

## **Einflussfaktoren auf die Verträglichkeit von Flufenacet-Anwendungen in Roggen**

*Factors influencing the tolerance of flufenacet applications in winter rye*

**Bernhard Werner<sup>1\*</sup>, Lüder Bornemann<sup>2</sup>, Felix Haarstrich<sup>1</sup>, Benjamin Steinfeld<sup>3</sup>, Paul Steingröver<sup>2</sup>, Luitpold Scheid<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, BST Hannover,  
Wunstorfer Landstraße 11, 30453 Hannover

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, BST Bremervörde,  
Albrecht-Thaer-Straße 6a, 27432 Bremervörde

<sup>3</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, BST Uelzen,  
Wilhelm-Seedorf-Straße 1-3, 29525 Uelzen

\*Korrespondierender Autor, [bernhard.werner@lwk-niedersachsen.de](mailto:bernhard.werner@lwk-niedersachsen.de)



DOI 10.5073/jka.2016.452.021

### **Zusammenfassung**

In Winterroggen, der vorrangig auf leichten Standorten angebaut wird, ist der Gemeine Windhalm (*Apera spica-venti*) eine dominierende Ungrasart. Seine Bekämpfung wird aufgrund zunehmender Resistenzentwicklungen schwieriger. Flufenacet ist in einem Antiresistenzmanagement ein wichtiger Wirkstoff zur Bekämpfung von *A. spica-venti* in Winterroggen. Allerdings kann die Anwendung von Flufenacet zu erheblichen Kulturschäden führen.

In mehrjährigen Versuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen wurde der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Verträglichkeit von Flufenacet-Anwendungen in Roggen geprüft. Der Schädigungsgrad der Kulturpflanze steigt mit der Höhe der ausgebrachten Wirkstoffmenge von Flufenacet. Einzelne Sorten reagieren mit Schadsymptomen, Pflanzenausfällen und Ertragsverlusten unterschiedlich stark auf die Anwendung von Flufenacet. Auf Sandböden mit einem geringen Humusgehalt war der Schädigungsgrad am höchsten. Unterschiedliche Korngrößen des Saatgutes zeigten keinen Einfluss auf den Schädigungsgrad durch Flufenacet-Anwendungen oder auf den Ertrag. Möglichkeiten der kulturverträglichen Anwendung von Flufenacet in Winterroggen werden diskutiert.

**Stichwörter:** *Apera spica-venti*, Flufenacet, Unkrautbekämpfung, Verträglichkeit, Winterroggen

### **Abstract**

In winter rye which is grown mostly on locations with a lighter soil texture loose silky-bent grass (*Apera spica-venti*) is a dominate weed grass. Because of increasing herbicide resistance the control of *A. spica-venti* becomes more difficult. To manage resistant weed grass populations in winter rye flufenacet is a very important active substance. However, the application of flufenacet can lead to substantially culture damage.

The influence of different factors influencing the tolerance of flufenacet applications in rye was proved in field trails carried out by the Landwirtschaftskammer Niedersachsen over several years. The degree of damage of culture increased with a higher amount of flufenacet being applied. Damage, loss of plants and yield loss caused by flufenacet application differed between grown varieties of rye. The highest damage of culture was found on sandy soils with lowest humus content. The size of rye seed had no influence on the degree of damage or yield loss of rye caused by flufenacet application. Options to use flufenacet well-tolerated for winter rye are discussed.

**Keywords:** *Apera spica-venti*, flufenacet, herbicide tolerance, weed control, winter rye

### **Einleitung**

Winterroggen ist mit einer Anbaufläche in Deutschland, die zurzeit zwischen 600.000 und 800.000 ha/Jahr schwankt, weiterhin eine wirtschaftlich bedeutende Getreideart. Ca. 20 bis 25 % der deutschen Anbaufläche liegen in Niedersachsen. Dort kam es in den letzten Jahren immer wieder zu deutlichen Herbizidschäden im Winterroggen durch die Anwendung flufenacethaltiger Herbizide, die vorrangig zur Bekämpfung des Gemeinen Windhalms (*Apera spica-venti*) eingesetzt werden.

Vor dem Hintergrund zunehmender Herbizidresistenzen von *A. spica-venti* gegenüber unterschiedlichen Wirkstoffgruppen, ALS-Hemmer sind dabei stärker betroffen als ACCase-

Hemmer, sowie gegenüber Wirkstoffen aus der HRAC-Klasse C (RAFFEL et al., 2014), bleibt der Wirkstoff Flufenacet ein wichtiger Baustein im Herbizidresistenzmanagement in Fruchtfolgen mit Winterroggenanbau. So zeigten GEHRING et al. (2014) und WOLBER (2014) dass *A. spica-venti* bisher keine Resistenzen gegenüber Flufenacet ausgebildet hat. Gleichzeitig zeigten SCHRÖDER et al. (2012), dass Bodenherbizide gegen *A. spica-venti* in Feldversuchen die höchsten Wirkungsgrade erzielten.

Bereits im Vorfeld der Zulassung von Flufenacet in Deutschland stellten BENZ et al. (1996) fest, dass es bei der Anwendung dieses Wirkstoffes in den verschiedenen Wintergetreidearten unter bestimmten Bedingungen zu Kulturschäden kommen kann, wobei Winterroggen deutlich stärker betroffen war als Winterweizen oder Wintergerste. Mögliche Schäden sind Blattaufhellungen, Wuchsdepressionen bis hin zu Pflanzenausfällen (SCHEID et al., 2014). In Niedersachsen treten diese Schäden vorrangig auf leichten Böden auf, aber nicht auf jedem Standort und in jedem Anwendungsjahr gleichermaßen. Offensichtlich haben verschiedene anbautechnische Faktoren einen Einfluss auf die Kulturverträglichkeit der Herbizidanwendungen. Um die Wirkung unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Verträglichkeit von Flufenacet-Anwendungen zu spezifizieren hat die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, beteiligt waren die Bezirksstellen Bremervörde (BRV), Hannover (H) und Uelzen (UE), in den letzten Jahren Feldversuche zur Flufenacet-Anwendung in Winterroggen mit unterschiedlichen Fragestellungen angelegt. Dargestellt werden im Folgenden 2 verschiedene Versuchsserien aus den Jahren 2012 bis 2015.

### Material und Methoden

Datengrundlage für die Betrachtung der Flufenacet-Verträglichkeit in Winterroggen sind Feldversuche aus den Jahren 2012 bis 2015, die an den Standorten Hamerstorf (BST UE), Ohrensen (BST BRV) und Arpke/Immensen (BST H) angelegt wurden. Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit 4 Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug zwischen 12 und 15 m<sup>2</sup>, die Beerntung erfolgte mit einem Haldrup-Parzellenmähdescher. Die Datenerfassung und -verwaltung erfolgte in Pifaf 5.7, Auswertungen in PifafStat 7.03, bei dem SAS 9.4 als Statistikprogramm hinterlegt ist. In den Darstellungen sind signifikante Unterschiede (t-Test) mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Ausgewertet wurden 2 verschiedene Versuchsserien.

In der Versuchsserie 1 aus dem Jahr 2012 wurden auf den Sandstandorten Hamerstorf, Ohrensen und Arpke jeweils ein 3faktorieller Versuch mit den Faktoren Sorte, Korngröße der Saatkörner des Winterroggens und Herbizid angelegt. Die ausgesäten Winterroggensorten waren SU Mephisto, Palazzo und Conduct. Die Sortierung des Roggensaatzgutes war Korngröße < 2 cm und Korngröße > 2 cm. Die eingesetzten Herbizide waren als flufenacethaltige Variante 0,3 l/ha Herold (200 g/l Diflufenican und 400 g/l Flufenacet) in Entwicklungsstadium BBCH 7-10 und als flufenacetfreie Variante 1,0 l/ha Falcon (15 g/l Penoxsulam und 100 g/l Diflufenican) in Stadium BBCH 10-11.

In der Versuchsserie 2 aus den Jahren 2013 bis 2015 wurden 7 zweifaktorielle Versuche mit den Faktoren Sorte und Herbizid angelegt. Die dargestellten Sorten sind Palazzo, Brasetto, SU Mephisto, SU Performer und SU Forsetti. Zwei flufenacethaltige Varianten: 0,25 l/ha Cadou SC (500 g/l Flufenacet) und 1,0 l/ha Cadou SC sowie eine flufenacetfreie Variante wurden angelegt. Zur Ausschaltung der Konkurrenz von *A. spica-venti* auch in den flufenacetfreien Varianten wurde in Hamerstorf im Frühjahr in allen Versuchsjahren 1 l/ha Axial Komplett (Pinoxaden 45 g/l; Florasulam 5 g/l und Cloquintocet-mexyl 11,25 g/l) über alle Varianten bzw. in Immensen im Frühjahr 0,9 l/ha Axial 50 (Pinoxaden 50 g/l und Cloquintocet-mexyl 12,5 g/l) nur in den flufenacetfreien Varianten appliziert. In Ohrensen ist in beiden Versuchsjahren in der flufenacetfreien Variante aufgrund der sehr geringen Dichte von *A. spica-venti* keine gräserwirksame Herbizidbehandlung erfolgt. Die Tabelle 1 beschreibt ausführlich die Standorteigenschaften, Aussaatkriterien, Behandlungstermine und die Niederschlagssummen 2 und 4 Wochen nach der Cadou SC-Behandlung.

**Tab. 1** Versuchsstandorte einer 3-jährigen Versuchsserie von 2013 – 2015.

**Tab. 1** Sites for the trials in 3 years from 2013 – 2015.

Standortdaten	Standorte						
	Hamerstorf	Ohrensen	Immensen	Hamerstorf	Ohrensen	Immensen	Hamerstorf
	2013	2014	2014	2014	2015	2015	2015
<b>Bodenart</b>	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand
<b>Ackerzahl</b>	26	30	25	29	28	25	25
<b>pH-Wert / org. Substanz</b>	5,7 / 2,1	5,7 / 3,9	5,4 / 1,3	5,6 / 1,9	5,9 / 2,4	5,5 / 1,3	5,4 / 2,3
<b>Saatbettbereitung</b>	Pflug	Grubber	Grubber	Grubber	Pflug	Grubber	Pflug
<b>Saattiefe [cm]</b>	3	2,5	2	3	2,5	3	2,5
<b>Datum Aussaat</b>	14.10.2012	22.10.2013	18.10.2013	20.10.2013	24.10.2014	17.10.2014	20.10.2014
<b>Datum Auflauf</b>	01.11.2012	02.11.2013	24.10.2013	01.11.2013	02.11.2014	25.10.2014	28.10.2014
<b>Aussaatzstärke (Kö./m<sup>2</sup>)</b>	180	200	200	200	180	200	200
<b>Cadou SC-Behandlung</b>	02.11.2012	08.11.2013	01.11.2013	01.11.2013	07.11.2014	21.10.2014	11.11.2014
<b>Herbst / BBCH von - bis</b>	10 - 10	10 - 11	10 - 11	9 - 11	10 - 10	0 - 7	9 - 11
<b>Niederschlagssumme 14 Tage nach Beh. (mm)</b>	16	55	37	17	0	12	8
<b>Niederschlagssumme 28 Tage nach Beh. (mm)</b>	32	80	45	33	2	20	33
<b>Axial-Behandlungen</b>	22.04.2013	keine Axial-	24.03.2014	21.03.2014	keine Axial-	10.03.2015	21.05.2015
<b>Frühjahr / BBCH von - bis</b>	30 - 30	Behandlung	23 - 25	23 - 25	Behandlung	25 - 27	37-39

## Ergebnisse

Kernfrage der vorliegenden Untersuchungen war die Wirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die Verträglichkeit von Flufenacet-Applikationen in Winterroggen.

In der Versuchsserie 1 aus dem Jahr 2012 wurde dieser Frage in einem 3faktoriellen Versuch, durchgeführt auf 3 Standorten, nachgegangen. Tabelle 2 zeigt die einfaktorielle Betrachtung der einzelnen Faktoren Sorte, Korngröße der Saat und Herbizid in ihrer Wirkung auf den Kornertrag im Mittel der Standorte und für die Einzelstandorte. Ertragliche Unterschiede bei den Sorten beruhen im Wesentlichen auf der unterschiedlichen Sortenleistung. Die Korngröße des Saatgutes als Kriterium für die Fitness des Saatgutes hatte auf keinem der drei Standorte einen direkten Einfluss auf das Ertragsergebnis. Der Faktor Herbizid mit Herold als flufenacethaltige und Falkon als flufenacetfreie Variante zeigte im Mittel der Standorte ebenfalls keinen signifikanten Ertragseffekt. Absicherbare Unterschiede traten aber auf dem Standort Arpke auf, wo in der flufenacethaltigen Variante ein geringerer Ertrag geerntet wurde.

**Tab. 2** Sorte, Korngröße der Saat und Herbizidanwendung als Einflussfaktor auf den Ertrag von Winterroggen 2012 (n = 3).

**Tab. 2** Variety, grain size and herbicide application as factor influencing yield of winter rye (n=3).

Faktor		Standorte				
		Ohrensen	Arpke	Hamerstorf	Mittel	
<b>Herbizid</b>	Falkon 1 l/ha	83,43 n.s.	77,07 a	80,05 n.s.	80,18 n.s.	
	Herold SC 0,3 l/ha	84,48 n.s.	73,36 b	79,69 n.s.	79,18 n.s.	
<b>Korngröße</b>	kleinkörnig < 2,0 cm	84,48 n.s.	72,75 n.s.	79,08 n.s.	78,77 n.s.	
	großkörnig > 2,0 cm	83,43 n.s.	71,19 n.s.	80,66 n.s.	78,43 n.s.	
<b>Sorte</b>	SU Mephisto	91,47 a	78,07 a	87,23 a	85,59 n.s.	
	Palazzo	86,50 b	72,37 b	70,50 b	76,45 n.s.	
	Conduct	73,90 c	65,46 c	89,17 a	76,18 n.s.	

Eine differenzierte Betrachtung der genannten drei Faktoren (Tab. 3) zeigt aus der Versuchsserie 1 der Einzelversuch am Standort Arpke, einem humusarmen Sandstandort. Obwohl im Herbst an keinem der drei Standorte erkennbare Herbizidschäden auftraten, zeigt die Prüfung des Faktors Herbizid innerhalb des Faktors Sorte und auch innerhalb des Faktors Korngröße durch die Flufenacet-Anwendung jeweils Pflanzenschäden im Frühjahr, eine reduzierte Anzahl Ähren/m<sup>2</sup> sowie einen geringeren Ertrag als in der flufenacetfreien Variante. Die Herbizidbedingte Ertragsdifferenz war sowohl innerhalb der Sorte Palazzo als auch innerhalb der Korngröße > 2 cm signifikant verschieden.

**Tab. 3** Sorte, Korngröße der Saat und Herbizidanwendung als Einflussfaktoren auf die Flufenacet-Verträglichkeit von Winterroggen 2012 (Arpke, n = 1).

**Tab. 3** Variety, grain size and herbicide application as factor influencing the tolerance of flufenacet applications in winter rye 2012 (Arpke, n=1).

Sorte	Korngröße	Herbizid	Phytotox (%)	Ähren / m <sup>2</sup>	Ertrag (dt/ha)
SU Mephisto		Herold 0,3 l/ha	7,0	440,8	76,35 ab
		Falkon 1,0 l/ha	0,0	448,8	79,81 b
Palazzo		Herold 0,3 l/ha	15,6	421,0	70,40 cd
		Falkon 1,0 l/ha	0,0	474,0	74,35 b
Conduct		Herold 0,3 l/ha	18,1	406,0	64,01 d
		Falkon 1,0 l/ha	0,0	449,3	66,93 cd
GD 95 %, Sorte x Herbizid, t-Test = 3,75 dt/ha					
	kleinkörnig (< 2 cm)	Herold 0,3 l/ha	11,4	433,8	74,85 ab
		Falkon 1,0 l/ha	0,0	466,5	76,90 a
	großkörnig (> 2 cm)	Herold 0,3 l/ha	11,3	428,0	71,87 b
		Falkon 1,0 l/ha	0,0	456,3	77,23 a
GD 95 %, Korngröße x Herbizid, t-Test = 3,06 dt/ha					

Auf der Basis dieser Erkenntnisse wurde in den Jahren 2013 bis 2015 die Versuchsserie 2 mit 7 zweifaktoriellen Versuchen auf 3 verschiedenen Standorten angelegt. Auf den Faktor Korngröße wurde nun verzichtet, dafür wurde eine größere Anzahl Winterroggensorten ausgesät und mit dem Herbizid Cadou reines Flufenacet mit 125 g/ha und 500 g/ha Wirkstoff ausgebracht. Die differenzierte Behandlung der flufenacetfreien Variante wird im Abschnitt Material und Methoden beschrieben. Tabelle 4 zeigt innerhalb der einzelnen auf allen Standorten angebauten Sorten den Einfluss unterschiedlicher Flufenacet-Aufwandmengen auf die Wuchshemmung und die Ausdünnung im Frühjahr sowie auf den Ertrag. Sowohl die Anwendung von 125 g/ha als auch von 500 g/ha Flufenacet im Herbst führte in allen Sorten zu Wuchshemmungen und Ausdünnungen im Frühjahr, wobei die Kulturschäden bei der Aufwandmenge von 500 g/ha Flufenacet deutlich höher waren. Gleichzeitig sind die Erträge innerhalb aller Sorten und auch im Gesamtmittel mit Flufenacet-Anwendung geringer, bei der hohen Flufenacet-Menge von 500 g/ha in der Regel signifikant geringer, als in den flufenacetfreien Varianten.

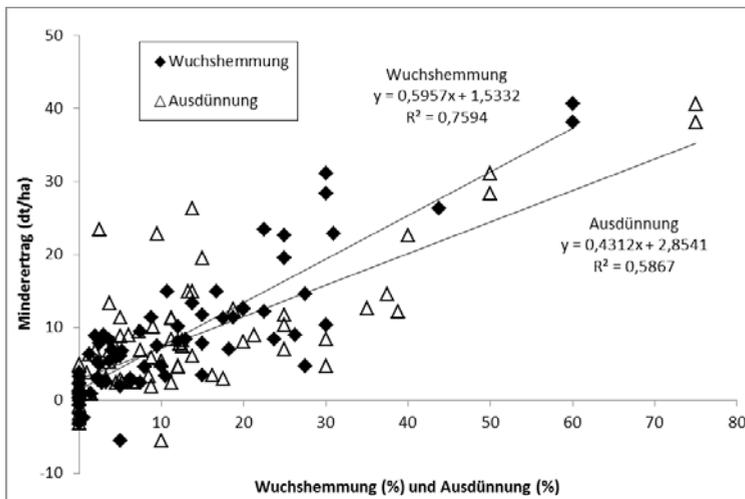
Ergänzend zu der Auswertung in Tabelle 4 zeigen die linearen Regressionen in Abbildung 1, dass ein direkter Zusammenhang zwischen den im Frühjahr bonitierten Wuchshemmungen des Winterroggens sowie zwischen der Bestandesausdünnung und dem flufenacetbedingten Minderertrag bestehen.

**Tab. 4** Einfluss der Flufenacet-Aufwandmenge auf Pflanzenwachstum und Ertrag von Winterroggensorten 2013 – 2015 (n = 7).

**Tab. 4** Influence of application rate of flufenacet on plant growth and yield auf winter rye varieties 2013 – 2015 (n=7).

Sorte	Herbizid	Wuchshemmung (%)	Ausdünnung (%)	Ertragsdifferenz (dt/ha)	Ertrag (dt/ha)
<b>Palazzo</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	0,9	0,00	81,37 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	4,50	8,3	-5,26	76,11 a
	Cadou SC 1,0 l/ha	28,21	28,5	-17,61	63,76 b
<b>Brasetto</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	3,0	0,00	81,69 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	6,07	10,9	-6,03	75,66 a
	Cadou SC 1,0 l/ha	26,64	27,5	-14,49	67,20 b
<b>SU Mephisto</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	0,4	0,00	82,40 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	1,36	1,9	-2,73	79,66 ab
	Cadou SC 1,0 l/ha	9,89	12,2	-7,72	74,67 b
<b>SU Performer</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	2,0	0,00	86,28 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	1,89	3,9	-3,01	83,28 a
	Cadou SC 1,0 l/ha	18,00	16,5	-13,87	72,41 b
<b>SU Forsetti</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	1,1	0,00	83,99 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	3,50	5,0	-3,33	80,66 a
	Cadou SC 1,0 l/ha	20,39	21,0	-13,05	70,95 b
GD 95%, Sorte x Herbizid, t-Test = 6,45 dt/ha					
<b>Mittel</b>	Kontrolle (flufenacetfrei)	0,00	1,5	0,00	83,15 a
	Cadou SC 0,25 l/ha	3,46	6,0	-4,07	79,08 a
	Cadou SC 1,0 l/ha	20,63	21,2	-13,35	69,80 b

Ertragsdifferenz = Ertragsdifferenz zur flufenacetfreien Kontrolle; GD 95% im Versuchsmittel, t-Test = 6,10 dt/ha



**Abb. 1** Minderertrag in Abhängigkeit von Wuchshemmung und Ausdünnung nach Flufenacet-Anwendung in Winterroggen 2013 – 2015 (n = 7).

**Fig. 1** Yield loss dependent on reduced growth and thinning caused by flufenacet application in winter rye (2013 – 2015 (n=7)).

Tabelle 5 zeigt die Reaktion verschiedener Winterroggensorten auf die Applikation unterschiedlicher Flufenacet-Mengen. Dargestellt sind die im Frühjahr bonitierten Ausdünnungen und die Ertragsdifferenz zwischen der Behandlung mit 0,25 l/ha Cadou (125 g/ha Flufenacet) bzw. 1 l/ha Cadou (500 g/ha Flufenacet) und der flufenacetfreien Kontrolle im Mittel der Versuchsstandorte. Zusätzlich wird in der Betrachtung nach Standortgruppen differenziert, da sich diese wesentlich im Gehalt an organischer Substanz unterscheiden.

Über alle Standorte zeigt sich ein unterschiedlicher Schädigungsgrad einzelner Sorten durch die Flufenacet-Anwendungen, die geringsten Pflanzenausfälle traten in der Sorte SU Mephisto auf, die höchsten in den Sorten Palazzo und Brasetto. Entsprechend fallen die flufenacetbedingten Mindererträge in den geringer geschädigten Sorten niedriger aus als in den stärker geschädigten Sorten. Mindererträge traten im Mittel der Standorte in allen Sorten nach Flufenacet-Anwendungen auf, bei der hohen Flufenacet-Aufwandmenge von 500 g/ha waren diese zwischen den Sorten signifikant verschieden. Die Differenzierung nach Standortgruppen zeigt die geringsten Schäden für die Standortgruppe Ohrensen mit dem höchsten Humusgehalt und die höchsten Schäden und auch die höchsten Ertragsdifferenzen für die Standortgruppe Immensen mit dem geringsten Humusgehalt. Tendenziell ist aber eine abgestufte Sortenreaktion auf die Flufenacet-Anwendungen auf allen Standortgruppen bei einer unterschiedlichen Ausprägung des Schädigungsgrades an den einzelnen Standortgruppen abzulesen.

**Tab. 5** Einfluss von Flufenacet-Aufwandmenge und Sorte auf Pflanzenwachstum und Ertrag von Winterroggen 2013 – 2015 (n = 7).

**Tab. 5** Influence of application rate of flufenacet and variety on plant growth and yield auf winter rye 2013 – 2015 (n=7).

Herbizid	Sorte	Hamerstorf (n=3)		Ohrensen (n=2)		Immensen (n=2)		Mittel (n=7)	
		Ausdünnung (%)	Ertragsdifferenz (dt/ha)	Ausdünnung (%)	Ertragsdifferenz (dt/ha)	Ausdünnung (%)	Ertragsdifferenz (dt/ha)	Ausdünnung (%)	Ertragsdifferenz (dt/ha)
Cadou SC 0,25 l/ha	Palazzo	9,3	-6,16 n.s.	0,5	-0,66 n.s.	14,4	-8,50 n.s.	4,3	-5,26 n.s.
	Brasetto	11,7	-6,42 n.s.	0,6	-3,75 n.s.	20,0	-7,73 n.s.	8,8	-6,03 n.s.
	SU Mephisto	2,5	-4,65 n.s.	0,0	0,33 n.s.	3,0	-2,91 n.s.	0,0	-2,73 n.s.
	SU Performer	7,0	-3,44 n.s.	0,8	-0,56 n.s.	2,5	-4,81 n.s.	4,5	-3,01 n.s.
	SU Forsetti	4,7	-3,91 n.s.	0,6	-0,13 n.s.	10,0	-5,66 n.s.	2,0	-3,33 n.s.
	Mittel	7,0	-4,92	0,5	-0,96	10,0	-5,92	3,9	-4,07
	GD 95%, t-Test			5,77		5,07		4,31	
Cadou SC 1,0 l/ha	Palazzo	21,5	-18,59 b	15,0	-9,21 n.s.	52,5	-24,52 b	13,3	-17,61 c
	Brasetto	22,3	-15,83 b	10,4	-5,58 n.s.	52,5	-21,38 b	18,8	-14,49 bc
	SU Mephisto	8,8	-9,21 a	4,5	-4,65 n.s.	25,0	-8,56 a	5,0	-7,72 a
	SU Performer	11,7	-14,54 ab	9,3	-8,88 n.s.	31,0	-17,86 b	11,3	-13,87 b
	SU Forsetti	17,1	-13,70 ab	10,5	-7,44 n.s.	37,5	-17,67 b	11,3	-13,05 b
	Mittel	16,3	-14,38	9,9	-7,15	39,7	-18,00	11,9	-13,35
	GD 95%, t-Test			5,5		4,2		7,56	

Ertragsdifferenz = Ertragsdifferenz zur flufenacetfreien Kontrolle

## Diskussion

Der Gemeine Windhalm ist ein weit verbreitetes Ungras der leichten Standorte. Nach KÖTTER (1991) kann *A. spica-venti* den Getreideertrag durch Konkurrenz um Nährstoffe, Licht, Wasser und Standraum erheblich beeinflussen. Ein besonderes Problem stellt er in Wintergerste, Winterroggen und früh gesättem Winterweizen dar. Im Vergleich zu *Alopecurus myosuroides* führt *A. spica-venti* bei einer gleichen Anzahl generativer Sprosse sogar zu höheren Ertragsausfällen (FRITSCHKE et al., 2012). Auch MELANDER et al. (2008) bestätigen das vorrangige Auftreten von *A. spica-*

*venti* auf leichten Standorten und sieht zusätzlich einen Zusammenhang des Auftretens mit der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung und den klimatischen Bedingungen. Insbesondere die reduzierte Bodenbearbeitung und ein hoher Anteil an Winterungen in der Fruchtfolge fördere das Auftreten von *A. spica-venti*.

Gleichzeitig wird seine chemische Bekämpfung aufgrund von zunehmender Herbizidresistenzen (DELABAYS, 2006; GEHRING et al., 2014; WOLBER, 2015) immer schwieriger. Nach AUGUSTIN (2014) sind ALS- und Photosystem II-Hemmer stärker betroffen als ACCase-Hemmer, teilweise treten bereits multiple Resistenzen bei Windhalmpopulationen auf. Im Wintergetreide sind dagegen Herbstbehandlungen mit Bodenherbiziden weniger resistenzgefährdet (NIEHOFF, 2015). Zur Vermeidung weiterer Resistenzentwicklungen weisen verschiedene Autoren (KERLEN, 2010; NAUNHEIM, 2014) auf die Notwendigkeit einer Antiresistenzstrategie unter Berücksichtigung eines ackerbaulichen Gesamtsystems hin. Dazu gehören auch ein regelmäßiger Wirkstoffwechsel und leistungsfähige Herbizide.

Aus diesem Grund bleibt der Flufenacet-Einsatz ein wesentlicher Baustein in einem angepassten Herbizidsystem in allen Wintergetreidearten. So sehen GEHRING et al. (2014) und auch WOLBER (2014) noch keine Resistenzentwicklungen von *A. spica-venti* gegenüber Flufenacet. Allerdings kann eine Flufenacet-Anwendung in Winterroggen zu erheblichen Kulturschäden (SCHEID et al., 2014) führen. Dieses Phänomen ist aber nicht neu. Bereits vor der Zulassung von Flufenacet in Deutschland in Getreide beschreiben DEEGE et al. (1996) eine gute Kulturverträglichkeit für Winterweizen und Wintergerste. Aber gleichzeitig zeigte sich in Feldversuchen (BENZ et al., 1996) bereits eine verminderte Verträglichkeit des Flufenacets in Winterroggen. Die Autoren beschreiben Ausdünnungen bei einem mangelhaften Saatbett und einer zu flachen Aussaat, bei der die Positionsselektivität nicht zum Tragen kommt. Negative Ertragsbeeinflussungen wurden aber nicht ermittelt. In den vorliegenden Versuchen wurden dagegen zum Teil erhebliche Kulturschäden festgestellt, obwohl die Saatgutablage auf allen Versuchsstandorten gleichmäßig und die Ablagetiefe jeweils bei 2 bis 3 cm lag. Signifikante Ertragsverluste traten aber in der Regel erst bei hohen Flufenacet-Aufwandmengen auf.

Denkbar wäre auch ein höherer Schädigungsgrad der Kulturpflanze, sobald der herbizide Wirkstoff direkt nach der Ausbringung durch Niederschläge in den Wurzelraum der Kulturpflanze eingespült wird. Auf diesen Effekt führt SCHÖNHAMMER (2004) Schäden nach Flufenacet-Anwendung in Topfversuchen in Wintergerste und Winterweizen zurück, bei denen der Wirkstoff durch Kopfbewässerung in den Wurzelraum verlagert wurde. In den vorliegenden Versuchen kann aber eine direkte Wirkstoffverlagerung durch Niederschläge nicht die Hauptursache für die erfassten Pflanzenschäden sein, da in keinem der Versuche bereits im Herbst Schäden bonitiert werden konnten und die Niederschlagsereignisse 2 bzw. 4 Wochen nach der Herbizidapplikation auf den einzelnen Standorten unterschiedlich aber teilweise auch sehr gering waren.

Da im Frühjahr trotzdem deutliche Schäden auftraten und diese auch nachweislich zu Ertragsverlusten führten, bleibt die Frage nach Einflussfaktoren auf die Metabolisierung des Wirkstoffes im Zeitablauf. Betrachtet man zuerst die Komponente Boden, so sind in den vorliegenden Versuchen deutliche Verträglichkeitsunterschiede zwischen den einzelnen Standortgruppen zu erkennen. Diese Standortgruppen unterscheiden sich wesentlich im Humusgehalt und daraus abgeleitet in der Sorptionsfähigkeit der Böden. So beschreiben GOTTESBÜHREN et al. (1994) die Bedeutung der Sorption von Herbiziden im Boden, z. B. von Chlortoluron, und ihre Konsequenz für Abbauraten und Verlagerung der Herbizide im Boden. Nach BERGER (2002) liegt der optimale Bereich für den mikrobiellen Abbau von herbiziden Wirkstoffen bei einem Anteil von 1,5 – 3,5 % organischer Substanz im Boden. Bei einem niedrigeren Gehalt stünden nicht ausreichend Mikroorganismen für den Abbau zur Verfügung, bei hohen organischen Gehalten sei die Festlegung des Wirkstoffes zu hoch und der Abbau verzögert. Dieser Zusammenhang erklärt die höchsten Schädigungsgrade des Roggens am Standort Immensen mit Humusgehalten von nur 1,3 %.

Es bleibt die Frage nach dem unterschiedlichen Schädigungsgrad einzelner Winterroggensorten. Denkbar wäre, dass unterschiedliche Roggensorten mit verschiedenen genetischen Herkünften eventuell den Wirkstoff in der Pflanze unterschiedlich schnell abbauen können. Zumindest zeigten BIESELER et al. (1997) mit <sup>14</sup>C-markiertem Wirkstoff, dass die Metabolisierung des Wirkstoffes Flufenacet in unterschiedlichen Ackerbaukulturen verschieden war und sehen darin eine der wichtigsten Ursachen für eine beobachtete Herbizidverträglichkeit von Kulturpflanzen. Ob dieser Effekt auch Ursache für beobachtete Sortenunterschiede in der Toleranz von Winterroggensorten sein kann, lässt sich leider nicht abschließend klären. Zwingend notwendig wäre aber ein regelmäßiges Sortenscreening auf die Flufenacet-Verträglichkeit von Winterroggen, um unter anderem über eine gezielte Sortenwahl auch auf Grenzstandorten mit geringen Humusgehalten eine in der Aufwandmenge angepasste Flufenacet-Anwendung möglich zu machen.

## Literatur

- AUGUSTIN, B., 2014: Entwicklung von Herbizidresistenzen bei Windhalm *Apera spica-venti* in Rheinland-Pfalz. Julius-Kühn-Archiv **447**, 135.
- BENZ, W., D. FEUCHT und G. MACHEFER, 1996: Mehrjährige Versuchserfahrungen mit BAY FOE 5043, einem neuen Wirkstoff zur Ungrasbekämpfung in Getreide. J. Plant Dis. Protect., Special Issue **XV**, 475-483.
- BERGER, B., 2002: Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung – Chemische Verfahren. in ZWARGER, P. und H. U. AMMON, 2002: Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, 140-200.
- BIESELER, B., C. FEDTKE, T. NEUEFEIND, W. ETZEL, L. PRADÉ und P. REINEMER, 1997: Maisselektivität von FOE 5043: Abbau des Wirkstoffes durch Glutathion-S-Transferasen. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **50/1997,2**, 117-142.
- DEEGE, R., D. FEUCHT, H. FÖRSTER und M.A. TICE, 1996: BAY FOE 5043: Ein neues Herbizid zum Einsatz in Mais, Getreide, Kartoffeln und anderen Kulturen. J. Plant Dis. Protect., Special Issue **XV**, 469-474.
- DELABAYS, N., G. MERMILLOD und CH. BOHREN, 2006: First case of resistance to sulfonylurea herbicides reported in Switzerland: a biotype of loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.). J. Plant Dis. Protect., Special Issue **XX**, 89-94.
- FRITZSCHE, R., E. SEEMANN, B. WERNER, F. DE MOL und B. GEROWITT, 2012: Informationsgewinn aus Herbizidversuchen – Auswertung von Feldversuchen der Bezirksstelle Hannover aus den Jahren 2003 – 2009. Julius-Kühn-Archiv **434**, 409-416.
- GEHRING, K., T. FESTNER und S. THYSSEN, 2014: Entwicklung der Herbizidresistenz bei Windhalm (*Apera spica-venti*) in Bayern. Julius-Kühn-Archiv **447**, 551-552.
- GOTTESBÜHREN, B., D. FEUCHT und G. MACHEFER, 1996: Mehrjährige Versuchserfahrungen mit BAY FOE 5043, einem neuen Wirkstoff zur Ungrasbekämpfung in Getreide. J. Plant Dis. Protect., Special Issue **XV**, 475-483.
- KERLEN, D., 2010: Resistenzmanagement und Ursachenanalyse am Beispiel von Ackerfuchsschwanz und Gemeinem Windhalm in Deutschland. Julius-Kühn-Archiv **428**, 275.
- KÖTTER, U., 1991: Entwicklung und Konkurrenzverhalten von Windhalm (*Apera spica-venti*) in Winterweizen und Winterroggen. Gesunde Pflanzen **6**, 184-189.
- MELANDER, B., N. HOLST, P.K. JENSEN, E.M. HANSEN und J.E. OLESEN, 2008: *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. Weed Research **48**, 48-57.
- NAUNHEIM, H.-P., 2014: Der Landwirt hat es (mit) in der Hand. Getreidemagazin **6**, 13-15.
- NIEHOFF, T.-K., 2014: Windhalm über die Fruchtfolge bekämpfen. Getreidemagazin **5**, 24-28.
- RAFFEL, H., I. MEINERS und CH. KRATO, 2014: Aktuelle Situation zur Herbizidresistenz bei Ungräsern und Konsequenzen für die Praxis. Julius-Kühn-Archiv **447**, 133-134.
- SCHEID, L., L. BORNEMANN, F. HAARSTRICH, B. STEINFELD, P. STEINGRÖVER und B. WERNER, 2014: Phytotox durch Flufenacet in Roggen. Julius-Kühn-Archiv **447**, 138-139.
- SCHÖNHAMMER, A., J. FREITAG und M. SCHNEIDER, 2004: Die Verbesserung der Wirksamkeit von Gräserherbiziden in Wintergetreide durch Pendimethalin. J. Plant Dis. Protect., Special Issue **XIX**, 647-656.
- SCHRÖDER, G., E. MEINELSCHMIDT, R. BALGHEIM, E. BERGMANN und K. GÖBNER, 2012: Effektive Kontrolle von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) in Wintergetreide durch Nutzung von Herbizidbehandlungen mit hohen Wirkungsgraden – Ergebnisse der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen 2001-2011. Julius-Kühn-Archiv **434**, 301-312.
- WOLBER, D.M. 2014: Resistenzentwicklung von *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. (Gemeiner Windhalm) in Niedersachsen 2013 – zunehmend auch gegen Pinoxaden. Julius-Kühn-Archiv **443**, 280-286.
- WOLBER, D.M., 2015: Ackerbauliche Maßnahmen gegen resistente Unkräuter! Getreidemagazin **4**, 8-16.