den Produktionssystemen in Nord- und Südamerika zur Folge. Die dramatische Situation hinsichtlich der Glyphosat-resistenten Unkrautpflanzen wurde inzwischen durch die Kombination von Glyphosat- und Auxin-Hemmer-Toleranzen in GVO-Kulturen entschärft. Ein wahrscheinlich nur kurzfristiger Lösungsansatz, der wieder zur Selektion multiresistenter Unkräuter führen wird.

Bis Anfang des Jahres 2018 wurden global gesehen 490 resistente Biotypen von 254 verschiedenen Unkrautarten gemeldet, aufgeteilt auf 106 resistente Gräserarten und 148 resistente breitblättrige Unkräuter (Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds, [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)). Weltweit gesehen sind heute resistente Weidelgras-Arten das größte Problem. Durch seine hohe An-

passungsfähigkeit konnte besonders das Steife Weidelgras gegen 13 verschiedene herbizide Wirkmechanismen Resistenzen ausbilden. Ebenfalls ein großes Resistenzproblem weisen global gesehen Hirse-Arten, die Jährige Rispe und der Acker-Fuchsschwanz auf.

In Deutschland sind die Fruchtfolgen auf Grund von ökonomischen Rahmenbedingungen in den letzten Jahren immer weiter vereinfacht worden. Die Begrenzung auf wenige, möglichst gewinnbringende Kulturen und die damit verbundene häufige und abwechslungslose Anwendung von Herbiziden mit gleichen Wirkmechanismen haben die Entwicklung herbizidresistenter Unkräuter stark begünstigt. Als Folge haben insbesondere die Ungrasarten Acker-Fuchsschwanz und der Gemeine Windhalm bereits eine Vielzahl von resistenten Populationen gegen zahlreiche Wirkmechanismen ausgebildet. Aber auch bei Hirse-Arten, Trespel-Arten, Flughafer und Weidelgras-Arten wurden schon Resistenzen beobachtet. Daneben werden auch bei zweikeimblättrigen Unkräutern resistente Populationen gefunden.

### 5.1 Resistenzsituation bei Ungräsern

In Deutschland ist seit jeher der **Acker-Fuchsschwanz** das wichtigste Ungras mit Resistenzentwicklung. Die selektive Bekämpfung mit Wirkstoffen der Photosystem-II-Hemmer (PS-II-Hemmer; HRAC-Gruppe C), wie Chlortoluron und später Isoproturon, führte erstmalig zur Selektion resistenter Populationen (Abbildung 4). Schon bei der Einführung der ersten ACCase-Wirkstoffe (HRAC-Gruppe A) Mitte der 80er Jahre wurden

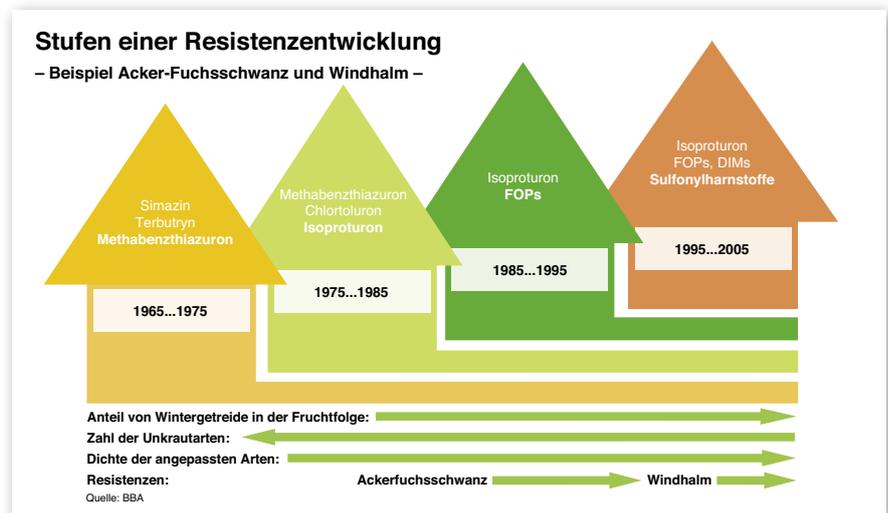


Abbildung 4: So schnell hat sich die Resistenz gegen herbizide Wirkstoffe entwickelt (Quelle: P. Niemann, DLG-Mitteilungen 2/2003)

erste Minderwirkungen gegen diesen neuen Wirkmechanismus festgestellt. Die vorhergehenden Herbizidmanagement-Maßnahmen stellten bereits einen so hohen Selektionsdruck dar, dass bereits kurze Zeit nach Einführung der ersten ACCase-Herbizide Kreuzresistenzen gegenüber dieser Wirkstoffgruppe gefunden werden konnten. Ähnliche Beobachtungen wurden auch wenig später bei der Einführung der ersten Wirkstoffe der ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe B) gemacht. Heute finden sich in Deutschland bei Acker-Fuchsschwanz vor allem Populationen mit Resistenz gegen Wirkstoffe der HRAC-Gruppen A, B und C2 (siehe Tabelle 1). Aber auch gegen Wirkstoffe der HRAC-Gruppe K3 (Flufenacet, Pendi-methalin) wurden schon erste Minderwirkungen beobachtet. In den stark von Resistenz betroffenen Regionen wirken die getreideselektiven ACCase-Hemmer (Pinoxaden, Fenoxaprop und Clodinafop) häufig nur noch in wenigen Fällen. Nicht ganz so stark von Resistenz betroffen ist derzeit das in zweikeimblättrigen Kulturen eingesetzte Cycloxydim. Auch im Bereich der blattaktiven ALS-Hemmer nehmen die Resistenzen vermehrt zu und haben dazu geführt, dass in einigen Regionen bereits das Herbizid Atlantis in der Wirkung mehr oder weniger stark beeinträchtigt ist. Alarmierend ist vor allem die steigende Anzahl an Populationen mit multipler Resistenz bei der mehrere Wirkmechanismen gleichzeitig betroffen sind und nicht mehr ausreichend wirken.

Im Jahre 1997 wurden erste Resistenzen bei **Gemeinem Windhalm** gegen Isoproturon auf Standorten in Niedersachsen gefunden. Weitere Befunde folgten aus Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern. Seit 2005 traten erste Minderwirkungen von ALS-Hemmern auf. Auch wenn die Resistenzentwicklung bei Windhalm nicht so umfangreich verlief wie bei Acker-Fuchsschwanz, ist die Resistenzsituation in vielen Teilen Deutschland mittlerweile ebenfalls besorgniserregend. Wie bei Acker-Fuchsschwanz sind primär die HRAC-Wirkstoffgruppen A, B und C2 betroffen aber auch bei Bodenwirkstoffen wie Flufenacet sind erste Fälle von Minderwirkung beobachtet worden. Windhalm weist allerdings im Vergleich zum Acker-Fuchsschwanz deutlich häufiger Resistenzen gegen ALS-Hemmer auf, die sich zudem sehr rasch entwickeln kann und zudem steigt auch bei Windhalm die Anzahl an Resistenzfällen bei ACCase-Hemmern kontinuierlich.

In den letzten Jahren wurden auch bei **Weidelgras-Arten**, der **Tauben Trespe** und **Hühnerhirse** Fälle von Resistenz beobachtet. Ein erster Resistenzfall bei Weidelgras wurde 2008 in Schleswig-Holstein dokumentiert, ihm folgten weitere Fälle im gesamten Bundegebiet. Die durch die geringe Verfügbarkeit von Wirkstoffen und Wirkmechanismen erschwerte Bekämpfung von Weidelgräsern erhöht die Gefahr der Selektion resistenter Populationen. Weitere von Resistenz betroffene Gräserarten sind der **Flug-Hafer**, der vor allem aus Zuckerrüben anbauenden Betrieben in Rheinland-Pfalz gemeldet wurde. Hier sind bisher vor allem Wirkstoffe der ACCase-Hemmer betroffen.

## 5.2 Resistenzsituation bei zweikeimblättrigen Unkrautarten

Neben der bereits weit verbreiteten Resistenz bei den genannten Ungrasarten treten in Deutschland in den letzten Jahren auch vermehrt Resistenzen bei zweikeimblättrigen Unkrautarten auf. Hier spielen vor allem Resistenzen gegen ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe B) eine Rolle. Als Grund für das zunehmende Auftreten von Resistenzen bei zweikeimblättrigen Unkrautarten kann vor allem der häufige Einsatz von Sulfonylharnstoffen in Getreide in Kombination mit getreidereichen Fruchtfolgen gesehen werden.

Die weiteste Verbreitung zeigen Resistenzfälle bei **Kamille-Arten**, die vor allem Sulfonylharnstoffe betreffen. Die erste Population einer ALS-resistenten Echten Kamille wurde 2008 in Nord-Deutschland beobachtet, kurz darauf folgte im Jahr 2009 der erste Fund einer resistenten Geruchlosen Kamille. Bisher beschränkt sich das Auftreten der Resistenz-Fälle hauptsächlich auf norddeutsche Regionen wie Schleswig-Holstein und Ostfriesland, es werden aber eine steigende Zahl an Fälle auch in den übrigen Bundesländern beobachtet. Bei diesen resistenten Populationen zeigen vor allen die Sulfonylharnstoffe wie beispielsweise Tribenuron eine verminderte Wirkung. Aufgrund der häufig auftretenden Kreuzresistenzen ist aber davon auszugehen, dass im Falle einer Minderwirkung eines einzelnen Sulfonylharnstoffes auch andere Herbizide auf Basis von Sulfonylharnstoffen betroffen sind.

Auch bei der **Vogelmiere** sind bereits erste Resistenzfälle aus Bayern gemeldet worden. Betroffen sind auch hier vor allem die ALS-Hemmer, insbesondere Sulfonylharnstoffe. Untersuchungen haben gezeigt, dass hier wie bei den Kamille-Arten eine wirkortspezifische Resistenz vorliegt. Auch bei **Amarant** und **Klatschmohn** wurden schon erste Fälle von Resistenz gegen ALS-Hemmer beobachtet. Die bereits historisch entwickelten Resistenzen gegen Triazin-Herbizide bei einer Vielzahl von Unkräutern wie zum Beispiel **Gänsefuß-Arten**, **Schwarzen Nachtschatten**, **Melde** oder **Knöterich-Arten** wird bemerkbar, wenn in Kulturen wie Rüben oder Kartoffeln die Bekämpfungsleistung vorwiegend von PS-II-Hemmer Herbiziden (HRAC-Gruppe C, z. B. Metamitron oder Metribuzin) abhängig ist.

## 6. Empfehlungen für die Praxis

### 6.1 Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen

In der Regel wurden und werden Herbizide immer als die wirksamste und in den meisten Fällen auch als die preisgünstigste und zuverlässigste Form der Unkrautbekämpfung angesehen. Die vermehrt auftretenden Resistenzfälle führen allerdings immer öfter zu ökonomischen Konsequenzen auf einzelbetrieblicher Ebene wenn die Herbizidbehandlungsintensität intensiviert werden muss und dennoch Ertragsrückgänge aufgrund unzureichender Unkrautbekämpfung auftreten. Daher ist im Rahmen eines effektiven Resistenzmanagements neben einem entsprechenden Herbizidmanagement eine stärkere Berücksichtigung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen unverzichtbar, um den Selektionsdruck zu minimieren (Abbildung 5). Kernziel ist hierbei eine möglichst vielfältige Unkrautflora ohne einzelne, dominierende Unkräuter.

Bei der Planung eines Resistenzmanagements steht die **Fruchtfolge** an erster Stelle. Für die konkrete Fruchtfolgegestaltung ist es wichtig, einen ausgewogenen Wechsel zwischen Winter- und Sommerkulturen zu gewährleisten. Sofern Ungrasarten durch bestimmte Kulturen stark gefördert werden (z. B. Acker-Fuchsschwanz und Gemeiner Windhalm in Wintergetreide; Hirse-Arten in Mais), muss der Anteil dieser Kulturen in der Fruchtfolge begrenzt werden. Fruchtfolgen mit einem regelmäßigen Wechsel von Winter- und Sommerkulturen, sowie einem Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten sind die günstigste Voraussetzung für eine Unkrautflora, die nicht von wenigen, schwer bekämpfbaren Arten dominiert wird.

Den Einfluss von Fruchtfolge auf die Resistenzentwicklung veranschaulichen am Beispiel von Acker-Fuchsschwanz die Ergebnisse einer mehrjährigen Studie, die sich mit dem Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Resistenzentwicklung beschäftigte (Abbildung 6). Im Rahmen dieser Studie wurden in Süddeutschland über **500 Standorte** in einer damals noch nicht „typischen“ Resistenzregion untersucht. Dabei wurde auf Schlägen, die eine Fruchtfolge aus Winterungen und Sommerungen aufwiesen, ein geringeres Resistenzaufreten beobachtet als auf solchen, die ausschließlich Winterungen aufwiesen. So traten bei 0 % Sommerungen in der Fruchtfolge zwar auf rund 35 % der Schläge noch keine Resistenzen bei Acker-Fuchsschwanz auf, auf 25 % der Schläge wurde allerdings eine Minderwirkung der Herbizide und auf 40 % der Schläge das Auftreten einer Resistenz festgestellt. Schläge mit 33 % oder sogar 50 % Sommerungen in der Fruchtfolge wiesen dagegen keinen resistenten Acker-Fuchsschwanz auf. Die Praxiserhebungen bestätigen für die Fruchtfolgegestaltung eine deutliche Minderung des Resistenzrisikos ab einem Anteil von einem Drittel Sommerungen in der Fruchtfolge.

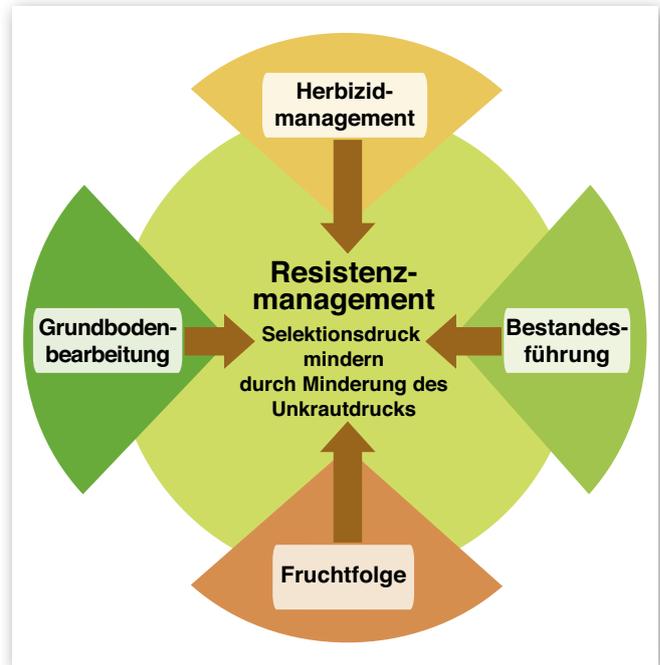


Abbildung 5: So funktioniert ein Resistenzmanagement (Quelle: P. Niemann, DLG-Mitteilungen 2/2002)

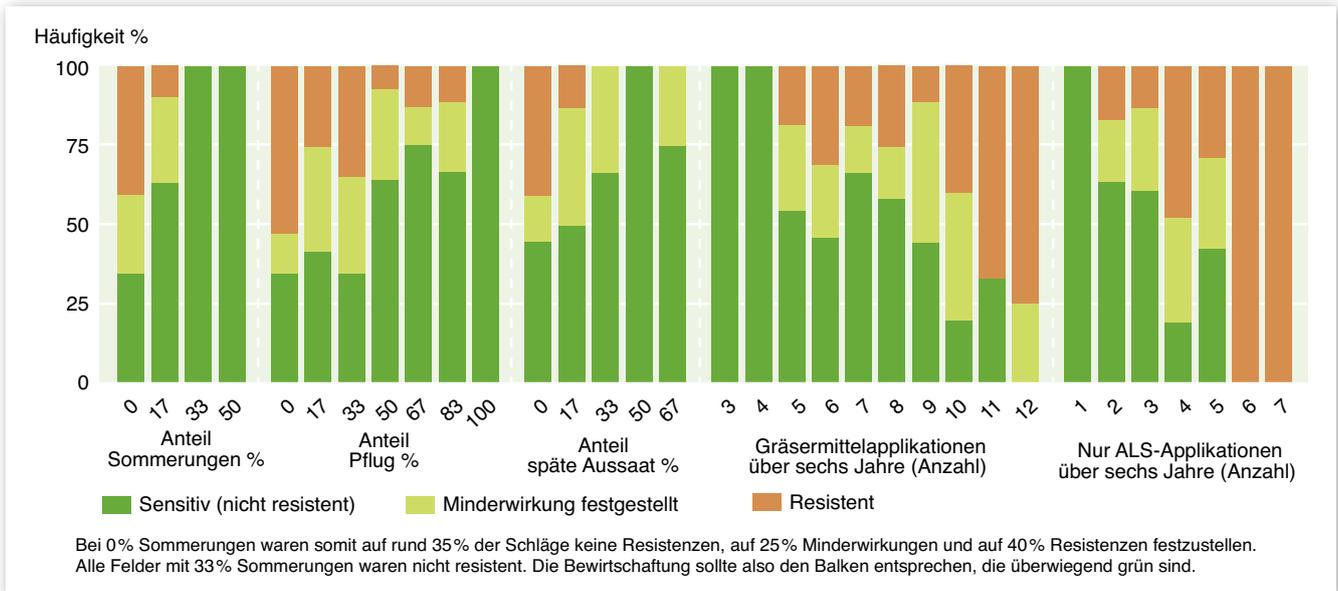


Abbildung 6: So hoch ist der Bewirtschaftungseinfluss auf die Resistenzbildung in einer Region (Quelle: J. Herrmann, DLG-Mitteilungen 9/2016)

Auch die Art der **Grundbodenbearbeitung** hat einen erheblichen Einfluss auf Artenspektrum, Auflaufverhalten und Dichte der Unkräuter. Verschiedene Methoden der reduzierten Bodenbearbeitung begünstigen die Entwicklung bestimmter Arten, die später dominant auftreten können. Dies lässt sich u. a. dadurch erklären, dass einige Arten wie z. B. Acker-Fuchsschwanz oder Weidelgras-Arten nur flach unter der Bodenoberfläche und nicht aus tieferen Schichten keimen können (Tabelle 2). Wenn Unkrautsamen durch eine wendende Bodenbearbeitung in tiefere Bodenschichten kommen, sinkt ihre Auflaufrate und damit ihre Entwicklungsfähigkeit in den meisten Fällen signifikant. Auch dies konnten die Untersuchungen aus Süddeutschland zeigen: Je höher der Pfluganteil in der Fruchtfolge, desto geringer die Häufigkeit des Resistenzauftritts (Abbildung 6). Eine stark reduzierte, nicht-wendende Bodenbearbeitung führt dagegen zu einer Erhöhung des Unkrautsamenpotenzials in der obersten Bodenschicht und damit einem höheren Unkrautauftreten. Der Besatz mit Trespel-Arten ist so z. B. erst durch reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren zum Problem geworden. Durch ihre kurze Lebensdauer (Tabelle 2) verursachten Trespel in der Vergangenheit unter Pflugeinsatz kein wesentliches Problem. Insbesondere ein turnusmäßiges Pflügen kann den Besatz von Ungräser mit einer kurzen bis mittleren Samenlebensdauer deutlich mindern, indem durch die wendende Bodenbearbeitung lebensfähige Samen vergraben werden. Eine Ausnahme bildet hier der Flug-Hafer, der auch aus tieferen Bodenschichten auflaufen kann und durch die Form der Bodenbearbeitung nicht stärker im Auflaufverhalten beeinflusst wird.



Abbildung 7: So weit dürfen Sie es nicht kommen lassen (Quelle: landpixel)

Die **Bestandesführung** kann ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf die Unkrautentwicklung aus-

Tabelle 2: Biologische Parameter einiger Unkrautsamen (zusammengestellt nach verschiedenen Autoren)

	Keimung	Samen/Pflanze	Keimtiefe	Überlebensdauer im Boden (in Jahren)
Acker-Fuchsschwanz	80% Herbst (September/Oktober) 20% Frühjahr	40–400	bis 5 cm	7 (5–10) ca. 70% der Samen sterben im ersten Jahr ab
Flug-Hafer	Frühjahr	15–150	bis 10 cm	2–3
Gemeiner Windhalm	Herbst	1.000–12.000	bis 1 cm	1–2
Taube Trespe	bevorzugt im Herbst	200–1.000	bis 3 cm	1–2
Hühnerhirse	spätes Frühjahr	200–400	bis 5 cm	bis 10
Kamille-Arten	das ganze Jahr	45.000	bis 1 cm	über 10
Vogelmiere	das ganze Jahr	15.000	bis 2 cm	über 10
Klatschmohn	Herbst bis Frühjahr	20.000–40.000	bis 1 cm	über 10
Amarant	Frühjahr	1.000–5.000	bis 2 cm	über 10
Weißer Gänsefuß	Frühjahr	200–20.000	bis 3 cm	über 10

üben. Im Getreidebau kann die Unkrautunterdrückung der Kultur durch die **Wahl der Sorte** und die Gestaltung der **Bestandesdichte** deutlich beeinflusst werden. Die Konkurrenzfähigkeit einer bestimmten Sorte hängt von der Struktur und der Dichte ihres Blatt- und Wurzelapparates ab. Kurzstrohige, ertragreiche Weizensorten mit einem niedrigen Ernteindex (d. h. mit einem niedrigen Verhältnis von Blättern zu Körnern) werden häufig von Züchtern und Landwirten bevorzugt. Für eine vorbeugende Unkrautunterdrückung ist jedoch zu empfehlen, soweit möglich, Sorten mit starkem Blattapparat und dichtem Wurzelwerk für den Anbau auszuwählen, da solche Sorten eine stärkere Konkurrenzkraft zeigen.

Wird der **Aussaatzeitpunkt** von Winterweizen zeitlich verschoben, kann der Auflauf von resistenzgefährdeten Ungras-Arten wie Acker-Fuchsschwanz, Windhalm aber auch Trespe und Weidelgräser in der Kultur reduziert werden. Die Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern ist bekannterweise sehr hoch, wenn beide gleichzeitig auflaufen und eine hohe Unkrautdichte gegeben ist. Erfolgt die Bodenbearbeitung rechtzeitig vor der Aussaat der Folgekultur, so haben die Unkrautsamen optimale Keimbedingungen. Mit einer flachen Stoppel- und Bodenbearbeitung kann im Rahmen eines sogenannten „**falschen Saatbettes**“ die Keimung zusätzlich angeregt werden. Durch eine spätere Aussaat können Unkrautkeimlinge so bereits vor dem Saattermin der Kulturpflanzen auflaufen, möglich z. B. im Herbst bei Acker-Fuchsschwanz und Weidelgräsern oder im Frühjahr bei Flug-Hafer. Unmittelbar nach dem Auflaufen können die Unkräuter dann mechanisch oder mit einem nicht-selektiven Herbizid bekämpft werden bevor die Aussaat der Kultur erfolgt. Feldversuche aus Nord-Deutschland belegen den erheblichen Effekt einer verzögerten Aussaat von Winterweizen auf die Entwicklung von Acker-Fuchsschwanz (Tabelle 3).

Ein nicht zu unterschätzender Aspekt ist die mögliche **Verschleppung und Verbreitung** von Unkräutern. Insbesondere durch Mähdrescher und Erntemaschinen können Unkrautsamen, auch von resistenten Populationen, auf bisher noch befallsfreie Flächen verschleppt werden. Beim Umsetzen von Maschinen und Geräten von Flächen mit bekannt resistenten Unkräutern ist eine entsprechende Reinigung sehr empfehlenswert, um eine schnelle Ausbreitung zu verhindern.

Tabelle 3: Einfluss des Saattermins auf das Auflaufverhalten von Acker-Fuchsschwanz in den Norddeutschen Marschen (Mittel von vierjährigen Versuchen) (Quelle: Krüssel und Hoppe, 2006)

Saattermin	Anzahl Pflanzen/m <sup>2</sup>	Prozent	Anzahl Ähren/m <sup>2</sup>	Prozent
Mitte September	268	100 %	618	100 %
Anfang Oktober	193	–28 %	290	–53 %
Mitte Oktober	78	–71 %	148	–76 %

## 6.2 Herbizidmanagement

Generell sollten die Empfehlungen und Beratungsunterlagen des Pflanzenschutzdienstes bzw. der Officialberatung die Basis für einen effektiven und umweltverträglichen Herbizideinsatz im Sinne der guten fachlichen Praxis bilden. Grundsätzlich kann jeder Herbizideinsatz einen Selektionsdruck verursachen und resistente Unkräuter fördern. Daher sollte die Anwendungshäufigkeit von Herbiziden auf das notwendige Maß beschränkt werden. Jede eingesparte Herbizidbehandlung stellt eine Verzögerung der Resistenzentwicklung dar. Zur Vermeidung von Problemen, die durch die häufig wiederholte Anwendung eines einzelnen Wirkmechanismus entstehen, ist im Rahmen einer Fruchtfolge eine **Rotation der herbiziden Wirkmechanismen** vorzunehmen. Nur so kann bei erforderlichen Herbizidbehandlungen die Selektion von Unkräutern mit spezifischen Resistenzeigenschaften so gering wie möglich gehalten werden.

Durch die in Deutschland regional sehr betriebs- bzw. schlagspezifische Resistenzsituation können kaum universelle Lösungen für ein effektives Herbizidmanagement ausgesprochen werden. Beispielhaft erfolgt daher hier die Beschreibung einer Rotation der Wirkmechanismen für eine getreidereiche Fruchtfolge auf einem Standort mit Acker-Fuchsschwanz-Problematik:

Die Gräserbekämpfung im Rahmen einer getreidereichen Fruchtfolge sollte generell mit Wirkstoffen unterschiedlicher Wirkmechanismen (HRAC-Gruppen, Tabelle 1) erfolgen. Leider ist das Spektrum an Wirkmechanismen im Nachauflauf im Getreide gegen den stark von Resistenz betroffenen Acker-Fuchsschwanz sehr begrenzt. Die ACCase-Hemmer (HRAC-Gruppe A) und Photosystem-II-Hemmer (HRAC-Gruppe C) sind in vielen Teilen Deutschlands schon massiv von Resistenz betroffen und unter diesen Bedingungen nicht mehr einsatzwürdig. Die Last der ausschlaggebenden, blattaktiven Behandlung liegt dann ausschließlich auf den ALS-Hemmern (HRAC-Gruppe B), was zu einem unweigerlichen Verschleiß dieser wichtigen Wirkstoffgruppe führt. Bei noch sensitivem Acker-Fuchsschwanz ist ein gezielter Wechsel zwischen ACCase- und ALS-Hemmern im Rahmen der Fruchtfolge unverzichtbar. Die Einsatzhäufigkeit beider Wirkstoffgruppen sollte auf 50 % der Anwendungen in der Fruchtfolgerotation begrenzt werden. Hierfür sind alternative Wirkstoffgruppen (HRAC-Gruppe F, K oder N) mit einem geringen Resistenzrisiko so weit wie möglich zu nutzen bzw. auch in Tankmischungsanwendungen zu integrieren. Auch die Vorsaat-Anwendungen mit Glyphosat (HRAC-Gruppe G) oder eine mechanische Bekämpfung vor der Saat stellen daher einen wichtigen Baustein im Resistenzmanagement dar.

## 7. Das Risiko der Resistenzentstehung auf der eigenen Fläche kalkulieren

Das betriebseigene Resistenzrisiko für Gräser kann anhand von Tabelle 4 kalkuliert werden. Dabei können die einzelnen Risikofaktoren nach den eigenen Betriebsbedingungen mit Werten zwischen 1–5 Punkten bewertet werden. Der aufsummierte Gesamtwert kann dann mit den folgenden Risiko-

Tabelle 4: Beurteilung des Resistenzrisikos (Quelle: K. Gehring, modifiziert nach HRAC)

**Ungräser: habe ich ein Resistenzrisiko?**

- Bewerten Sie die verschiedenen Risikofaktoren nach ihren Betriebsbedingungen
- Bepunkten Sie die einzelnen Faktoren, ggf. auch mit Zwischenwerten (1–5 Pkt.)
- Vergleichen Sie ihren Gesamtwert mit den Risikobereichen: niedrig (13–26), mittel (27–51), hoch (52–65 Pkt.)

**Risiko-Kalkulation\***

- Versuchen Sie hohe Faktorbewertungen zu vermindern
- Nehmen Sie die Fachberatung in Anspruch um z. B. bei Bedarf Resistenzuntersuchungen durchzuführen

Risikofaktor/Risikobereich (Wert je Risikofaktor)	niedrig (1)	mittel (3)	hoch (5)	mein eigener Wert:
<b>Anbautechnik</b>				
Fruchtfolge	4 und mehr Hauptkulturen	2–3 Haupt- kulturen	Monokultur	
Sommerungen + Stilllegung	mehr als 33 % in der Fruchtfolge	weniger als 25 %	nur Winterungen	
Grundbodenbearbeitung	vorwiegend tief- wendend Pflügen	Pflug und pfluglos im Wechsel	vorwiegend pfluglos	
Winterweizen-Saatzeit	oft nach Mitte Oktober	Ende Sep. – Mitte Oktober	regelmäßig im September	
Nicht-chemische Ungrasbekämpfung, z.B. durch gezielte Stoppelbearbeitung	regelmäßig	manchmal	nie	
Ungrasbesatz	niedrig	mittel	hoch	
<b>Herbizid-Management</b>				
Einsatz gräserwirksamer Herbizide <sup>1</sup>	weniger als 1x pro Jahr	jedes Jahr	mehrmals pro Jahr	
Anwendung von CTU <sup>2</sup>	höchstens 1x in 3 Jahren	1–2x in 3 Jahren	jährlich	
Anwendung von FOP's, DIM's oder DEN's <sup>3</sup>	höchstens 1x in 3 Jahren	1–2x in 3 Jahren	jährlich	
Anwendung von ALS-Hemmer Herbiziden <sup>4</sup>	höchstens 1x in 3 Jahren	1–2x in 3 Jahren	jährlich	
Herbizide mit niedrigen Resistenzrisiko <sup>5</sup> zur Gräserbekämpfung im Einsatz	häufig	manchmal	selten	
Übliche Gräser-Bekämpfungsleistung	gut – sehr gut	ausreichend – gut	oft unzureichend	
Resistente Ungräser im Anbauggebiet	keine	selten	häufig	
<b>Gesamtwert:</b>	<b>13–26</b>	<b>27–51</b>	<b>52–65</b>	

1 Präparate mit einer Hauptwirkung gegen Ungräser

2 CTU = Chlortoluron (z. B. Carmina, Lentipur, Toluron, Trinity)

3 z. B. FOP: Agil, Fusilade, Gallant, Targa, Sword; DIM: Focus Ultra, Select; DEN: Axial; FOP+DEN: Traxos

4 z. B. Absolute, Atlantis, Attribut, Broadway, Viper, Caliban, Husar, Cato, Task, Samson, Kelvin, Milagro, MaisTer, Nicogan

5 z. B. Activus, Boxer, Stomp, Cadou, Bacara, Herold, Kerb, Milestone, Butisan, Nimbus, Colzor, Crawler

\* modifiziert nach „Weed Resistance Action Group's Guidelines“

bereichen verglichen werden: Niedriges Resistenzrisiko (13–26 Pkt.), mittleres Resistenzrisiko (27–51 Pkt.) oder hohes Resistenzrisiko (52–65 Pkt.). Insbesondere die Risikofaktoren, die mit einer hohen Punktzahl bewertet wurden, sollten im Rahmen eines effektiven Resistenzmanagements überdacht werden.

Im Sinne einer nachhaltigen Bekämpfungsstrategie dürfen entsprechende Maßnahmen zur Minderung des Resistenzrisikos nicht zu spät getroffen werden. In Modellversuchen wurde in der Vergangenheit untersucht, mit welchen Mehrkosten im Falle einer Resistenzentstehung (höhere Herbizidkosten, geringere Erträge) im Vergleich mit den Mehrkosten einer Anti-Resistenzstrategie zu rechnen ist. Während anfangs die ökonomischen Nachteile in Produktionssystemen mit Anti-Resistenzstrategien überwiegen, kehrt sich das Verhältnis mittelfristig um. Ein pro-aktives Resistenzmanagement ist deshalb eine Investition in die Zukunft, die Erhaltung des standortspezifischen Ertragspotenzials und der uneingeschränkten Anbaufähigkeit der verschiedenen Ackerbaukulturen.

Leider werden Herbizidresistenzen oft erst erkannt, wenn sich die resistenten Populationen bereits auf den betroffenen Flächen etabliert haben. Entscheidend aber ist, dass schon bei einem ersten Verdacht mit ungewöhnlich vielen überlebenden Unkräutern entsprechende Resistenztests veranlasst werden. So kann eine Untersuchung anhand eines Biotestes (mit Samen der überlebenden Pflanzen) oder molekularer Methoden (anhand von Blattproben) eine eindeutige Aussage liefern, ob tatsächlich eine Resistenz vorliegt und welche Wirkstoffe betroffen sind. Nur so können zukünftige Herbizidstrategien an die tatsächliche Resistenzsituation auf der Fläche angepasst werden.

## 8. Fazit

Die Entwicklung von herbizidresistenten Unkräutern ist ein komplexer Prozess, der von vielen, verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Sowohl die Dynamik dieser Entwicklung, als auch das Auftreten von hoch widerstandsfähigen, multiresistenten Populationen wird in der Anbaupraxis leider noch zu oft unterschätzt. Gleichzeitig ist es sehr problematisch bis aussichtslos erst zu reagieren, wenn die Bekämpfungsleistung der verfügbaren Herbizide bereits erheblich beeinträchtigt ist. Um das Risiko von Ertragsverlusten, ökonomischen Beeinträchtigungen und den Verlust der Anbaufähigkeit einzelner Kul-

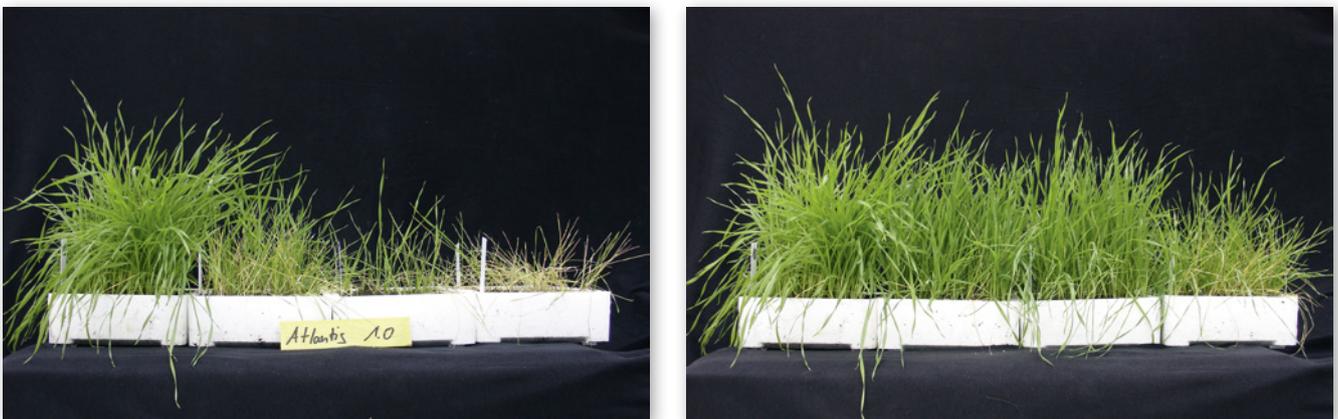


Abbildung 8a und 8b: Jeweils Kontrolle, 300 g, 500 g, 1000 g Wirkstoff (Mengenangaben auf Grundlage der Wirkstoffformulierung von 2009). Solange Atlantis noch wirkt (Bild links), können Sie mit diesem Behandlungsergebnis rechnen: Im Falle von Resistenz bleibt der Bekämpfungserfolg aus (Bild rechts) (Quelle: Petersen, DLG-Mitteilungen 1/2009)

turen zu vermeiden gibt es keine Alternative zu einem vorbeugenden und strategisch umgesetzten Resistenzmanagement. Der Schlüssel hierfür ist eine vielgliedrige Fruchtfolge und eine standortgerechte Bewirtschaftungstechnik, die ein einseitiges Auftreten von dominanten und schwer zu regulierenden Unkräutern verhindert. Wird dieses Anbaukonzept durch ein sachgerechtes Herbizidmanagement mit wechselseitigem Einsatz unterschiedlicher Wirkmechanismen flankiert, ist die Basis für einen leistungsfähigen Ackerbau gegeben.

# DLG-ANERKANNT. Qualität für die Praxis geprüft



**GESAMT-PRÜFUNG**  
**HERSTELLER**  
**PRODUKT**  
DLG-Prüfbericht 0000



**Erst informieren, dann investieren!**

4.000 Prüfberichte online unter [www.DLG-Test.de](http://www.DLG-Test.de)

[www.DLG.org](http://www.DLG.org)



# Weitere DLG-Merkblätter zum Thema Pflanzenschutz

- DLG-Merkblatt 427  
**Resistenzmanagement im Ackerbau**
- DLG-Merkblatt 413  
**Pflanzenschutz,  
ohne Wasser zu gefährden**
- DLG-Merkblatt 409  
**Ordnungsgemäßer Pflanzenschutz:  
erst checken, dann los!**
- DLG-Merkblatt 391  
**Glyphosat**
- DLG-Merkblatt 352  
**Lagerung von Pflanzenschutz-  
mitteln auf dem landwirtschaft-  
lichen Betrieb**



Download unter [www.DLG.org/Merkblaetter](http://www.DLG.org/Merkblaetter)



**DLG e.V.**  
**Mitgliederservice**  
Eschborner Landstraße 122 • 60489 Frankfurt am Main  
Deutschland  
Tel. +49 69 24788-205 • Fax +49 69 24788-124  
Info@DLG.org • [www.DLG.org](http://www.DLG.org)