Sektion 8: Gewässerschutz
Session 8: Water protection

Strategien zum Herbizideinsatz in Winterraps in wassersensiblen Gebieten

Strategy for use of herbicides in regions of water conservation

Bernhard Werner[1*], Lisa Köhler[2], Goßwinth Warnecke-Busch[2], Dirk Michael Wolber[2]

[1]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Hannover, Wunstorfer Landstraße 11, 30453 Hannover,
[2]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover
*Korrespondierender Autor, bernhard.werner@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.067

Zusammenfassung

In Niedersachsen lassen sich zunehmend Abbauprodukte einiger Rapsherbizide im Grundwasser nachweisen. Dabei handelt es sich vorrangig um nicht relevante Metabolite. Um den Wirkstoffeintrag in wassersensiblen Gebieten zu reduzieren, werden in Feldversuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen verschiedene Herbizidstrategien geprüft. Aufgrund neuerer Zulassungen der letzten Jahre besteht inzwischen die Möglichkeit, auch im Winterraps Unkräuter gezielt im Nachauflauf zu bekämpfen, bei gleichzeitigem Verzicht auf den Wirkstoff Metazachlor.

Mit dem ausschließlichen Einsatz von Herbiziden im Nachauflauf ist eine gezielte Unkrautbekämpfung unter Berücksichtigung von Schadensschwellen möglich. Zusätzlich wird eine Wirkstoffrotation empfohlen. Verfahren zur mechanischen Unkrautbekämpfung in Winterraps werden aktuell auf ihre Praktikabilität geprüft.

Stichwörter: Herbizid, Unkrautbekämpfung, Wasserschutz, Winterraps

Abstract

In Lower-Saxony an increasing number of degradation products from herbicides that are used for weed control in winter oil seed rape can be found in the groundwater. These are predominantly non relevant metabolic intermediates. To decrease the input of active ingredients to groundwater in endangered zones field trials for different herbicides strategies were carried out by the Agricultural Chamber Lower Saxony. As a result of new admissions for crop protection products it is possible to control weeds in oil seed rape after sproud without using Metazachlor-products.

After rising of the plants it is possible to use selective herbicides for controlling the weeds while paying attention to the damage threshold of the weeds. Additionally it is recommended to change active substances in the used products. The practicality of mechanical weed control is currently examined.

Keywords: Herbicide, water conservation, weed control, winter oilseed rape

Einleitung

Der Einsatz von Herbiziden gehört zu den Standardmaßnahmen im Winterraps, obwohl der Winterraps über ein hohes Potential zur Unkrautunterdrückung verfügt. Gründe sind einerseits die Ausbreitung von sogenannten Problemunkräutern, also im Raps schwer bekämpfbare Unkrautarten (Broschewitz et al., 1998; Sieberhein et al., 2001; Goerke et al., 2008) und andererseits gibt es eine hohe Behandlungsquote im Vorauflauf, da lange Zeit nur wenige wirksame Nachauflaufherbizide, die Voraussetzung für eine gezielte Bekämpfung sind, zur Verfügung standen.

Infolge intensiver Herbizideinsätze im Raps in den letzten Jahrzehnten finden sich in Niedersachsen zunehmend Wirkstoffe bzw. deren Metabolite im Grundwasser. Dabei handelt es sich in der Regel um nicht relevante Metabolite von Metazachlor, Dimethachlor oder auch Dimethenamid (Jankowski und Roskam, 2015).

Um zukünftig die Ausbringung dieser Wirkstoffe auf Böden in wassersensiblen Gebieten zu vermeiden, führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen seit mehreren Jahren in einem

intensiven Versuchsprogramm Feldversuche durch, in denen Behandlungsalternativen zu den genannten Wirkstoffen getestet werden. Die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse mündet in gezielten Beratungsempfehlungen und in Vereinbarungen landwirtschaftlicher Betriebe mit Wasserversorgern, z. B. zur Reduktion der auszubringenden Metazachlormengen oder sogar zu einem kompletten Verzicht auf diesen Wirkstoff. Konzepte zur Wirkstoffrotation in Rapsfruchtfolgen wurden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen erarbeitet. Ebenfalls zeigen diese Versuche Möglichkeiten der gezielten Unkrautbekämpfung im reinen Nachauflaufverfahren auf. Diese sind Grundvoraussetzung für die gezielte Anwendung von Schadensschwellen. Entsprechende Konzepte werden den Landwirten in Absprache mit den örtlichen Wasserversorgern angeboten. Ebenfalls bestehen in Niedersachsen gemeinsame Bestrebungen der Landwirtschaftskammer und einiger Wasserversorger, die mechanische Unkrautbekämpfung auch im Raps in wassersensiblen Gebieten zu etablieren.

Material und Methoden

Für die Beurteilung verschiedener Herbizidstrategien bezüglich ihrer Eignung in Wasserschutzgebieten wurden 28 Feldversuche aus 2 verschiedenen Versuchsserien der Landwirtschaftskammer Niedersachsen aus den Jahren 2015/16 bis 2018/19 ausgewertet und zusammengefasst. Serie 1 ist das Gemeinschaftsprogramm (GMP) Wasserschutz und Serie 2 beinhaltet orientierende Mittelprüfungen (OMP) zur Wirkungsbeurteilung des Herbizides Belkar. Die Anlage der Versuche in Streulage erfolgte als randomisierte Blockanlage mit jeweils 4 Wiederholungen. Die Bonitur erfolgte nach der EPPO-Richtline PP 1/49(2). Eine Beerntung der Versuche wurde vereinzelt durchgeführt. Zur Anwendung kamen Vor- und Nachauflaufherbizide, Spritzfolgen und Tankmischungen. Die in die Auswertung einbezogenen Herbizide und Wirkstoffgehalte zeigt Tabelle 1.

Tab. 1 Übersicht der geprüften Herbizide mit Wirkstoffkonzentrationen.

Tab. 1 *Tested herbicides and their active ingredients.*

Handels- Bezeichnung	1. Wirkstoff (g/l)		2. Wirkstoff (g/l)		3. Wirkstoff (g/)	
Belkar	Picloram	(48)	Halauxifen-methyl	(10)		
Butisan Gold	Metazachlor	(200)	Dimethenamid-P	(200)	Quinmerac	(100)
Colzor Uno	Dimethachlor	(500)				
Gamit 36 CS / AMT	Clomazone	(360)				
Fox	Bifenox	(480)				
Nimbus Komplett	Metazachlor	(200)	Dimethenamid-P	(200)	Clomazone	(40)
Quantum	Pethoxamid	(600)				
Runway	Aminopyralid	(40)	Clopyralid	(240)	Picloram	(80)
Stomp Aqua	Pendimethalin	(455)				
Synero 30 SL / Runway VA	Aminopyralid	(30)				
Tanaris	Quinmerac	(167)	Dimethenamid-P	(333)		

Berechnet wurde die Wirksamkeit der Bekämpfungsverfahren auf der Basis ihrer mittleren Wirkungsgrade. Desweiteren werden die Spannweiten zwischen der minimalen und maximalen Wirkung dargestellt. Erfasst wurden alle dikotylen Unkrautarten. Eine Rangfolge wurde auf der Basis der relativen Häufigkeit ihres Auftretens bezogen auf die Gesamtheit aller Versuchsstandorte aufgestellt.

Ergebnisse

Die 28 in der Auswertung berücksichtigten Feldversuche wurden an den Bezirksstellen (AUR, BS, BRV, CLP, H, NI, NOM, UE) und beim Pflanzenschutzamt (PSA-P5) der Landwirtschaftskammer Niedersachsen angelegt. Zuerst wurde das Unkrautspektrum in den Versuchen geprüft, um ableiten zu können, welche Arten einen bekämpfungswürdigen Umfang hatten. Tabelle 2 zeigt die relative Häufigkeit (Stetigkeit) der bonitierten Arten. Die einzelnen Arten wurden teilweise zu Gruppen zusammengefasst. Die häufigsten Arten waren *Viola arvensis*, *Matricaria spp.*, *Stellaria media* und *Geranium spp.*, auch *Capsella bursa pastoris*, *Myosotis arvensis* und *Sisymbrium officinale* traten mit

einer Stetigkeit von 28,6 % relativ häufig auf. Berücksichtigt werden muss dabei, dass die Standorte für eine Wirkungsprüfung häufig aufgrund des Auftretens bestimmter Unkrautarten gezielt ausgesucht werden.

Tab. 2 Auftreten dikotyler Unkrautarten in 28 Feldversuchen (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2016 bis 2019) und die relative Häufigkeit (%) ihres Auftretens.

Tab. 2 *List of weed species found in 28 field trails (Agricultural Chamber Lower Saxony 2016 – 2019) and their relative frequency of occurrence (%).*

Unkrautart	**relative Häufigkeit (%)**		**Unkrautart**	**relative Häufigkeit (%)**	
Viola arvensis	(VIOAR)	78,6	*Thlaspi arvense*	(THLAR)	10,7
Matricaria spp.	(MATSS)	64,3	*Chenopodium album*	(CHEAL)	7,1
Stellaria media	(STEME)	46,4	*Fumaria officinale*	(FUMOF)	7,1
Geranium spp.	(GERSS)	35,7	*Galium aparine*	(GALAP)	7,1
Capsella bursa-pastoris	(CAPBP)	28,6	*Mercurialis annua*	(MERAN)	7,1
Myosotis arvensis	(MYOAR)	28,6	*Aethusa cynapium L.*	(AETCY)	3,6
Sisymbrium officinale	(SSYOF)	28,6	*Aphanes arvensis*	(APHAR)	3,6
Veronica spp.	(VERSS)	17,9	*Centaurea cyanus*	(CENCY)	3,6
Papaver rhoeas	(PAPRH)	14,3	*Senecio vulgaris*	(SENVU)	3,6
Lamium spp.	(LAMSS)	10,7	*Trifolium alexandrinum*	(TRFAL)	3,6

Dieses dargestellte Unkrautspektrum stellt die Bewertungsbasis für die 2 verschiedenen Versuchsserien GMP Wasserschutz und OMP Belkar dar.

Schwerpunkt der Serie 1 – GMP Wasserschutz ist die Prüfung von Varianten ohne den Wirkstoff Metazachlor. Lediglich in den Varianten: Butisan Gold und Nimbus Komplett wurde eine reduzierte Menge von 500 g/ha Metazachlor appliziert, wobei die Variante: Butisan Gold in beiden Serien als gängiger Standard und Vergleichsmittel angewendet wurde.

Abbildung 1 und 2 zeigen für 10 Unkrautarten die Frühjahrsbonituren des GMP Wasserschutz von 2016 – 2019. Der metazachlorhaltige Standard Butisan Gold zeigt als Vorauflauf (VA)-Spritzung eine breite Wirkung mit Wirkungsschwächen bei *V. arvensis*, *S. officinale* und *P. rhoeas*. Die breiteste Wirkung der metazachlorfreien Varianten hat die Spritzfolge Quantum + Stomp Aqua (VA) mit Runway + Fox (NA), die beste Wirkung gegen *S. officinale* hat die clomazonehaltige Spritzfolge Gamit 36 AMT / Runway. Die reine Nachauflaufvariante Runway + Fox erreicht gegen alle geprüften Unkrautarten mittlere Wirkungsgrade von > 50 %, gegen 5 Unkrautarten sogar Wirkungsgrade > 90 %.

Ab 2018-2019 wurde das GMP Wasserschutz aufgrund verschiedener Neuzulassungen (z.B. Colzor Uno, Tanaris, Nimbus Komplett und Belkar) umgestellt. Dargestellt werden in Abb. 3 die Ergebnisse der Frühjahrsbonitur 2019, allerdings vorerst nur für 4 häufig auftretende Unkrautarten. Die beste Wirkung gegen *S. officinale* erzielen auch hier die clomazonehaltigen Varianten: Nimbus Komplett und Colzor Uno (VA) / Runway + Fox (NA). Die breiteste Wirkung zeigt ebenfalls die Kombination Colzor Uno (VA) / Runway + Fox (NA) gefolgt von der reinen Nachauflaufspritzfolge: Belakar + Runway VA (=Synero) / Belkar. Diese clomazone- und metazachlorfreie Nachauflaufvariante zeigt lediglich bei *S. officinale* schwankende Wirkungsgrade zwischen 49 und 85 %.

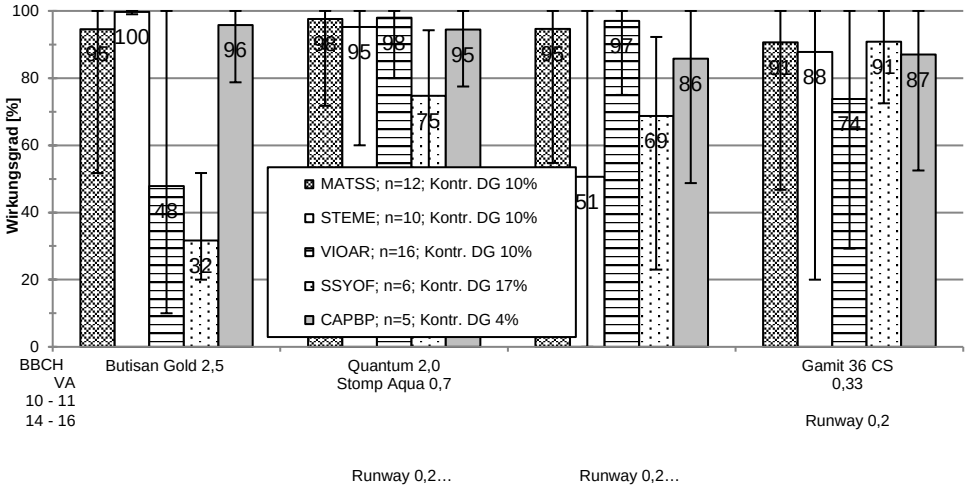


Abb. 1 Unkrautbekämpfung in Winterraps – GMP Wasserschutz 2016 – 2019 (Frühjahrsbonitur, n = 21).

Fig. 1 *Weed control in winter oilseed rape – GMP water conservation 2016 – 2019 (n = 21).*

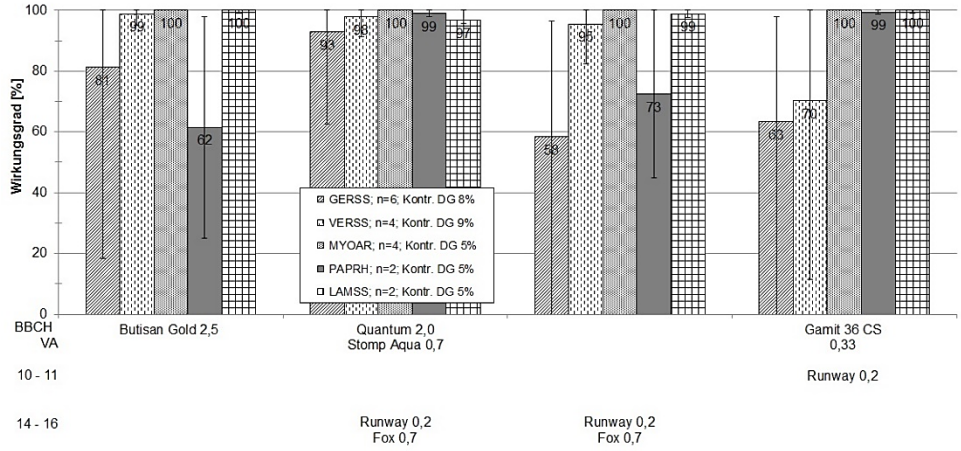


Abb. 2 Unkrautbekämpfung in Winterraps – GMP Wasserschutz 2016 – 2019 (Frühjahrsbonitur, n = 21).

Fig. 2 *Weed control in winter oilseed rape – GMP water conservation 2016 – 2019 (n = 21).*

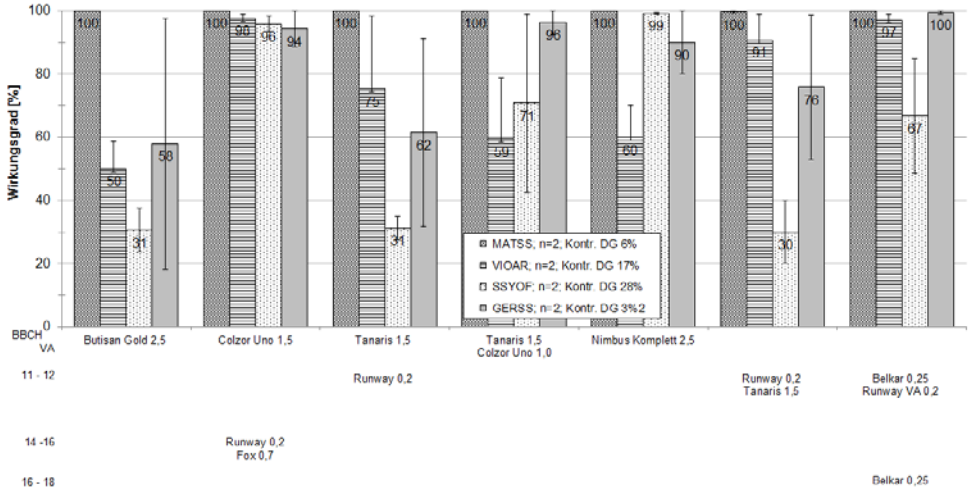


Abb. 3 Unkrautbekämpfung in Winterraps – GMP Wasserschutz 2019 (Frühjahrsbonitur, n = 4).

Fig. 3 *Weed control in winter oilseed rape – GMP water conservation 2019 (n = 4).*

Für die gezielte Anwendung von Herbiziden nach Bekämpfungsschwellen ist die Verfügbarkeit von wirksamen Nachauflaufverfahren von großer Bedeutung. Unter diesem Aspekt wurden 7 orientierende Mittelprüfungen zur Wirkungsbeurteilung von Belkar aus den Jahren 2017-2018 und 2018-2019 zusammengefasst (Abb. 4 und 5). Behandlungsvarianten mit Belkar werden mit dem Standard Butisan Gold (VA-Anwendung) verglichen, 10 Unkrautarten wurden in die Bewertung einbezogen.

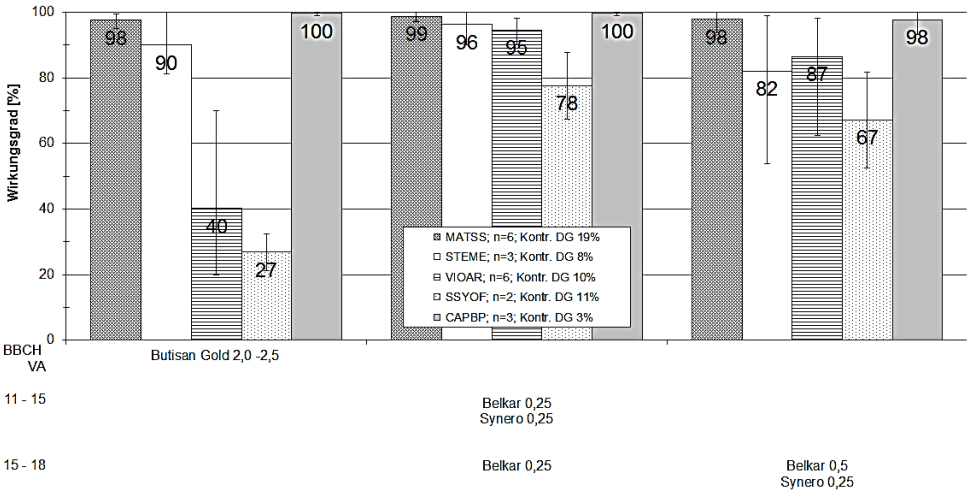


Abb. 4 Wirkungsbeurteilung des Herbizids Belkar in Winterraps 2018 - 2019 (Frühjahrsbonitur, n = 7).

Fig. 4 *Efficacy of the herbicide Belkar in winter oilseed rape 2018 - 2019 (n = 7).*

Der Standard Butisan Gold zeigt eine breite Wirkung mit Wirkungsschwächen bei *V. arvensis* und *S. officinale*. Die Anwendung von Belkar + Synero erzielt in beiden Varianten generell hohe Wirkungsgrade, wobei die größere Wirkungssicherheit in der Splittinganwendung: Belkar + Synero gefolgt von Belkar erzielt wird. Lediglich bei der Bekämpfung von *Veronica spp*. werden mit 69 % bzw. 60 % etwas schlechtere Wirkungsgrade erzielt als bei Butisan Gold.

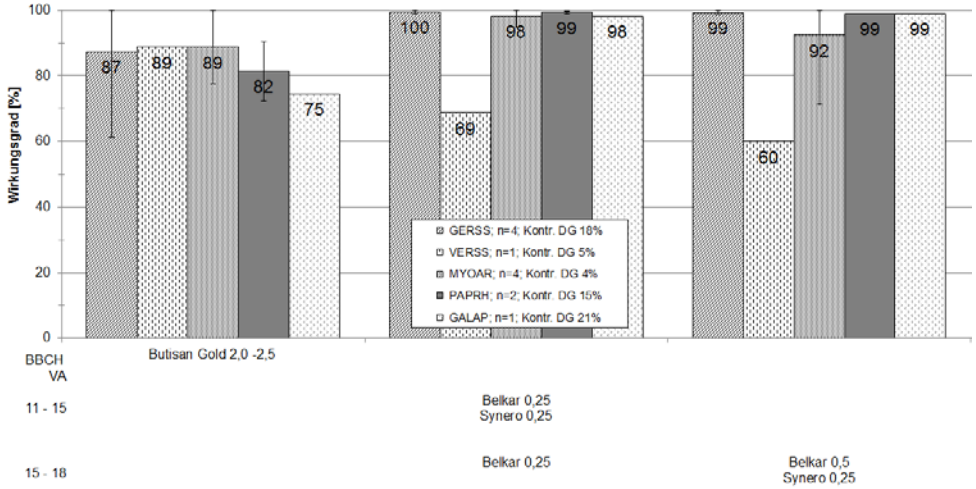


Abb. 5 Wirkungsbeurteilung des Herbizids Belkar in Winterraps 2018 - 2019 (Frühjahrsbonitur, n = 7).

Fig. 5 *Efficacy of the herbicide Belkar in winter oilseed rape 2018 - 2019 (n = 7).*

In Verbindung mit der Frage der gezielten Unkrautbekämpfung in Winterraps in wassersensiblen Gebieten wurde in den Jahren 2018 und 2019 auch die gezielte Anwendung von Schadensschwellen und der Einsatz mechanischer Verfahren zur Unkrautbekämpfung geprüft. Hier liegen aber noch keine belastbaren Daten vor.

Diskussion und Ausblick

Mögliche Belastungen des Grundwassers durch Abbauprodukte von Pflanzenschutzmitteln führen zu erheblichen Diskussionen bzw. Sorgen bei Wasserversorgungsunternehmen. In Niedersachsen und auch in anderen Bundesländern werden sowohl relevante als auch nicht relevante Metabolite und zum Teil auch Wirkstoffe im Grundwasser nachgewiesen. Insbesondere herbizide Wirkstoffe spielen hierbei eine bedeutende Rolle. Ein Zusammenhang zwischen der Anbauhäufigkeit bestimmter Kulturen, z. B. Mais, Zuckerrübe oder Raps und den Funden von bestimmten Wirkstoffmetaboliten wird dabei deutlich. Infolge intensiver Herbizidanwendungen in Raps in den letzten Jahrzehnten lassen sich in Niedersachsen im Grundwasser zunehmend Rückstände von Rapsherbiziden nachweisen. Dabei handelt es sich in der Regel um nicht relevante Metabolite der Wirkstoffe Metazachlor, Dimethachlor oder auch Dimethenamid (JANKOWSKI und ROSKAM, 2015), auch in anderen Bundesländern werden entsprechende Funde gemeldet (LANDSCHREIBER, 2019).

Verwunderlich ist prinzipiell die hohe Behandlungsintensität mit Herbiziden im Winterraps. Die Behandlungsindices sind in den letzten Jahren sogar leicht steigend (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018) und bundesweit inzwischen etwas höher als im Winterweizen. Dabei verfügt der konkurrenzstarke Winterraps über ein hohes Unkrautunterdrückungspotential, ein wesentlicher Anteil der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen ist in dieser Kultur unwirtschaftlich (DINGEBAUER, 1990; WAHMHOFF, 1990; MUNZEL et al., 1992; SCHRÖDER et al., 2008). Als Argument für eine Unkrautbekämpfung in Raps werden neben unkrautverursachter Ertragsverlust auch mögliche Erntebehinderungen angeführt, die durch sogenannte Problemunkräuter (BROSCHEWITZ et al., 1998; SIEBERHEIN et al., 2001; GOERKE et al., 2008) verursacht werden, die in ihrer Häufigkeit zunehmen. Das Auftreten einzelner Unkrautarten ist regional unterschiedlich (HANZLIK und GEROWITT, 2012) und hängt auch wesentlich von pflanzenbaulichen Faktoren wie z. B. der Bodenbearbeitung (WERNER, 1999; HANZLIK und GEROWITT, 2010; ENGGIST, 2019) ab.

Unbedingt sinnvoll ist daher im konkurrenzstarken Winterraps nur eine gezielte Anwendung von Herbiziden. Dafür werden aber geeignete Nachauflaufverfahren benötigt, die im Raps lange Zeit

nicht zur Verfügung standen. Dieses hat sich in den letzten Jahren geändert. WERNER (2014) weist in seinen Auswertungen auf wirksame Nachauflaufverfahren im Raps hin. Neuzulassungen der letzten Jahre wie z. B. Tanaris (BESSAI et al., 2016), Belkar (ZOTZ et al., 2018a) oder Korveta (ZOTZ et al., 2018b), der aktuelle Handelsname von Korveta ist Korvetto, erweitern hier die Möglichkeiten, sowohl Herbizidmaßnahmen ohne den Wirkstoff Metazachlor als auch Maßnahmen im Nachauflauf im Raps gezielt durchzuführen. Insbesondere die eigenen Versuche zeigen die gute Wirkung des neuen Herbizids Belkar und seine gute Anwendbarkeit für gezielte Nachauflaufverfahren auf.

Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen ist in vielen Wasserschutzgebieten des Bundeslandes in die Pflanzenschutzberatung eingebunden. In intensiven Diskussionen mit den verschiedenen Wasserversorgern wurden unterschiedliche Lösungsansätze zur Reduktion von Pflanzenschutzmittelanwendungen und zur Verminderung von Wirkstoffeinträgen in den Boden in Bereichen, die der Wassergewinnung dienen, erarbeitet. Bei der Unkrautbekämpfung im Raps steht auf Wunsch der Wasserversorger an erster Stelle die Reduktion bzw. der Verzicht auf den Wirkstoff Metazachlor. Eine Beschränkung der auszubringenden Wirkstoffmenge auf maximal 500 g/ha wurde breit in die Beratungsempfehlungen aufgenommen und lässt sich in der Praxis gut umsetzen. Ein kompletter Verzicht auf Metazachlor wird in Wassergewinnungsgebieten teilweise durch freiwillige Vereinbarungen der Kooperationslandwirte mit den Wasserversorgern erreicht. Landwirte bekommen dann in der Regel Ausgleichszahlungen für den Mehraufwand für alternative Bekämpfungsverfahren. Diese Verfahren wurden in umfangreichen Versuchen der Landwirtschaftskammer mehrjährig auf ihre Wirksamkeit und Praktikabilität geprüft. Wichtig ist es aber auch, dass bei einem gezielten Verzicht auf einen Wirkstoff dieser nicht durch nur einen anderen Wirkstoff substituiert wird, da dann zukünftig ein Nachweis des Substituenten im Grundwasser zu erwarten ist. Daher sollte immer eine Wirkstoffrotation durchgeführt werden, wie sie WOLBER (2019) für den Raps beschreibt.

Ein weiterer wichtiger Ansatz ist im Raps die gezielte Anwendung von Schadensschwellen um die auszubringende herbizide Wirkstoffmenge zu reduzieren. Mögliche Nachauflaufverfahren prüfte WERNER bereits 2014, die dort aufgezeigten Möglichkeiten werden durch zum Teil bereits oben genannte aktuelle Neuzulassungen erweitert. In den drei niedersächsischen Wasserschutzgebieten: Riesbachtal, Hohenholz und Grasdorf wird seit 2017/18 die Anwendung von Schadensschwellen propagiert und seit 2018/19 ebenfalls als freiwillige Vereinbarung angeboten. Die Vereinbarung beinhaltet die Unkrauterfassung durch einen Berater der Landwirtschaftskammer, die Berechnung möglicher wirtschaftlicher Schäden mit dem Schadensschwellenmodell nach WERNER und HEITEFUSS (1997) und eine damit verknüpfte konkrete Behandlungsempfehlung.

Ein dritter Ansatz zur Reduktion von Herbizidanwendungen im Raps in Wasserschutzgebieten ist die Anwendung mechanischer Verfahren. Zu diesem Thema liegen bisher wenige Erfahrungen vor. NILSSON et al. (2014) beschreibt die Anwendung der Reihenhacke gekoppelt mit einer Bandspritze im Sommerraps. Eine entsprechende Anwendung im Winterraps würde auch dort die Ausbringung der Herbizidmengen verringern. Erste Tastversuche wurden in den Jahren 2018/19 und 2019/20 durchgeführt bzw. angelegt. Belastbare Daten liegen zu diesem Thema noch nicht vor. Schwierigkeiten ergaben sich bisher entweder durch hohe Strohauflagen im Rapsbestand, schwierige Witterungsverhältnisse oder die nicht termingereichte Verfügbarkeit der entsprechenden Technik.

Schwerpunkt der Pflanzenschutzberatung in wassersensiblen Gebieten bleibt daher vorerst die Reduktion des Wirkstoffes Metazachlor unter Berücksichtigung eines regelmäßigen Wirkstoffwechsels (Wirkstoffrotation) im Raps und die Anwendung von Schadensschwellen, um die Herbizidausbringung im Raps auf das notwendige Maß zu reduzieren.

Literatur

BESSAI, J., H. BREMER, S. SCHLÄFER, A. SCHÖNHAMMER, H. VANTIEGHEM, 2016: Tanaris®, das neue Bodenherbizid im Winterraps für den Vor und Nachauflauf. Julius-Kühn-Archiv **452**, 318-326.

BROSCHEWITZ, B., D. AMELUNG, E. ERICHSEN, 1998: Zur Verbreitung und Bekämpfung von Problemunkräutern im Winterraps. J. Plant. Dis. Protect. Special Issue **XVI**, 645-648.

DACHBRODT-SAAYDEH, S., J. SELLMANN, J. STRASSEMEYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, S. KRENGEL, H. KEHLENBECK, 2018: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz - Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2016. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut **194**, 129 S.

DINGEBAUER, G., 1990: Untersuchung zur tolerierbaren Verunkrautung in Winterrapskulturen. J. Plant. Dis. Protect. Special Issue **XII**, 315-328.

ENGGIST, A., 2019: Untersaaten als Herbizidersatz? LOP **7**, 35-41.

GOERKE, K., U. RICHTER, M. SCHULTE, B. GEROWITT, 2008: Regionale Unterschiede in der Rapsunkrautflora Deutschlands. Gesunde Pflanzen **60**, 151-158.

HANZLIK, K., B. GEROWITT, 2010: Verändern pfluglose Bodenbearbeitung und Frühsaaten die Unkrautvegetation im Winterraps? Gesunde Pflanzen **62**, 1-9.

HANZLIK, K., B. GEROWITT, 2012: Occurence and distribution of important weed species in German winter oilseed fields. J. Plant Dis. Protect. **119 (3)**, 107-120.

JANKOWSKI, A., A. ROSKAM, 2015: Themenbericht Pflanzenschutzmittel – Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser. Hrsg: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Grundwasser Band **23**, 61 S.

LANDSCHREIBER, M., 2019: Ungräser im Raps effektiv bekämpfen. LOP **7**, 16-27.

MUNZEL, L., W. WAHMHOFF, R. HEITEFUSS, 1992: Überprüfung und Weiterentwicklung eines Schadensschwellenmodells zur gezielten Unkrautbekämpfung im Winterraps. J. Plant. Dis. Protect. Special Issue **XIII**, 205-214.

NILSSON, A.T.S., A. LUNDKVIST, T. VERWIJST, M. GILBERTSSON, P.-A. ALGERBO, D. HANSSON, A. ANDERSSON, P. STAHL, M. STENBERG, 2014: Integrated control of annual weeds by inter-row hoeing and intr-row herbicide treatment in spring oilseed rape. Julius-Kühn-Archiv **443**, 746-750.

SIEBERHEIN, K., R. DITTRICH, M. LUKOSZEK, 2001: Verunkrautung von Winterraps im Freistaat Sachsen und Versuchsergebnisse zur chemischen Unkrautbekämpfung in Winterraps. Gesunde Pflanzen **2**, 48-52.

SCHRÖDER, G., E. MEINELSCHMIDT, B. KRÜGER, E. BERGMANN, R. BALGHEIM, 2008: Neue Möglichkeiten bei der Unkrautbekämpfung in Winterraps – ein Beitrag zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes in der landwirtschaftlichen Praxis. J. Plant. Dis. Protect. Special Issue **XXI**, 483-492.

WAMHOFF, W., 1990: Unkrautbekämpfung in Winterraps – Auswertung von Herbizidversuchen aus den Jahren 1971 bis 1988. J. Plant. Dis. Protect. Special Issue **XII**, 329-338.

WERNER, B., 1999: Vier Jahre bundesweite Gemeinschaftsversuche zur gezielten Unkrautbekämpfung im Winterraps mit dem Göttinger Schadensschwellenmodell. J. Plant. Dis. Protect. **106 (1)**, 33-45.

WERNER, B., 2014: Möglichkeiten der gezielten Nachauflaufbekämpfung von Unkräutern im Winterraps. Julius-Kühn-Archiv **443**, 662-670.

WERNER, B., R. HEITEFUSS, 1997: Möglichkeiten der überregionalen Anwendung des Göttinger Schadensschwellenmodells zur gezielten Unkrautbekämpfung im Winterraps. Nachrichtenblatt deutscher Pflanzenschutzdienst **49**, 191-200.

WOLBER, D., 2019: Rapsherbizide zur Saison 2019. Raps **3**, 24-35.

ZOTZ, A., U. BERNHARD, J. BONIN, 2018a: BELKAR™ – a new herbicide for the control of a wide range of broadleaf weeds in winter oilseed rape applied post-emergence in autumn. Julius-Kühn-Archiv **458**, 345-349.

ZOTZ, A., U. BERNHARD, J. BONIN, 2018b: KORVETA™ – a new herbicide for the control of a wide range of broadleaf weeds in winter oilseed rape applied in spring. Julius-Kühn-Archiv **458**, 359-362.