

## Resistenzsituation bei Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) in Niedersachsen und Maßnahmen zur langfristigen Resistenzvermeidung

*Resistance situation in Alopecurus myosuroides in Lower Saxony and activities to prevent resistance*

Goßwirth Warnecke-Busch<sup>1\*</sup>, Dirk Michael Wolber<sup>1</sup>, Lisa Köhler<sup>1</sup>, Matthias Breiding<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Wunstorfer Landstraße 11, 30453 Hannover

\*Korrespondierende Autorin, warnecke-busch@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.019

### Zusammenfassung

Herbizidresistenzen lassen ganze Wirkstoffgruppen weltweit wegfallen. In Deutschland zeigt sich dieses Phänomen bei *Alopecurus myosuroides* auch auf vielen niedersächsischen Flächen. Beginnend in den Fluss- und Küstenmarschen Niedersachsens, die seit Jahren intensiv in engen Getreidefruchtfolgen bewirtschaftet werden, breiteten sich die Herbizidresistenzen in den vergangenen 10 Jahren auch auf die Löss- und tonhaltigen Standorte in der Mitte und im südniedersächsischen Hügelland aus. Neben den Wirkstoffgruppen der ACCase-Hemmer und Photosynthesehemmer sind zunehmend die ALS-Hemmer resistenzgefährdet. Diese Entwicklung wurde besonders aufgebaut durch einseitigen Herbizideinsatz, enge Getreidefruchtfolgen (Winterweizen-Winterweizen – Raps) und zunehmenden Pflugverzicht. *Alopecurus myosuroides* zeigt auf vielen Standorten bereits multiple Resistenzen gegen mehrere Wirkstoffgruppen. Samenproben von Monitoringflächen wurden in den Jahren 2007 – 2016 in 541 Biotestungen im Gewächshaus mit jeweils unterschiedlichen Wirkstoffen aus den verschiedenen HRAC-Gruppen (vgl. Tab. 1) getestet. In 40 % (214 Proben) der untersuchten 541 *Alopecurus myosuroides* – Herkünfte wurden in den vergangenen 10 Jahren eine ALS-Resistenz gegenüber Atlantis WG nachgewiesen. Diese 214 gegenüber Atlantis WG resistenten Proben zeigten teilweise auch Resistenzen gegenüber anderen Wirkstoffen der HRAC-Gruppe B, aber auch gegenüber Wirkstoffen aus der HRAC-Gruppe A und C.

**Stichwörter:** Ackerfuchsschwanz, *Alopecurus myosuroides*, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung

### Abstract

Worldwide entire groups of active substances are getting ineffective due to herbicide resistance. This phenomenon presents itself in *Alopecurus myosuroides* plants on numerous fields in Lower Saxony, Germany. Having first emerged in the river and coastal marshes of Lower Saxony, which have been intensely cultivated in narrow crop rotations for years, the herbicide resistances have spread to the fields in the Middle and the South of Lower Saxony in the past 10 years. Besides the ACCase inhibitors and photosynthesis inhibitors, the ALS inhibitors are also at increasing risk of becoming resistant. This development is based on the one-sided use of herbicides, the narrow crop rotations (winter wheat- winter wheat – oilseed rape) and the reduced use of ploughing. *Alopecurus myosuroides* already shows multiple resistance on many fields to several active substance groups on numerous fields. Seed samples from monitoring areas were tested in 541 bioassays in greenhouses from 2007 until 2016, in which different active substances from different HRAC groups were applied (see Tab. 1). Over the past 10 years, an ALS resistance against Atlantis WG has been detected in 40% (214 samples) of the examined 541 *Alopecurus myosuroides* provenances. Some of these 214 samples, showing a resistance against Atlantis WG, also showed a resistance to other active substances from the HRAC group B, but also to active substances from the HRAC groups A and C.

**Keywords:** *Alopecurus myosuroides*, black grass, grass weed control, herbicide resistance management

### Einleitung

Das Auftreten von herbizidresistenten Unkräutern ist die Folge eines Selektionsprozesses durch den häufigen Einsatz von Herbiziden mit demselben Wirkmechanismus bzw. dem gleichen Wirkstoff. Dabei werden Biotypen mit einer natürlichen Widerstandsfähigkeit in ihrer Entwicklung begünstigt. Der Anteil resistenter Biotypen in der Population nimmt stetig zu und es entstehen zunehmend Bekämpfungsprobleme.

Ackerbauliche Strukturen mit ihren teils sehr einseitigen Fruchtfolgen (z.B. Winterweizen - Winterweizen - Wintertraps) fördern das Auftreten von Gräsern wie *Alopecurus myosuroides*. Die Weizensorten sind zudem infolge ihres Längenwachstums nicht konkurrenzfähig gegenüber diesem Ungras. Auch hohe Bestandesdichten werden angesichts erhöhter Lageranfälligkeit nicht angestrebt, obgleich auf diese Weise das Unkraut eher verdrängt wird. In diesen Fruchtfolgen sind mehrfache Herbizidbehandlungen mittlerweile Standard. *Alopecurus myosuroides* zeigt das gleiche Auflaufverhalten wie Wintergetreide (BALGHEIM, 2006). Er keimt oft schneller als das Wintergetreide, was ihm einen deutlichen Vorsprung zur Kulturpflanze verschafft. Besonders in den Fluss- und Küstenmarschen Niedersachsens wird auf den schweren tonhaltigen Böden die Aussaat des Wintergetreides oft in den September gelegt, da in einem regenreichen Herbst die Befahrbarkeit dieser Flächen zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise nicht mehr gegeben ist. Darüber hinaus ist die Aussaatstärke beim Wintergetreide an den Aussaattermin gebunden. In den daraus resultierenden dünneren Beständen des früh ausgesäten Wintergetreides entwickelt sich das einher auflaufende Ungras nahezu ohne nennenswerte Konkurrenz. Der Einfluss der Bodenbearbeitungsform (wendend/nicht wendend) hängt von dem Unkrautbesatz in der Vorfrucht und der Witterung im Bearbeitungszeitraum ab. Nicht wendende Bodenbearbeitung begünstigt den Auflauf von *Alopecurus myosuroides*-Samen. Über die Jahrereichern sich so viele Ungrassamen in der oberen Bodenschicht an und es muss mit einer Zunahme der Ungrasdichte gerechnet werden. Die wendende Bodenbearbeitung verschüttet die Ungrassamen in einen tieferen Horizont. Diese Samen kommen in der Folgekultur nicht mehr zur Auskeimung (ZWERGER, 2002).

Das Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat in den vergangenen zehn Jahren Monitoringproben, die aus allen Teilen Niedersachsens stammen, im Biotest untersucht, um die Verbreitung von Resistenzen bei *Alopecurus myosuroides* gegen die verschiedenen Wirkstoffgruppen zu untersuchen.

### **Material und Methoden**

Zum Nachweis einer vorliegenden Herbizidresistenz wurde ein Biotest im Gewächshaus an intakten Pflanzen, unter definierten Temperatur und Lichtbedingungen durchgeführt. In den Jahren 2007 bis 2016 konnten in Niedersachsen 541 solcher Biotestungen an Samenproben von *Alopecurus myosuroides* durchgeführt werden.

Die ausgedroschenen Samenproben wurden trocken in Papiertüten aufbewahrt, bis sie vor der Aussaat zur Brechung der Dormanz 5 Tage bei - 18 °C in der Tiefkühltruhe gelagert wurden. Im Anschluss daran erfolgte unmittelbar die Aussaat der Samenproben in Biotesttöpfe (Jiffy-Rundtöpfe 8 x 8 cm geschlitzt) in 4 Wiederholungen je Versuchsvariante. Die Töpfe (Jiffy-Pots) standen in Pflanzschalen (40 x 60 cm), auf deren Boden eine Plastikfolie sowie darauf ein Bewässerungsfliß passgenau ausgelegt wurden. Bei der Aussaaterde handelte es sich um PSA-Standardboden (lehmgiger Sand pH 6,5, Humusgehalt 1,8 %, ca. 300 g incl. Topf, sterilisiert ca. 60 % WK max.). Das zu testende Samenmaterial wurde zu ca. 20 Samen portioniert, in die mit Erde gefüllten Töpfe gestreut und jeweils mit einer ca. 1 cm dicken Schicht fein gesiebter Erde des PSA-Standardbodens bedeckt. Für das weitere Wachstum im Gewächshaus wurden die folgenden Parameter eingestellt: Tagphase: 20 °C, 16 h Beleuchtung mit 8000 LUX (180 Watt/m<sup>2</sup>), Nachtphase: 16 °C, 8 h Dunkelheit. Die Bewässerung erfolgte durch bedarfsgerechtes Gießen von unten (Anstau). Eine Ausnahme bildeten die Varianten mit Bodenherbiziden. Hier wurde in den ersten 10 Tagen nach der Applikation von oben gegossen. Der Feuchtigkeitszustand der Töpfe wurde täglich kontrolliert.

Die Applikation erfolgte in einer Schachtner Applikationskabine (Wasseraufwandmenge 200 l/ha; Düse ES 90-02; 1,89 bar; Spritzhöhe 40 cm) für die Bodenherbizide im BBCH 0-7 (je nach Herbizid) und für die Blattherbizide im BBCH 11-12.

21 Tage nach der Herbizidapplikation wurde gemäß EPPO-Richtlinie PP1/93(3) der Wirkungsgrad bonitiert. Für die Bewertung des Wirkungsgrades wurden folgende Grenzwerte zugrunde gelegt:

Wirkungsgrad 0-50 %: resistente Proben, Wirkungsgrad 51-80 %: moderat resistente Proben und Wirkungsgrad 81 – 100 %: sensitive Proben.

Als Referenz wurde ein sensitiver Standard von *Alopecurus myosuroides* der Firma Herbiseed, Berkshire mit getestet.

Im Biotest sollten möglichst verschiedene Wirkungsmechanismen der Herbizide geprüft werden. Daher richtete sich die Auswahl der Herbizide nach ihrem Wirkungsmechanismus nach HRAC. Behandelt wurde dann mit handelsüblichen Gräserherbiziden in einfacher und doppelter Aufwandmenge (Tab. 1).

Die getesteten Herbizide wurden über die vergangenen zehn Jahre an die Rahmenbedingungen und die sich entwickelnden Resistenzen angepasst. Der in den Jahren 2007 bis 2009 untersuchte Wirkstoff Isoproturon (Arelon Top) wurde schrittweise durch den Wirkstoff Flufenacet (Cadou SC) ersetzt. Zunehmende Resistenzen gegenüber Iodosulfuron (Lexus) und Fenoxaprop (Ralon Super) führten zum Ausschluss auch dieser Produkte zugunsten von Nicosulfuron (Motivell forte/Kelvin) und Clethodim (Select 240 SC). Zusätzlich wurde 2010 der Wirkstoff Propyzamid (Kerb FLO) mit aufgenommen, da in der Praxis auf behandelten Flächen vermeintliche Minderwirkungen beobachtet wurden. Als letztes, wirksameres Sulfonylherbizid wurde in den vergangenen 3 Jahren auch Thiencarbazone (Mais Ter; MaisTer Power) verwendet. Seit 2015 werden auch glyphosathaltige Herbizide geprüft. In Tabelle 1 ist eine Übersicht aller im Biotest getesteten Herbizide aufgeführt.

**Tab. 1** Im Resistenztest verwendete Herbizide.

**Tab. 1** *Herbicides used in the resistance test.*

Herbizid	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe	Aufwandmenge voll l/g/ha	Aufwandmenge doppelt l/g/ha	Applikation BBCH
Cadou SC 2008-dato	Flufenacet	K	0,5	1,0	0-0
Arelon Top* bis 2009	Isoproturon	C	1,5	3,0	0-0
Boxer 2009-2011	Prosulfocarb	N	5,0	10,0	0-0
Ralon Super bis 2010	Fenoxaprop-P	A	1,2	2,4	11-12
Focus Ultra + Dash ab 2009	Cycloxydim	A	2,5 + 1,0	5,0+ 2,0	11-12
Select + Parasommer ab 2014	Clethodim	A	0,5+1,0	1,0+2,0	11-12
Motivell 2010-11	Nicosulfuron	B	1,0	2,0	11-12
Kelvin ab 2012-13	Nicosulfuron	B	1,0	1,0	11-12
Motivell Forte ab 2014	Nicosulfuron	B	0,75	1,5	11-12
MaisTer 2014-16	Iodosulfuron + Foramsulfuron	B	1,5	3,0	11-12
MaisTer Power ab 2016	Iodosulfuron + Foramsulfuron + Thiencarbazone	B	1,5	3,0	11-12
Atlantis OD bis 2009	Iodosulfuron + Mesosulfuron	B	1,2	2,4	11-12
Atlantis WG + FHS ab 2010	Iodosulfuron + Mesosulfuron	B	0,5 + 1,0	1,0 + 1,0	11-12
Lexus + FHS bis 2013	Flupyrsulfuron	B	0,02 + 0,25	0,04 + 0,25	11-12
Kerb FLO ab 2010	Propyzamid	K	1,875	3,75	11-12
Roundup Power Flex ab 2015	Glyphosat	G	3,75	7,5	11-12

In den Jahren 2007 bis 2016 wurden in Niedersachsen insgesamt 541 Samenproben von *Alopecurus myosuroides* von Monitoringflächen im Biotest untersucht. Im Sommer 2015 wurden zusätzlich 26 im Biotest resistente Herkünfte auf eine TSR (Taget-Site-Resistenz) untersucht.

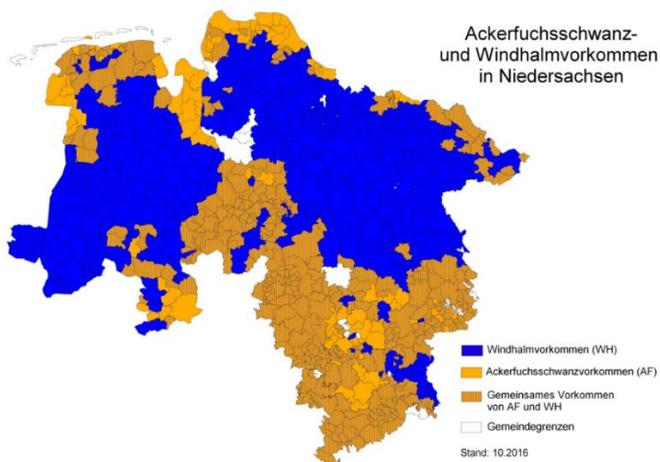
Darüber hinaus erfolgte eine Auswertung der Schlaghistorien. Diese Schlaghistorien entstammen den Feldern, auf denen die Samenproben für die Biotestungen gezogen wurden und beschreiben Kulturart, Bodenbearbeitung und Herbizideinsatz auf den beprobten Flächen über einen Zeitraum von fünf Jahren.

Die exakte Verbreitung von *Apera spica-venti* in Niedersachsen wurde auf Landkreisebene von den Pflanzenschutzberatern der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geschätzt.

129 Wirkungsversuche, die im Zeitraum von 2007 bis 2016 in Niedersachsen zur Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* auf Praxisflächen im Winterweizen durchgeführt wurden, sind ausgewertet worden, um zu untersuchen, wie sich der Wirkungsgrad von Atlantis WG in den vergangenen 10 Jahren verändert hat.

## Ergebnisse

Zunächst verbreitete sich die Resistenz gegenüber Isoproturon (IPU) aus der Gruppe der Photosynthesehemmer (HRAC C). Als dieser Wirkstoff nicht mehr ausreichende Gräserwirkung zeigte, wurden ACCase-Hemmer (HRAC A) gegen *Alopecurus myosuroides* eingesetzt. Anfangs kamen vermehrt FOP's wie z.B. Haloxyfop, Quizalofop, Fluazifop, und Propaquizafop zum Einsatz. Nachdem auch hier Resistenzen auftraten, wurden im Getreide ALS-Hemmer (HRAC B) wie Sulfosulfuron, Flupyrsulfuron, Amidosulfuron, Propoxycarbazone, Iodosulfuron sowie Metsulfuron eingesetzt und in dikotylen Kulturen (Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben) zur Ungrasbekämpfung vermehrt DIM's aus der Gruppe der ACCase-Hemmer appliziert. In den vergangenen 10 Jahren haben sich auf vielen Flächen in Norddeutschland breite Resistenzen des Acker-Fuchsschwanzes gegenüber teilweise mehreren Wirkstoffgruppen ausgebreitet. Neben der Wirkstoffgruppe der ACCase-Hemmer ist auch die Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer stark resistenzgefährdet. Die exakte Verbreitung von *Alopecurus myosuroides* wurde auf Landkreisebene von den Pflanzenschutzberatern der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geschätzt (Abb. 1).



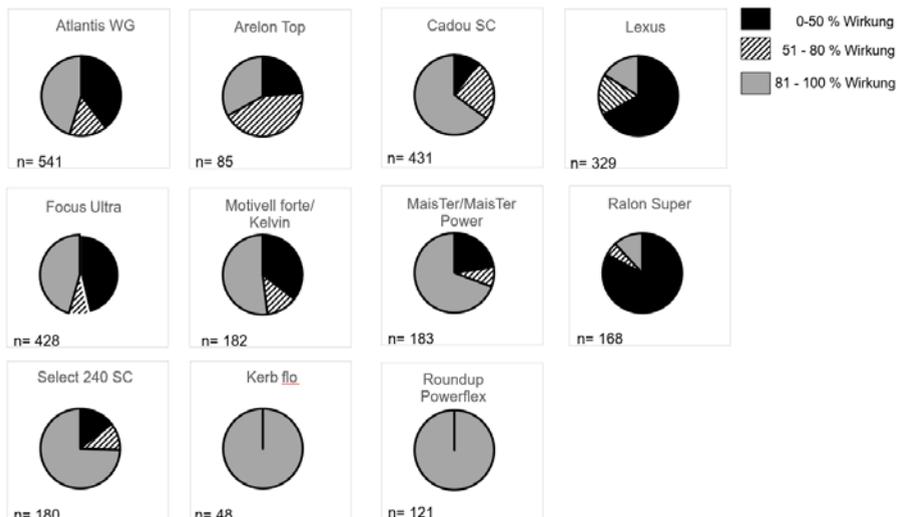
**Abb. 1** Vorkommen von *Alopecurus myosuroides* in Niedersachsen.

**Fig. 1** Occurrence of *Alopecurus myosuroides* in Lower Saxony.

In den Jahren 2007 bis 2016 wurden in Niedersachsen 541 Samenproben von *Alopecurus myosuroides* von Monitoringflächen im Biotest untersucht (Abb. 2).

In 40 % (214 Proben) der untersuchten 541 *Alopecurus myosuroides* – Herkünfte wurden in den vergangenen zehn Jahren eine ALS-Resistenz gegenüber Atlantis WG nachgewiesen. Nur 45 % der

untersuchten Monitoringproben weisen eine noch ausreichende Wirkung mit Wirkungsgraden von 81 – 100 % gegenüber Atlantis WG auf.



**Abb. 2** Überblick über untersuchte *Alopecurus myosuroides*-Samenproben im Biotest 2007 – 2016.

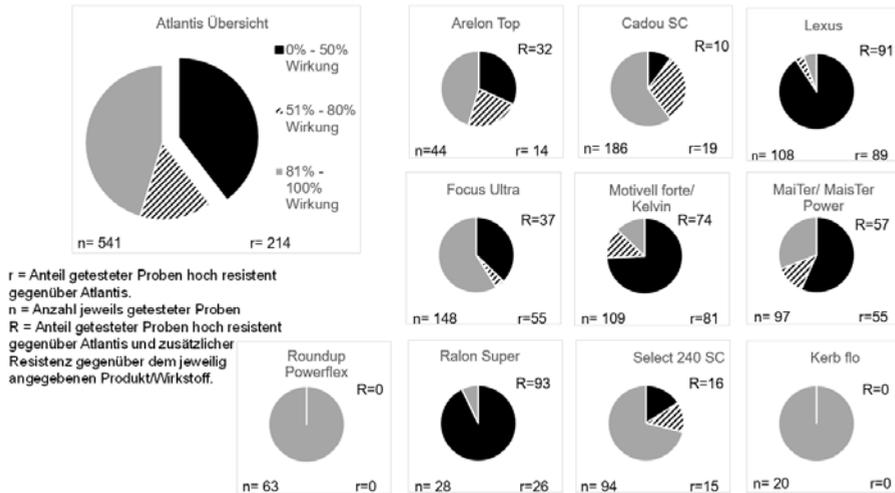
**Fig. 2** Overview of studied *Alopecurus myosuroides* seed samples in the bioassays 2007 – 2016.

Fast die Hälfte der untersuchten Proben in Niedersachsen zeigte mit Wirkungsgraden unter 50 % Wirkung keine ausreichende Wirkung für die Wirkstoffgruppe der DIMs. Focus Ultra (Cycloxydim) ist besonders betroffen und in einem geringeren Umfang auch Select 240 EC (Clethodim). Für die Gruppe der FOPs, dazu gehören Herbizide wie z.B. Fenoxaprop (Ralon Super), Clodinafop (Topik 100, Sword) und Propaquizafop (Agil-S), zeigte in den Resistenzuntersuchungen lediglich für ca. 12 % der Proben noch eine ausreichende Wirkung.

Der im Raps eingesetzte Wirkstoff Propyzamid (Kerb FLO, Cohort, Groove und Milestone) zeigte noch keine Wirkungsminderungen, ebenso wie der hier nicht aufgeführte Wirkstoff Pendimethalin (enthalten in Malibu, Picono und Stomp Aqua). Der bodenwirksame Wirkstoff Flufenacet (enthalten in Cadou SC, Herold SC, Bacara Forte) zeigte in ca. 10 % der untersuchten Monitoringproben für *Alopecurus myosuroides* eine beginnende Herbizidresistenz.

Im Sommer 2015 sind 26 im Biotest resistente Herkünfte auf eine TSR (Targt-Site-Resistenz) untersucht worden. Von den 26 untersuchten Herkünften wiesen 21 Proben eine Resistenz an der Position Trp574 auf und 5 Proben an der Position Pro197.

Die 214 gegenüber Atlantis WG resistenten Proben wurden im jeweiligen Testdurchgang auch bezüglich ihrer Sensitivität gegenüber anderen Wirkstoffen getestet. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt. In der Summe wiesen 55 Standorte eine Resistenz gegenüber den ALS-Hemmern Iodosulfuron und Mesosulfuron in Atlantis WG und gleichzeitig gegenüber den ACCase-Hemmern Focus Ultra (Cycloxydim) sowie Select (Clethodim) (nur 15 der 55 Proben) auf. Von den 28 Proben, die neben Atlantis WG auch gegenüber Ralon Super (Fenoxaprop) geprüft wurden, wurden 26 Herkünfte mit Wirkungsgraden unter 50 % bonitiert. Aufgrund der nur noch wenigen sensiblen Ergebnisse und Beobachtungen in der Praxis ist der Wirkstoff Fenoxaprop ab 2010 nicht mehr in der Testung verwendet worden.



**Abb. 3** Multiple Resistenz in *Alopecurus myosuroides* bis 2016.

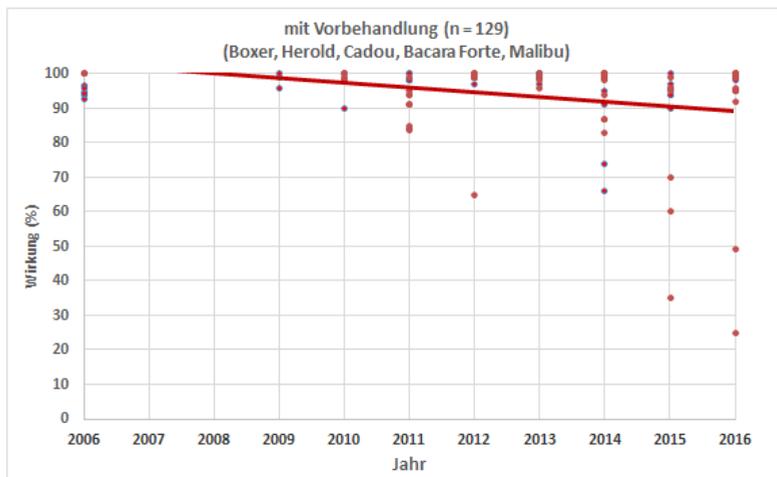
**Fig. 3** Multiple resistance in *Alopecurus myosuroides* until 2016.

Bei mehr als 70 % der Proben ( $r= 81$  von  $n=109$  getesteten Proben) bestätigte sich im Biotest neben der Resistenz gegen Atlantis WG auch eine Resistenz gegenüber dem im Mais eingesetzten Nicosulfuron (Motivell forte, Kelvin OD) und 55( $r$ ) von 97 ( $n$ ) Monitoringproben waren resistent gegenüber Foramsulfuron (MaisTer, MaisTer Power).

Bis zum Jahr 2013 wurden diese multiplen Resistenzen eher auf den Marschböden in Niedersachsen gefunden, seit 2014 nehmen sie aber besonders auf den typischen *Alopecurus myosuroides*- Standorten in Süd- und Ostniedersachsen zu.

Der Vergleich von 129 Wirkungsversuchen, die im Zeitraum von 2007 bis 2016 in Niedersachsen zur Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* im Winterweizen durchgeführt wurden verdeutlicht, dass der Wirkungsgrad auch von Atlantis WG in den vergangenen 10 Jahren auf den Praxisflächen in Niedersachsen deutlich abnahm (Abb. 4).

### Atlantis WG (0,5kg/ha) – Wirkung in 10 Versuchsjahren



**Abb. 4** Wirkungsverlust von Atlantis WG in 129 niedersächsischen GEP-Versuchen im Wintergetreide.

**Fig. 4** Loss of efficacy of Atlantis WG in 129 Lower Saxony GEP experiments in winter cereals.

Die Auswertung der Schlagdaten in Abbildung 5 bestätigt die Ergebnisse der Resistenzuntersuchung. Je häufiger ein ALS-Hemmer in der Fruchtfolge eingesetzt wurde, umso häufiger traten Resistenzen gegenüber Atlantis WG auf. Von den 68 Schlägen mit nachgewiesener Resistenz gegenüber Atlantis WG (<50 % Wirkung) wurde in 77 % der Fälle mehr als zweimal Atlantis WG in den vergangenen fünf Jahren appliziert und in 81 % der Fälle mehr als dreimal ein ALS-Hemmer wie z.B. Atlantis WG.

### Auswertung der Schlagdaten einiger untersuchter Samenproben

	Atlantis <50% Wirkung n=68 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie	Atlantis 51-80 % Wirkung n= 55 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie	Atlantis 81-100 % Wirkung n= 105 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie
> 3x Wintergetreide in 5 Jahren in der Fruchtfolge	84	96	57
Pflugverzicht	76	44	40
Kein ALS-Hemmer	0	0	21
Kein Einsatz von Flufenacet	12	10	14
> 2x Atlantis in 5 Jahren in der Fruchtfolge	77	29	26
≥ 3x ALS-Hemmer in 5 Jahren in der Fruchtfolge	81	40	26

**Abb. 5** Auswertung von Schlagdaten.

**Fig. 5** Evaluation of field data.

Auch der völlige Pflugverzicht resultiert in einer Minderwirkung von Atlantis WG. In 76 % der untersuchten Fälle stammten die gegenüber Atlantis WG resistente Herkünfte von Flächen, auf denen vollkommen auf den Pflug verzichtet wurde.

**Diskussion**

In den niedersächsischen Fluss- und Küstenmarschen haben sich bei *Alopecurus myosuroides* seit den 1990er Jahren durch einseitige Getreidefruchtfolgen mit ausschließlichen Anbau von Winterungen sowie in den September vorgezogene Saattermine, und auch durch zu häufigen Einsatz von Herbiziden der gleichen Wirkstoffgruppe, breite Resistenzen gegenüber teilweise mehreren Wirkstoffgruppen ausgebreitet. Neben der Wirkstoffgruppe der ACCase-Hemmer (HRAC A) sind auch die ALS-Hemmer (HRAC B) stark resistenzgefährdet. Die Beschreibung der HRAC-Gruppen und das jeweilige Resistenzrisiko sind in Abbildung 6 aufgeführt (WOLBER, 2017).

Gruppe	A	B	C	E	F	G	K	N	O
Wirkmechanismus	ACCCase-Hemmer	ALS-Hemmer	Photosynthesehemmer	PPO-Hemmer	Carotinoidsynthesehemmer	ESPS-Hemmer	Zellwachstumshemmer	Lipidsynthesehemmer	Synthetische Auxine
Wirkstoffe	FOPs*/ DENs und DIMs*	Fluprursulfuron Propoxy-carbazon Mesosulfuron, Metsulfuron-methyl Iodosulfuron Imaxamox Triflufursulfuron Rimsulfuron Nicosulfuron*	CTU Metamitron Metribuzin Terbuthylazin Lenacil	Flumioxazin Carfentrazone Bifenox	Flurtamone* Tricetone	Diflufenican Clomazone* Aclonifen Glyphosate	Flufenacet Pendimethalin Metazachlor S-Metolachlor Dimethenamid Pethoxamid*	Prosulfocarb Ethofumesat	MCPA* Dichlorprop* Mecoprop* Quinmerac Dicamba Aminopyralid Clopyralid Picloram Fluoroxypyr 2,4-D*
Resistenzrisiko gegen Gräserarten	sehr hoch	hoch	mittel - hoch	sehr gering	sehr gering	gering - mittel	mittel	gering	gering
Getreide	Axial, Balon Super, Sword, Traxos	Absolute M, Atlantis, Attribut, Caliban, Broadway, Concert SX, Husar OD, Lexus, Viper	Carmina, Fenikan, Lentipur 700, Toluron 700 SC, Trinity*	Sumimax, Fox, Lotus, Oratio 40	Bacara forte, Fenikan, Herold SC, Carmina 640, Othello	Roundup u.a.	Activus SC*, Cadou SC, Herold SC, Pontos, Stomp Aqua*, Malibus*, Picon*, Trinity*	Boxer*	Starane, U 46 M*, U 46 D*, Duanti, Ariane C,
Kartoffeln		Cato	Sencor WG, Artist	Shark	Bandur		Artist	Boxer*	
Rüben	Agil S, Fusilade Max, Galant Super, Panarex, Targa Super, Select, Focus Ultra	Debut	Goltix Titan/Gold, Maxxpro	---	---	Roundup u.a.	Spectrum	Ethosat 500	Rebell Ultra
Raps		CL-Vantiga und CL-Clentiga nur in Clearfield-Sorten	---	---	Centium*, Cirrus*, Echelon*, Gamit 36 CS		Brasan*, Butisane, Colzor Trio*, Nimbus*, Kerb, Quantum*, Milestone	---	Butisan Top, Effigo, Rebell Ultra, Lontrel
Mais	Focus Ultra nur in Duo Sorten	Accent, Adengo, Arigo*, Cato, Motivell*, Samson*, Milagro*, Kelvin*, Principal*, MaisTer	Artett, Calaris, Bromoterb, Gardo Gold, Successor T*	---	Adengo, Arigo, Elumis, Laudis, Callisto, Calaris, Mikado	Roundup u.a.	Activus SC*, Clio Super, Dual Gold, GardoGold, Stomp Aqua*, Successor T*	---	Mais Banvel, Effigo

**Abb. 6** Wirkstoffgruppen nach HRAC und Wirkungsmechanismen mit deren Resistenzrisiko (Auszug).

**Fig. 6** Active substance groups according to HRAC and modes of action with their resistance to resistance (excerpt).

Anhand der Resistenzzuntersuchungen im Biotest und der ausgewerteten Versuche lässt sich die allgemeingültige Tabelle in Abbildung 7 ableiten (WOLBER, 2017).

Das Resistenzrisiko steigt, wenn regelmäßig ein hoher Unkrautbesatz bereits vor dem Herbizideinsatz geduldet wird. Je mehr Unkräuter vorhanden sind, desto eher kann ein mutiertes Unkraut mit der entsprechenden Resistenzeigenschaft selektiert werden. Auch steigt das

Resistenzrisiko zum Beispiel in einer engen Getreidefruchtfolge insbesondere dann, wenn ortstypisch ein sehr früher Saatzeitpunkt gewählt oder wenn vollständig auf den Pflug verzichtet wird. Besonders bei frühen Saatterminen, also im September und Oktober, kann sich ein stärkerer Unkrautbesatz vor Winter entwickeln und damit auch ein größeres Herbizidresistenzrisiko.

Erst bei der Erweiterung der Fruchtfolge mit Blattfrüchten wird ein Herbizidwirkstoffwechsel im Sinne eines Resistenzmanagements ermöglicht. Bei Saatterminen bis Ende November ist die Keimrate von *Alopecurus myosuroides* deutlich geringer als bei früheren Saatterminen. Der Einsatz von Roundup vor oder kurz nach Saat hilft zusätzlich bei einem starken Ungrasbesatz, kann aber eine extensive Stoppelbearbeitung im Sinne des Resistenzmanagements nicht vollständig ersetzen.

Auf Flächen wo erstmals eine Herbizidresistenz zu beobachten ist, kann ein einmaliges Unterpflügen, gefolgt von einem mehrjährigen Pflugverzicht die weitere Ausdehnung einer resistenten Population mindern (WOLBER, 2017). Allerdings ist dann die Überlebensdauer der Unkrautsamen im Boden zu beachten. In Abhängigkeit von der Bodenart, der biologischen Bodenaktivität und den ackerbaulichen Einflüssen können *Alopecurus myosuroides* bis zu 10 Jahre im Boden (ZWERGER, 2002) überleben.

Mit zunehmendem Anteil von Sommerungen und Blattfrüchten in der Fruchtfolge wird zusätzlich eine nachhaltige Minderung des Samenpotentials erreicht, da die Samen von Ungräsern nur eine begrenzte Zeit keimfähig sind und nach der Bodenbearbeitung zur Sommerung deutlich vermindert auflaufen. Ein jährlicher Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrucht kann die Verunkrautung mit *Alopecurus myosuroides*, im Vergleich zu Fruchtfolgen mit 67 % Getreideanteil, fast halbieren. Sorten mit guter Konkurrenzkraft sowie homogene, lückenfreie Bestände helfen ebenfalls den Unkrautbesatz zu unterdrücken und unterstützen so ein effektives Resistenzmanagement.

<b>Gefährdung</b>	<b>Gering</b>	<b>Mittel</b>	<b>Hoch</b>
<b>Fruchtfolge</b>	Vielseitig mit Sommerungen	Eingeschränkt, vorwiegend Winterungen	Kein Fruchtwechsel
<b>Bodenbearbeitung</b>	Pflugeinsatz, intensive Stoppelbearbeitung	Pflugeinsatz, ansonsten eher Extensiv	Minimalbodenbearbeitung
<b>Unkrautbesatz vor Herbizideinsatz</b>	Niedrig	Mittel	Hoch
<b>Resistenzverbreitung in Region</b>	Ohne	Erste Verdachtsfälle in einzelner Wirkstoffgruppe	Mehrere Wirkstoffgruppen betroffen
<b>Selektionsdruck</b>	Wirkungsgrade 100 % (z.B. Mischungen von mehr als zwei Wirkstoffgruppen)	Zunehmender Selektionsdruck durch abfallende Wirkungsgrade (unter 99 %) ohne Kombination und Wechsel von Wirkstoffgruppen	
<b>Wechsel von Wirkstoffgruppen</b>	Wechsel pro Fruchtfolge	Jährlicher Wechsel mit einer Unkrautgeneration	Mehrmalige Verwendung einer Wirkstoffgruppe in einer Kultur bei „Teilwirkung“
<b>Ausbreitungsgeschwindigkeit der Unkrautresistenz</b>		Langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit (Metabolische Resistenz, viele Gene betroffen)	Schnelle Ausbreitungsgeschwindigkeit (TSR, Punktmutation eines Gens, Pollentransport)

**Abb. 7** Wie hoch ist die Gefahr einer Herbizidresistenz? (Quelle: WOLBER (2017) verändert nach HRAC: Guidelines to the management of herbicide resistance).

**Fig. 7** What is the risk of herbicide resistance? (Source: WOLBER (2017) modified according to HRAC: Guidelines to the management of herbicide resistance).

Eine angepasste Bodenbearbeitung unterstützt ein Anti-Resistenzmanagement zusätzlich, so bewirkt eine intensive Stoppelbearbeitung eine verbesserte Strohrotte. Die Stroh- und

Spreuerverteilung wird gleichmäßiger und damit verbessert sich der gleichmäßige Aufgang der Unkrautsamen. Allerdings sind 6-8 Wochen Keimruhe bei *Alopecurus myosuroides* keine Seltenheit. Unterstützend auf eine schnellere und gleichmäßigere Unkrautentwicklung nach dem Grubbereinsatz wirkt ein zusätzlicher Arbeitsgang mit einer Crosskill-Walze, insbesondere wenn der zweite Grubberstrich nach später Ernte nicht mehr möglich ist. Auch ein zeitiger Pflugeinsatz im August, insbesondere für schwere Böden, bewirkt eine abgetrocknete Krume und ein feinkrümeliges Saatbett, welches einen verzögerten Auflauf des Unkrauts vermeiden kann (WOLBER, 2017).

## Fazit

Die Herbizidresistenzen haben sich in Niedersachsen auf nahezu auf allen Standorten mit *Alopecurus myosuroides*- Vorkommen ausgebreitet. Die Monitoringproben zeigen mittlerweile multiple Resistenzen bei *Alopecurus myosuroides* auf, wie in Abbildung 3 verdeutlicht. Eine Bekämpfung ist ohne flankierende pflanzenbauliche Maßnahmen nicht mehr möglich. Die HRAC-Gruppen A und B sind auf vielen Flächen nicht mehr vollständig wirksam. In der Wirkstoffgruppe A bleiben auf einzelnen Flächen lediglich die Gruppe der DIMs. In der Wirkstoffgruppe B treten erste Resistenzen gegen in Mais eingesetzte Sulfonylharnstoffe auf, was eine Sommerung mit Mais auf *Alopecurus myosuroides* -Resistenzstandorten schwierig macht.

Ein Umdenken der Praxis in längerfristige „Wirkstoffplanungen“ über die Fruchtfolge ist zwingend erforderlich, um Herbizidresistenzen mittelfristig zu vermeiden und nachhaltig Ackerbau betreiben zu können. Der Wirkstoffwechsel, auch über die Fruchtfolge gesehen, reicht alleine nicht aus, um die Resistenzentwicklungen aufzuhalten. Wesentliche Risikofaktoren sind auch einseitige Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur, die die Entwicklung einzelner Unkräuter oder Ungräser besonders begünstigen (z. B. ausschließlich Winterungen in Frühsaat). Der vollständige Verzicht auf den Pflug und der Einsatz von Minimalbestellverfahren ermöglichen eine unmittelbare Generationsfolge bei Samenunkräutern/-gräsern, die Folge ist ein erhöhtes Resistenzrisiko (WOLBER, 2017).

Der Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge und spätere Aussattermine gewährleisten auch weiterhin eine erfolgreiche Landbewirtschaftung durch die Kombination von Stoppelpbearbeitungsgängen im Herbst und Einsatz von Glyphosat nach dem Wiederergrünen, wie teils auch vor Winterungen üblich (WOLBER, 2017).

## Literatur

- BALGHEIM, R., 2006: Herbizidresistenz vermeiden, Wirkstoffe erhalten – eine Gemeinschaftsaufgabe von Beratung, Forschung und Praxis am Beispiel des Ackerfuchsschwanzes (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XX, 49-56.
- LANDSCHREIBER, M., C. SCHLEICH-SAIDFAR und U. HENNE, 2017: Herbizide allein helfen nicht mehr. Ackerbauliche Maßnahmen gegen Ackerfuchsschwanz: 7 Jahre Erfahrungen mit Ackerfuchsschwanz in der Marsch und im östlichen Hügelland in Schleswig-Holstein (Teil 1). LOP 8/2017, 14-21.
- EPO-RICHTLINIE PP1/93(3) Weeds in cereals; European and Mediterranean Plant Protection Organisation.
- WOLBER, D. M., 2017: Herbizidresistenzen: das Ende der Fahnenstange ist erreicht. Getreidemagazin 3/2017, 8-15.
- MOSS, S.R., K.M. COCKER, A.C. BROWN, L. HALL und L.M. FIELD, 2003: Characterisation of target-site resistance to ACCase-inhibiting herbicides in the Weed *Alopecurus myosuroides* (black-grass). Pest Management Science 59, 190-201.
- WOLBER, D.M., 2017: Wirkstoffmanagement wird immer wichtiger. Getreidemagazin 4/2017, 18-27.
- ZWERGER, P. und H.U. AMMON, 2002: Unkraut Ökologie und Bekämpfung. Verlag Ulmer.
- ZWERGER, P., P. AUGUSTIN, J. BECKER, C. DIETRICH, R. FORSTER, K. GERING, R. GERHARDS, B. GEROWITT, M. HUTTENLOCHER, D. KERLEN, G. KLINGENHAGEN, M. LANDSCHREIBER, E. MEINDLSCHMIDT, H. NORDMEYER, J. PETERSEN, H. RAFFEL, A. SCHÖNHAMMER, L. ULBER und D. M. WOLBER, 2017: Integriertes Unkrautmanagement zur Vermeidung von Herbizidresistenz. Journal für Kulturpflanzen 69, 146-149.