

Sanierung einer ALS-resistenten *Apera spica-venti*-Population - Ein drei-faktorieller Dauerversuch

Remediation of an ALS resistant Apera spica-venti population - a three-factorial long-term experiment

Lisa Köhler^{1*}, Goßwirth Warnecke-Busch¹, Dirk Michael Wolber¹, Matthias Breiding²



¹Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Wunstorfer Landstraße 11, 30453 Hannover

*Korrespondierende Autorin, Lisa.Koehler@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.022

Zusammenfassung

Anhand eines mehrjährigen Versuches soll eine Fläche, mit hohem Besatz an Windhalm (*Apera spica-venti*), in der Region Hannover saniert werden. Der Windhalm auf der Fläche ist ALS-resistent. Die Fruchtfolge war und ist Winterraps- Winterweizen-Winterweizen. Der Versuch wurde 3-faktoriell aufgebaut. Einen ersten Faktor stellte die Bodenbearbeitung (einmaliger Einsatz eines Pfluges/ Mulchsaat) dar. Die Anwendung von Kerb Flo (Propyzamid) (mit Kerb Flo/ ohne Kerb Flo) in Rapsjahren wurde als zweiten Faktor in den Versuch integriert. Als dritter Faktor wurde die Behandlung mit 9 verschiedenen Getreideherbiziden in Jahren mit Getreideanbau angelegt. Anhand der Versuchsergebnisse stellte sich heraus, dass ein einmaliges Pflügen den Windhalmbesatz in den darauffolgenden 3 Jahren deutlich senkte. Der Besatz nahm jedoch mit den Jahren wieder zu. Der Einsatz von Kerb Flo hatte einen positiven Effekt auf die Anzahl der Windhalmrispen im folgenden Getreidejahr vor allem in der Grubbervariante. Auch aufgrund des Wirkstoffwechsels (Kerb Flo, HRAC: K) war die Anwendung von Kerb Flo positiv zu bewerten. Die Getreideherbizide zeigten unterschiedliche Wirkungen. Dabei hatte das Herbizid Broadway (Florasulam und Pyroxulam, HRAC: B) in der Wirkung am schlechtesten abgeschnitten, wodurch nochmals die ALS Resistenz bestätigt wurde. Die beste Lösung im Bereich der Anwendung von Getreideherbiziden, auch hinsichtlich der Resistenzsituation, war die Anwendung des Bodenherbizides Herold SC (Diflufenican und Flufenacet) im Herbst.

Stichwörter: ALS-resistenter Windhalm, *Apera spica-venti*, Bodenbearbeitung, drei-faktorieller Dauerversuch, Windhalmbekämpfung

Abstract

A multi-year experiment, was started to remediate a field with a high population of wind bent grass (*Apera spica-venti*), in the region of Hanover. The wind bent grass on this field is ALS resistant. The crop rotation is winter rape-winter wheat-winter wheat. The experiment consisted of 3-factors. The first factor presented the tillage (ploughing once/mulch drilling). The application of Kerb Flo (propyzamide) in years when rape was grown (with Kerb Flo / without Kerb Flo) was integrated into the experiment as a second factor. The third factor was the treatment with 9 different cereal herbicides in years of cereal cultivation. The results show, that ploughing once significantly reduced the population of wind bent grass in the subsequent 3 years. However, the population increased again afterwards. The application of Kerb Flo, mainly in plots with cultivator treatment, had a positive effect on the number of wind bent grass plants in the following year of cereal cultivation. In addition, the Kerb Flo application had a positive effect as it caused a rotation in the mode of action (Kerb Flo = HRAC group K). The application of cereal herbicides led to different effects. The herbicide Broadway (florasulam and pyroxulam, HRAC: B) showed the most reduced efficacy on the wind bent grass population. This once more confirmed the ALS resistance of the wind bent grass on this field. Concerning the cereal herbicides best results were obtained when the soil herbicide Herold SC (diflufenican and flufenacet) was applied in autumn.

Keywords: ALS resistant wind bent grass, *Apera spica-venti*, control of *Apera spica-venti*, 3-factorial experiment, tillage

Einleitung

Eine mit hohem Windhalmbesatz (*Apera spica-venti*) geprägte Fläche in der Region Osthannover zeigte im Jahr 2012 eine ALS-Resistenz. Dabei handelt es sich sowohl um eine metabolische als auch um eine Target-Site-Resistenz. Auf dieser Fläche wirkten Frühjahrsherbizide wie Broadway (Florasulam und Pyroxulam) oder Attribut (Propoxycarbazone) nicht mehr. Faktoren für den

hohen Windhalmbesatz auf der Fläche sind die pfluglose Bodenbearbeitung seit dem Jahr 2000 und die Fruchtfolge Winterraps-Winterweizen-Winterweizen. Aufgrund des hohen Windhalmbesatzes auf der Fläche, soll anhand eines Dauerversuches überprüft werden, ob es möglich ist mithilfe von Bodenbearbeitung, welche sich durch einen einmaligen Pflugeinsatz im Jahr 2012 kennzeichnet, und Herbizid-Behandlungen (Kerb Flo im Raps und Herbizide im Getreide) den Besatz auf ein akzeptables Maß zu verringern und somit die Fläche zu sanieren.

Material und Methoden

Im Jahr 2012 wurde der 3-faktorielle Versuch als Dauerversuch in der Region Osthannover angelegt. Der erste Faktor beschreibt die Bodenbearbeitung, die im Jahr 2012 einmalig vorgenommen wurde. Dabei wurde die Hälfte der Versuchsfläche, welche insgesamt 60 x 41 m misst, 25 cm tief gepflügt. Auf der anderen Hälfte der Versuchsfläche wurde die Mulchsaat weiter durchgeführt. Die Fruchtfolge der Versuchsfläche wurde mit Winterweizen-Winterweizen-Winterraps beibehalten. In dem Jahr 2012/13 und 2015/16 mit Rapsanbau wurde in beiden Bodenbearbeitungsvarianten jeweils eine Hälfte der Fläche mit dem Herbizid Kerb Flo (1,5 l/ha; Propyzamid) behandelt. In Jahren mit Weizenanbau wurden 10 Parzellen je Bodenbearbeitungsvariante und Kerb Flo Variante eingemessen. Diese wurden im Herbst und Frühjahr mit unterschiedlichen Getreideherbiziden behandelt (Tab. 1).

Tab. 1 Herbizid-Behandlungsmaßnahmen in den Jahren 2012 bis 2017.

Tab. 1 *Herbicide treatments in the years 2012 to 2017.*

Herbizid-behandlung Herbst 2012	Herbizid-behandlung Herbst 2013/ Frühjahr 2014	Herbizid-behandlung Herbst 2014	Herbizid-behandlung Herbst 2015	Herbizid-behandlung Herbst 2016/ Frühjahr 2017
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Kontrolle	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Kontrolle
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Herold SC 0,4 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Herold SC 0,4 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Bacara Forte 1,0 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Bacara Forte 0,8 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Herold SC 0,2 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Vertex 0,08 kg/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Sumimax 0,06 kg/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Bacara Forte 0,8 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Broadway 0,13 kg/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Broadway 0,13 kg/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 0,6 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 0,6 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Arelon Top 2,0 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Broadway 0,13 kg/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	Kerb Flo 1,5 l/ha	Prüfmittel 0,07 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 0,6 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Axial 50 0,9 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Axial 50 0,9 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Axial 50 0,9 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Axial 50 0,9 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Broadway 0,13 kg/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Broadway 0,13 kg/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 0,6 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 0,6 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Lentipur 700 1,5 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Broadway 0,275 kg/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo	Broadway 0,275 kg/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 1 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	Kerb Flo 1,5 l/ha	FHS (Broadway) 1 l/ha
ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Axial 50 1,2 l/ha	Bacara forte 0,8 l/ha	ohne Kerb Flo Kerb Flo 1,5 l/ha	Axial 50 1,2 l/ha

Jede Parzelle wurde mit einer Breite von 2,5 m und einer Länge von 8 m angelegt. Alle Parzellen wurden zweifach wiederholt. Im Jahr 2014 fand im Herbst eine einheitliche Behandlung des ganzen Versuchs mit Bacara Forte (Diflufenican, Flufenacet und Flurtamone) statt. Diese Behandlung wurde praxisüblich durchgeführt. Die Aufwandmenge von 0,8 l/ha Bacara Forte wurde gewählt, um einen Restbesatz von Windhalm zu erhalten, um Differenzierungen der unterschiedlichen Behandlungen in den darauffolgenden Jahren zu erhalten. Zusätzliche Pflanzenschutzmaßnahmen zur Bekämpfung von dikotylen Unkräutern wurden durchgeführt. Diese Maßnahmen wurden auf der gesamten Versuchsfläche gleichmäßig angewendet. In den Jahren mit Weizenanbau wurde die Wirkung der 9 unterschiedlichen Herbizide auf die Windhalmpopulation bonitiert. Die Bonitur im Jahr 2014 erfolgte am 24.06.2014, die Bonitur im Jahr 2015 am 06.07.2015, die Bonitur im Jahr 2016 am 14.04.2016 und die Bonitur im Jahr 2017 erfolgte am 14.06.2017. Im Jahr 2014, 2015 und 2017 wurde die Anzahl der Windhalmrисpen pro m² in den unbehandelten Kontrollen erfasst. In den behandelten Parzellen wurde die Wirkung der Herbizide bewertet. Im Jahr 2013 wurden die Windhalmpflanzen pro m² im Raps gezählt. Im Jahr 2016 wurde der Besatz an Windhalm im Raps anhand des Deckungsgrades in den behandelten Parzellen ermittelt. Die Darstellungen der Ergebnisse zeigen jeweils den Mittelwert aus den zwei Wiederholungen. Vor der Ernte des Winterweizens wurden Samen der Windhalmpopulationen aus einzelnen Parzellen entnommen und im Gewächshaus auf Resistenzen untersucht.

Ergebnisse

Der einmalige Pflugeinsatz im Jahr 2012 bewirkte eine deutliche Reduktion des Windhalmesatzes im Winterrops im Frühjahr 2013, wobei die Anzahl an Windhalmrисpen pro m² von ca. 450 auf 0,8 Pflanzen/m² im gegrubbertem Bereich ohne Kerb Flo und auf 0,08 Pflanzen /m² im gepflügten Bereich ohne Kerb Flo stark sank. In den Kerb Flo behandelten Bereichen, sowohl in der Pflug- als auch in der Grubbervariante war kein Windhalm mehr zu finden.

Eine deutliche Reduktion des Windhalmesatzes wurde auch in dem darauffolgenden Weizenanbaujahr 2013/14 deutlich. Dabei wurde in der Pflugvariante, sowohl mit als auch ohne Kerb Flo, der geringere Besatz an Windhalm mit jeweils 185,5 Rispen/m² (Pflug, mit Kerb Flo) und 155,5 Rispen/m² (Pflug, ohne Kerb Flo) als in der Grubbervariante erfasst. Bei der Grubbervariante hingegen konnte der Besatz an Windhalm durch die Anwendung von Kerb Flo um fast 30 % reduziert werden (Abb. 1).

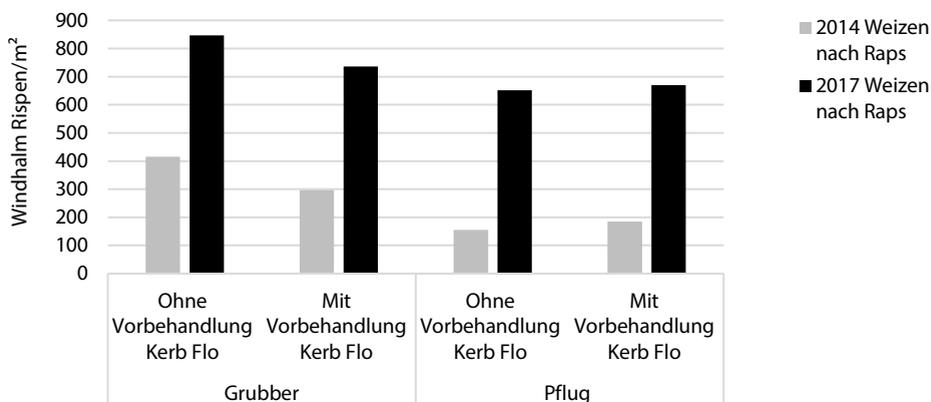


Abb.1 Einfluss der Bodenbearbeitung und der Anwendung von Kerb Flo in der Vorfrucht Winterrops 2012/13 und 2015/16 auf den Besatz mit Windhalm in der Folgekultur Winterweizen in den Jahren 2014 und 2017.

Fig. 1 Influence of tillage and the application of Kerb Flo in winter oilseed rape 2012/13 and 2015/16 on the Apera spica-venti population in the following culture winter wheat in the years 2014 and 2017.

Durch die einheitliche Behandlung des Stoppelweizens im Herbst 2014 mit Bacara Forte (0,8 l/ha; Diflufenican, Flufenacet, Flurtamone) waren die Windhalmbestände im Jahr 2015 in den Kontrollen sehr gering. Dennoch zeigte sich ein ähnliches Bild, bezüglich der Windhalmldichte im Stoppelweizen in den einzelnen Varianten, wie im Vorjahr. Die höchste Windhalmldichte, die im Durchschnitt 24,5 Rispen pro m² betrug, wurde in der Variante Grubber/ohne Kerb Flo erfasst. Die geringsten Windhalmldichten zeigten sich mit 3,8 und 2 Rispen pro m² bei der Pflugvariante mit Kerb Flo und ohne Kerb Flo (Abb. 2).

Im Frühjahr 2016 fand eine Bonitur des Windhalms im Wintertraps statt. Dabei wurde der Deckungsgrad pro Kontrollparzelle ermittelt. Die geringsten Deckungsgrade von 1,5 % und 4,5 % wurden in den Kontrollparzellen Pflug mit Kerb Flo und Grubber mit Kerb Flo ermittelt. Die Parzellen ohne Kerb Flo hatten Windhalm Deckungsgrade von 20 % im Pflug Bereich und 16 % im Grubber Bereich.

Die Windhalmldichte im Weizen im Sommer 2017 war im Vergleich zum Jahr 2014 mit Weizenanbau in den einzelnen Kontrollen doppelt bis mehr als dreifach so hoch. Den stärksten Anstieg an Windhalmrispen wurde in der Variante Pflug ohne Vorbehandlung mit Kerb Flo verzeichnet, dabei stieg der Besatz an Windhalm von 155,5 Rispen pro m² im Jahr 2014 auf 652 Rispen pro m² im Jahr 2017. Der geringste Anstieg war in der Variante Grubber/ ohne Kerb Flo zu sehen. Die Verteilung des Windhalmbesatzes in den einzelnen Varianten zeigte sich wie auch in den Jahren zuvor. Dabei hatte die Variante Grubber/ohne Kerb Flo den höchsten Windhalmbesatz (durchschnittlich 846,5 Rispen pro m²). Die Pflug Varianten, sowohl mit und auch ohne Kerb Flo, unterschieden sich kaum und hatten mit 652 und 670 Rispen pro m² die beiden geringsten Windhalmldichten (Abb. 1).

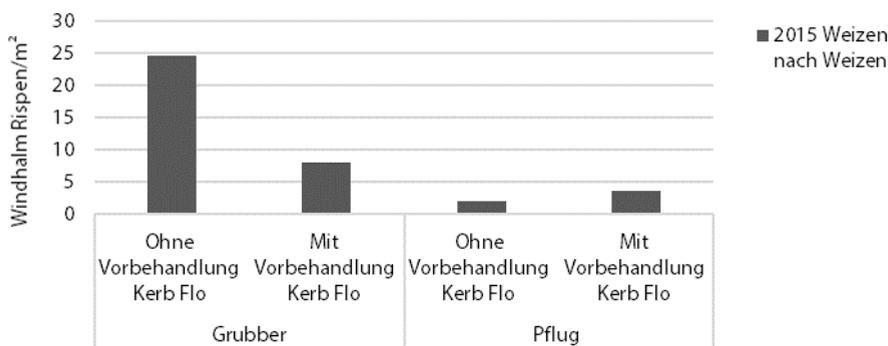


Abb. 2 Einfluss der Bacara Forte- Behandlung (0,8 l/ha) auf den Besatz mit Windhalm im Jahr 2015 in Abhängigkeit von der vorangegangenen Bodenbearbeitung und der Behandlung mit Kerb Flo.

Fig. 2 Influence of the treatment with Bacara Forte (0.8 l/ha) on the *Apera spica-venti* population density in 2015 in relation to earlier tillage and the application of Kerb Flo.

Die eingesetzten Herbizide zeigten in den unterschiedlichen Varianten verschiedene Wirkungserfolge. In der Abbildung 3 wurden 3 von insgesamt 9 dargestellt. Die Auswahl der dargestellten Varianten bezieht sich auf die Wirkungserfolge, dabei wurden der schlechteste Wirkungserfolg und eine Auswahl der besten Wirkungserfolge gewählt. Wirkungen von 97-99 % gegen Windhalm wurden bei der Axial 50 Behandlung mit einer Aufwandmenge von 1,2 l/ha im Jahr 2017 erzielt. Die Aufwandmenge von 1,2 l/ha ist aufgrund der Zulassung nicht auf Windhalmstandorten, sondern nur auf Flächen mit Ackerfuchsschwanz anzuwenden. Die Aufwandmenge für Windhalm ist 0,9 l/ha Axial 50.

Die geringste Wirkung, mit Wirkungsgraden von 87,5-96 % über alle Varianten erzielte das Herbizid Broadway (Florasulam und Pyroxulam), was durch die vorherrschende Resistenzsituation erklärt werden kann. Wirkungsgrade von 98,5-100 % erreichte das Herbizid Herold SC (Diflufenican und Flufenacet) mit einer Aufwandmenge von 0,4 l/ha, appliziert in den Weizenanbaujahren 2013

und 2016. Es erwies sich damit als wirksame Behandlung. Die Axial 50 (Pinoxaden) Anwendung mit 0,9 l/ha im Frühjahr hat in den Weizenanbaujahren 2014 und 2017 mit Wirkungsgraden von 99-100 % gute Ergebnisse erzielt (Abb. 3).

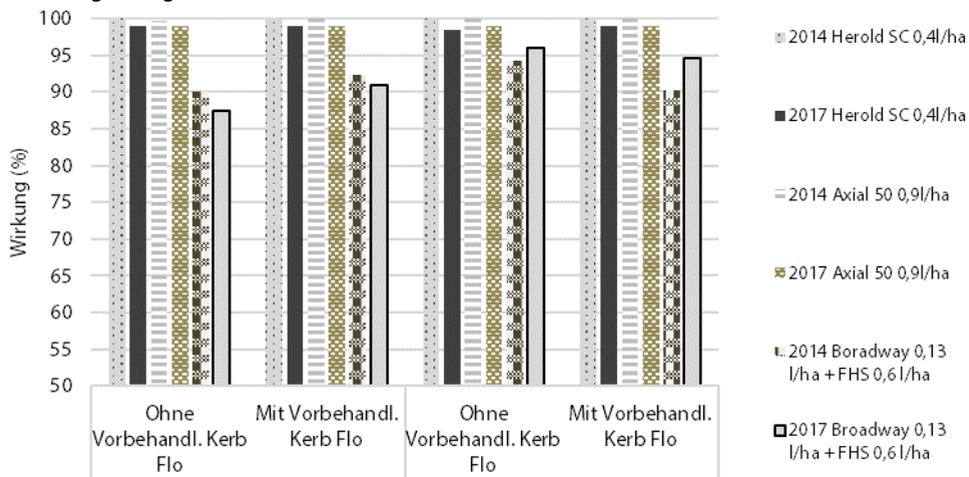


Abb. 3 Einfluss drei verschiedener Getreideherbizide auf den Besatz mit Windhalm in den Jahren 2014 und 2017 in Abhängigkeit von der vorangegangenen Bodenbearbeitung und der Behandlung mit Kerb Flo.

Fig. 3 Influence of the application of cereal herbicides on the *Apera spica-venti* population density in the years 2014 and 2017 in relation to earlier tillage and the application of Kerb Flo.

Diskussion

Aufgrund der hohen Windhalmdichte in den Kontrollen 2017 ist es nicht gelungen, die Fläche allein mit Hilfe eines einmaligen Pfluges und der Behandlung mit und ohne Kerb Flo (Propyzamid) zu sanieren. Es sind dafür weitere Herbizidbehandlungen in Jahren mit Weizenanbau notwendig, um die Fläche von Windhalm zu sanieren. Durch den einmaligen Pflugeinsatz, auf der langjährig nicht gepflügten Fläche, wurde ein Großteil der sich im Boden befindlichen Windhalmsamen auf die Pflugtiefe von ca. 25cm vergraben, was die starke Reduktion des Windhalmbesatzes in den Jahren 2013, 2014 und 2015 zeigte. Die Lebensdauer von Windhalmsamen im Boden wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben. Dennoch werden häufig Werte von 1-4 Jahren genannt (LALLF M-V, 2017). Der starke Anstieg des Windhalmbestandes in den jeweiligen Kontrollen im Jahr 2017 kann anhand des Samenpotentials begründet werden, da eine Pflanze zwischen 2000 bis 12000 Samen produzieren kann (LFL BAYERN, 2017). In den Kontrollen gab es kein Jahr, in dem der Windhalm nicht auftrat. Auch die Verbreitung mit dem Wind von Samen aus Nachbarparzellen ist nicht auszuschließen. Die Ergebnisse zeigen, dass einmaliges Pflügen zwar in den Folgejahren den Windhalm reduziert, aber die Bestandesdichte mit den Jahren wieder zunimmt. So kann nach einer gewissen Zeit, in der die Samen im Boden die Keimfähigkeit verlieren, über ein erneutes Pflügen nachgedacht werden.

Für die Praxis sind jedoch noch weitere Faktoren zu berücksichtigen, um den Windhalmbesatz gering zu halten. Dabei ist die Fruchtfolge, die bei diesem Versuch nur aus Winterungen besteht, nicht außer Acht zu lassen. Durch den Anbau von Sommerungen hätte der Windhalm, welcher ein bevorzugter Herbstkeimer ist, nur begrenzte Entwicklungsmöglichkeiten (KOCH, 1970). In Deutschland hat jedoch der Anbau von Wintergetreide, vorwiegend der Winterweizen mit einer Fläche von 3,16 Millionen Hektar im Jahr 2017, weitaus mehr Bedeutung als der Anbau von Sommerkulturen. 2017 betrug die Fläche mit angebautem Sommergetreide 0,53 Millionen Hektar (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017). Der Saatzeitpunkt sollte beim Anbau von Wintergetreide möglichst spät erfolgen, weil somit die Gefahr der starken Verunkrautung mit Windhalm verringert wird (KOCH, 1970). Zusätzlich kann durch den Abbau von Sommergetreide der Windhalm im

günstigsten Fall sich nicht aussamen, da dieser zum Zeitpunkt einer frühen Ernte nicht vollständig reife Samen gebildet hat.

Aufgrund der vorherrschenden Resistenzsituation des Windhalm, ist ein Resistenzmanagement hinsichtlich des Wirkstoffwechsels wichtig. Bislang wurden deutschlandweit beim Windhalm Resistenzen gegen Wirkstoffe aus der Gruppe der ALS- (HRAC: B) und Photosynthese Hemmer (HRAC: C), sowie Wirkstoffe aus der Gruppe der ACCase Hemmer (HRAC: A) diagnostiziert (BAYER CROPSCIENCE DEUTSCHLAND GMBH, 2017). Da auch auf der Fläche des Versuches eine ALS Resistenz vorherrscht, ist der Einsatz von Kerb Flo (HRAC: K1) in der Fruchtfolge im Raps ist empfehlenswert, vor allem, wenn nicht gepflügt wird, um den Windhalmbesatz zu unterdrücken und einen Wirkstoffwechsel in der Fruchtfolge durchzuführen. Auch der Vergleich der übrig gebliebenen Windhalmpflanzen im Raps nach der Anwendung von Kerb Flo zeigt die positive Wirkung von Kerb Flo, wobei man im Raps das Windhalmpotential eines Standortes im Vergleich zum Wintergetreide erkennt (NIEHOFF, 2015).

Allgemein gilt, wenn ALS- und ACCase-Hemmer, welche im Frühjahr angewendet werden können, auf bestimmten Flächen nicht mehr wirken, gibt es keine Möglichkeit, den Windhalm im Frühjahr zu bekämpfen (NIEHOFF, 2015). Herbizidapplikationen in den Jahren mit Weizenanbau sollten deshalb möglichst nicht aus Wirkstoffgruppen der ALS- und ACCase-Hemmer kommen. Empfehlenswert ist das Getreideherbizid Herold SC (Diflufenican und Flufenacet) aus der Gruppe der Zellwachstumshemmer (HRAC: K), welches in dem Versuch gute Wirkungen erzielt hatte. Auch der Einsatz von Bacara Forte (HRAC: F) zeigte gute Wirkungserfolge, vor allem in der Pflugvariante. Generell ist die Herbstbehandlung mit Bodenherbiziden in Wintergetreide wesentlich geringer resistenzgefährdeter als die Frühjahrsanwendung (NIEHOFF, 2015).

Literatur

BAYER CROPSCIENCE DEUTSCHLAND GMBH, Unkraut-Resistenz in Deutschland, unter:

<https://agrar.bayer.de/Aus%20der%20Praxis/Resistenz/Basis%20Wissen/Unkraut-Resistenz%20in%20Deutschland.aspx> (abgerufen am 22.08.2017).

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL), Unkraut-Steckbrief Windhalm, unter: https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/u_steckbriefe/053951/index.php (abgerufen am 22.08.2017).

KOCH, W., 1970: Unkrautbekämpfung. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 53, 87, 90.

LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LALLF M-V), Ungras: Gemeiner Windhalm, unter: <http://www.lallf.de/Windhalm-Gemeiner.550.0.html> (abgerufen am 22.08.2017).

NIEHOFF, T., 2015: Windhalm auf Problemstandorten bekämpfen, Getreidemagazin 5/2015, 23-29.

STATISTISCHES BUNDESAMT, Pressemitteilung vom 17. Mai -163/17 unter:

https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2017/05/PD17_163_412.html (abgerufen am: 17.08.2017).