

## **Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Verunkrautung in einem Dauerfeldversuch**

*Influence of tillage system on the weed infestation in a long-term field trial*

**Jürgen Schwarz\* und Bernhard Pallutt**

Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Deutschland

\*Korrespondierender Autor, juergen.schwarz@jki.bund.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.016

### **Zusammenfassung**

Die pfluglose Bodenbearbeitung nahm in den letzten Jahren in Deutschland auf fast 40 % der Anbaufläche stark zu. Durch den Verzicht des Pflügens wird im Allgemeinen eine Zunahme der Verunkrautung beobachtet. Gleichzeitig nimmt der Einsatz von Herbiziden bei pflugloser Bewirtschaftung zu. Die langfristigen Auswirkungen der pfluglosen Bodenbearbeitung hinsichtlich Unkrautauflauf und Herbizidanwendung werden in einem Dauerversuch in Dahnsdorf (Bundesland Brandenburg) untersucht. Die Anwendung von Glyphosat zur Saatbettbereitung muss dabei nicht zwangsläufig erfolgen, sondern in Abhängigkeit von den Auflaufbedingungen der Unkräuter und der Vorkultur; so war zum Beispiel im Erntejahr 2010 gar kein Einsatz nötig. Die Bekämpfung des Getreidedurchwuchses im Winterraps in den pfluglosen Varianten erforderte in 6 von 7 Jahren den Einsatz von Graminiziden. Der Unkrautauflauf wird primär durch die vorhergehende Fruchtfolge (Marktfrucht mit 67 % Getreide oder Futterbau mit 50 % Getreide) und die Intensität der Herbizidanwendung bestimmt. Erst nach vier Jahren zeigt sich der Einfluss der pfluglosen Bodenbearbeitung auf das Auflaufverhalten der dikotylen Unkräuter. Der Auflauf wird durch die nicht-wendende Bodenbearbeitung gefördert, insbesondere in Kombination mit leicht reduzierten Herbizidaufwandmengen (Strategie IPS). Die dikotylen Unkräuter bestehen zu ca. 70 % aus den fünf Arten *Viola arvensis*, *Veronica spp.*, *Stellaria media*, *Matricaria spp.* und *Centaurea cyanus*. Bei den monokotylen Arten ist Windhalm die dominierende Art. Der Auflauf ist hier stärker von der aktuellen Jahreswitterung und insbesondere den Keimbedingungen im Herbst abhängig.

**Stichwörter:** *Apera spica-venti*, Durchwuchs, Fruchtfolge, Glyphosat, Pflug

### **Abstract**

In Germany reduced tillage (without ploughing) increased to nearly 40% of arable land. Without using a plough weed infestation generally rises. Simultaneously the use of herbicides increases. In a long-term field trial in Dahnsdorf (federal state of Brandenburg, Germany) the impact of reduced tillage on weed occurrence and herbicide use is investigated. The use of glyphosate for seedbed preparation is not always necessary, e.g. in the crop year 2010 glyphosate was not used. The use depends on the rate of weed emergence and the precedent crop. For canola the situation is different, volunteer cereal plants had to be controlled by a graminicide in 6 out of 7 years. In the first years weed emergence is determined by the former crop rotation (cash cropping with 67% cereals vs. forage cropping with 50% cereals) and the herbicide strategy. Round about after four years the influence of the reduced tillage appears in case of the dicotyledonous weeds. Emergence of these weeds is promoted by the reduced tillage especially in combination with slightly reduced herbicide amounts (strategy IPS). The species of the dicotyledonous weeds are mainly (about 70%) *Viola arvensis*, *Veronica spp.*, *Stellaria media*, *Matricaria spp.* and *Centaurea cyanus*. For *Apera spica-venti* the emergence is mainly based on the weather conditions and the germinative terms in autumn.

**Keywords:** *Apera spica-venti*, crop rotation, glyphosate, plough, volunteer crop

### **Einleitung**

In Deutschland hat die pfluglose Bodenbearbeitung in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Anbaujahr 2003/2004 wurde rund 23 % der Ackerfläche pfluglos bearbeitet, im Anbaujahr 2009/2010 rund 39 % (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011). Die Art der Bodenbearbeitung hat einen wesentlichen Einfluss auf die nachfolgende Verunkrautung, bedingt durch die Schaffung unterschiedlicher Keimbedingungen (PALLUTT und BENNEWITZ, 1996; SPRENGER *et al.*, 2002; ROLLER und ALBRECHT, 2006). In einigen Studien wird die Zunahme von Gräsern durch die nicht-wendende Bodenbearbeitung hervorgehoben (AMMAN, 1991; DITTMANN, 2012). Andererseits finden sich

Untersuchungen, welche die Zunahme monokotyle Arten nicht pauschal bestätigen können (ALBRECHT, 2004). Den Einfluss der Fruchtfolge in Verbindung mit pflugloser Bodenbearbeitung am Standort Glaubitz beschreibt PALLUTT (2010). Bei getreidebetonten Fruchtfolgen und Verzicht auf Hackfrüchte nehmen monokotyle Arten stark zu.

Aus dem Netz der Vergleichsbetriebe ist bekannt, dass die pfluglose Bodenbearbeitung mit höherem Aufwand an Herbiziden einhergeht: in Getreide ist der Behandlungsindex (BI) um rund 0,3 und in Raps um 0,6 erhöht (FREIER *et al.*, 2012).

Mittels eigener langfristiger Untersuchungen soll geprüft werden, inwieweit die pfluglose Bodenbearbeitung sich auf den Unkrautauflauf, besonders auch der Gräser und den Auflauf von Ausfallkulturen auswirkt und welche Konsequenzen sich daraus für die Intensität des Einsatzes von Herbiziden ergeben.

### **Material und Methoden**

Die Untersuchungen zum Einfluss der pfluglosen Bodenbearbeitung werden auf der Versuchsfläche Dahnsdorf des Julius Kühn-Institutes durchgeführt. Dahnsdorf liegt im südlichen Brandenburg (52.108494 N, 12.636338 E) nahe der Stadt Bad Belzig im Naturraum Hoher Fläming. Der Boden des Versuchsfeldes ist ein lehmiger Sandboden mit 57,9 % Sand, 37,5 % Schluff und 4,6 % Ton. Die Bodenwertzahl beträgt im Mittel 48 Punkte, der pH-Wert liegt bei 5,8. Die durch eine eigene Wetterstation auf dem Versuchsfeld gemessenen Werte der mittleren Jahrestemperatur (1997 – 2012) und des mittleren Jahresniederschlages betragen 9,4 °C und 599 mm. Die Region ist durch eine häufige Vorsommertrockenheit gekennzeichnet. Der Standort dürfte für rund 1/3 der Ackerflächen der Neuen Bundesländer typisch sein.

Der Dauerversuch wurde im Jahr 1995 angelegt und 12 Jahre (2 Rotationen) mit zwei unterschiedlichen Fruchtfolgen – Marktfrucht (67 % Getreide) und Futterbau (50 % Getreide) – zwei Intensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendung – situationsbezogen und 50 % von situationsbezogen – und in jeder Intensitätsstufe vier Pflanzenschutzmittelstufen – unbehandelte Kontrolle (UK), Fungizid (F), Herbizid (H) und Herbizid und Fungizid (HF) – durchgeführt. Zu weiteren Versuchsdetails siehe PALLUTT *et al.* (2010).

Seit dem Herbst 2007 wurden beide Fruchtfolgen im Rahmen einer Neuausrichtung zu Winterraps – Winterweizen – Winterroggen – Grünschnittroggen/Sorghum-Hirse – Erbsen – Triticale vereinheitlicht.

Der Faktor Grundbodenbearbeitung wurde in den Stufen „gepflügt (wendend)“ und „pfluglos (nicht-wendend)“ mit jeweils 5 Wiederholungen durchgeführt.

Die Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendung erfolgt nun in den Varianten „Gute fachliche Praxis (GFP)“ und „Integrierter Pflanzenschutz (IPS)“, wobei die Variante „GFP“ auf die ehemalige situationsbezogene und die Variante „IPS“ auf die ehemalige 50 % von situationsbezogen gelegt wurde. Im Rahmen der „Guten fachlichen Praxis (GFP)“ werden die Pflanzenschutzmittel praxisüblich unter Einbeziehung der Hinweise des amtlichen Pflanzenschutzdienstes angewandt. Bei „IPS“ erfolgt eine stärkere Berücksichtigung von Schwellenwerten, eine situationsbezogene Dosierung und eine ein- bzw. mehrfache Anwendung reduzierter Aufwandmengen (Splitting).

Innerhalb der beiden Strategien „GFP“ und „IPS“ werden die Nachwirkungen aus den vorgehenden 12 Jahren der vier Pflanzenschutzmittelstufen (H1, H, HF1 und HF) ermittelt. Dabei bedeutet „H1“ (ehemalige UK), dass hier bis Herbst 2007 kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erfolgte. Seit Herbst 2007 werden Herbizide eingesetzt, jedoch erfolgt weiterhin kein Einsatz von Fungiziden im Getreide bzw. Insektiziden in Raps/Erbsen. Ähnlich ist die Stufe „HF1“ (ehemalige F); hier erfolgte bis Herbst 2007 ebenfalls kein Einsatz von Herbiziden, jedoch wurden Fungizide in Getreide bzw. Insektizide in Raps/Erbsen eingesetzt.

In der Stufe „H“ wurden seit Versuchsbeginn immer Herbizide eingesetzt, jedoch erfolgt (seit 1996) kein Einsatz von Fungiziden im Getreide bzw. Insektiziden in Raps/Erbsen. Die Stufe HF bedeutet,

dass seit 1996 Herbizide und auch Fungizide im Getreide bzw. Insektizide in Raps/Erbsen eingesetzt werden.

Ausgedrückt als Behandlungsindex (BI) der Herbizide ergeben sich für die Strategien in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung folgende Werte: „GFP“ wendend ein BI von 1,0; „GFP“ nicht-wendend ein BI von 1,6; „IPS“ wendend ein BI von 0,8 und „IPS“ nicht-wendend ein BI von 1,3.

Nach der Ernte und der Stoppelbearbeitung wird für jede Kulturart und jedes Jahr entschieden, ob eine Behandlung der fünf pfluglosen Wiederholungen mittels Glyphosat erfolgt.

Vor der Durchführung einer Herbizidbehandlung wird in jeder einzelnen der Versuchspartellen der Unkrautauflauf nach Art und Anzahl an vier Zählstellen mit 0,25 m<sup>2</sup> Größe erfasst. Dies erfolgt meist im Herbst, teilweise bei Weizen auch im Frühjahr. Ebenfalls wird an vier Zählstellen der Getreidedurchwuchs (Triticale) im Wintertraps gezählt. Anhand der Auflaufzahlen wird über die Notwendigkeit einer Graminizidbehandlung entschieden.

Im Folgenden werden nur die immer mit Herbiziden behandelten Varianten „H“ und „HF“ betrachtet, die ehemals nicht mit Herbiziden behandelten Varianten (H1 und HF1) werden hier nicht betrachtet. Die Varianten „H“ und „HF“ werden, getrennt nach den Strategien „GFP“ und „IPS“ zusammengefasst (SCHWARZ und MOLL, 2010).

Für die weitere Betrachtung des Unkrautauflaufs wird ein Mittelwert über die Kulturarten Triticale, Winterweizen und Winterroggen berechnet. Durch diese Mittelwertbildung wird die Anzahl der Versuchspartellen vergrößert und die Aussagesicherheit, besonders vor dem Hintergrund der heterogenen Unkrautverteilung auf Ackerflächen (z. B. MORTENSEN *et al.*, 1993; NORDBO und CHRISTENSEN, 1995), erhöht.

## **Ergebnisse**

### Glyphosat

Die Anwendung von Glyphosat und die erforderliche Aufwandmenge in den pfluglosen Varianten hängen stark von der Anzahl und der Größe der Durchwuchspflanzen der Vorkultur und den vorhandenen Unkräutern ab. Im Erntejahr 2008 wurde in allen Kulturen auf den pfluglosen Flächen Glyphosat vor der Saatbettbereitung angewandt, da witterungsbedingt eine wenig intensive Bodenbearbeitung durchgeführt werden konnte und somit die Ausfallpflanzen und die Unkräuter in einem fortgeschrittenen Stadium waren. Über die anderen Jahre gibt Tabelle 1 Auskunft und zeigt in welchen Kulturen Glyphosat mit entsprechender Aufwandmenge, angegeben in aktiver Wirksubstanz (active ingredient) in Gramm je ha, angewandt wurde. Bei der Dosierung wurde berücksichtigt in welcher Dichte und welchem Entwicklungsstadium der Durchwuchs war bzw. welche Unkräuter in welchen Stadien vorhanden waren.

### Durchwuchsbekämpfung Raps

Im Wintertraps erfolgte, außer im Erntejahr 2011 (also Herbst 2010), immer eine Durchwuchsbekämpfung in den pfluglosen Varianten mittels eines Graminizids. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Zählungen der Durchwuchspflanzen im Wintertraps je m<sup>2</sup> als Mittelwert aller Strategien und Varianten für die wendende und nichtwendende Bodenbearbeitung angegeben. Bei der Behandlungsentscheidung flossen auch die teilweise schlechteren Auflaufzahlen vom Wintertraps der pfluglosen Varianten mit ein.

Hervorzuheben sind die Erntejahre 2010 und 2013 mit 82 und 103 Durchwuchspflanzen je m<sup>2</sup>. Durch eine trockene Witterung im August (unzureichende Bodenfeuchte) erfolgte der Ausfallgetreideaufbau erst nach der Rapssaat und konnte im Vorfeld nicht mechanisch bekämpft werden.

**Tab. 1** Anwendung von Glyphosat vor Saatbettbereitung in den pfluglosen Varianten mit Angabe der aktiven Wirksubstanz (active ingredient) in Gramm je ha in Klammern.

*Tab. 1 Use of glyphosate before seedbed preparation in non-ploughed treatments with information on active ingredient in gram per hectare in brackets.*

Erntejahr	Kulturen in denen Glyphosat eingesetzt wurde und angewandte aktive Wirksubstanz
2009	Winterroggen, Grünschnittroggen, Triticale, Wintererbsen (alle 675 g/ha)
2010	keine Anwendung
2011	Winterweizen, Triticale (beide 900 g/ha)
2012	Winterweizen, Winterroggen, Triticale (alle 900 g/ha)
2013	Winterweizen (1.360 g/ha), Winterroggen (1.800 g/ha), Triticale (1.800 g/ha)
2014	Winterweizen (1.125 g/ha), Winterroggen (720 g/ha)

**Tab. 2** Anzahl der Durchwuchspflanzen in Wintererbsen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (Mittelwert über beide Stufen (GFP, IPS) der Herbizidintensität).

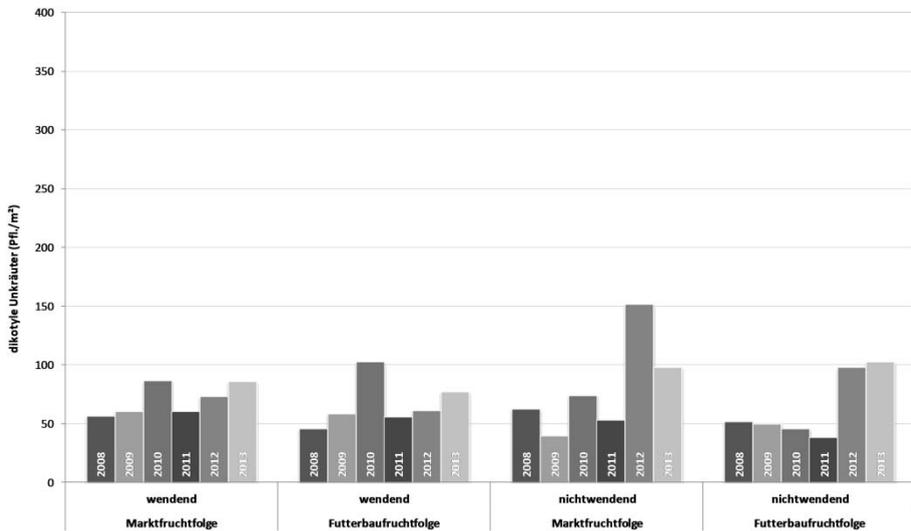
*Tab. 2 Number of volunteer plants in winter oilseed rape, differentiated by tillage system (mean of both herbicide intensities, GFP and IPS).*

Erntejahr	Anzahl Durchwuchspflanzen pro m <sup>2</sup>	
	wendend	nichtwendend
2008	1,1	20,8
2009	0,1	6,6
2010	1,4	82,2
2011	0,1	0,1
2012	0,2	15,8
2013	0,3	103,2
2014	0,5	7,6

### Entwicklung der Verunkrautung

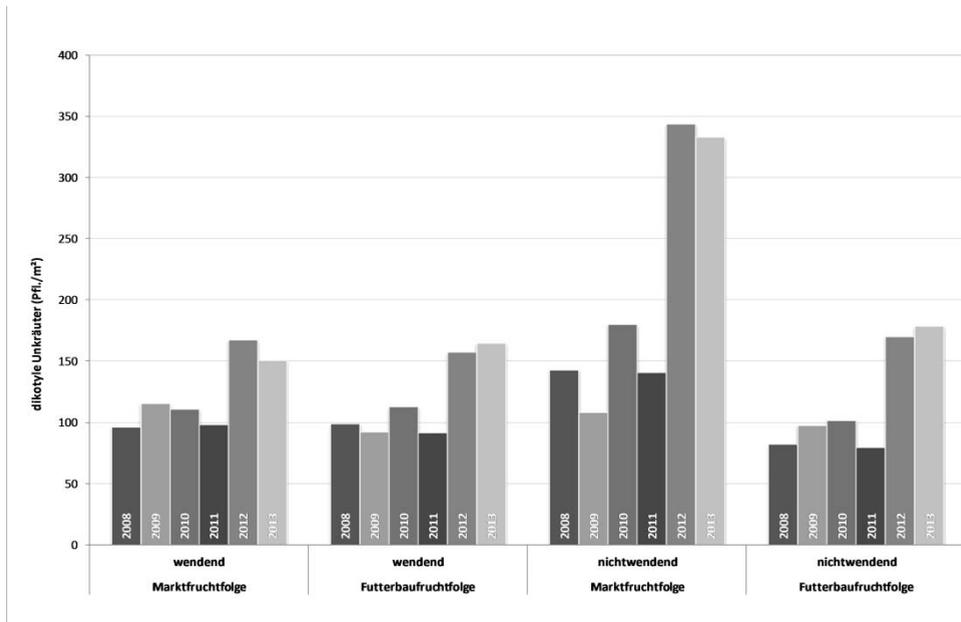
Betrachtet man den Auflauf der dikotylen Unkräuter, so sind verschiedene Zusammenstellungen möglich. Aufgrund der Nachwirkungen der unterschiedlichen Fruchtfolgen in Verbindung mit den Pflanzenschutzmittelintensitäten (SCHWARZ *et al.*, 2012), werden die beiden Strategien „GFP“ und „IPS“ in zwei verschiedenen Abbildungen dargestellt. Innerhalb jeder Abbildung werden die beiden ehemaligen Fruchtfolgen (Marktfrucht und Futterbau) und der Effekt der Bodenbearbeitung vergleichend dargestellt.

In der Strategie „GFP“ (Abb. 1) ist bei der wendenden Bodenbearbeitung der Auflauf dikotyler Unkräuter in der Marktfruchtfolge und der Futterbaufruchtfolge vergleichbar. Ab dem fünften Jahr (2012) ist eine Zunahme der dikotylen Verunkrautung bei Pflugverzicht in beiden ehemaligen Fruchtfolgen zu beobachten.



**Abb. 1** Auflauf von dikotylen Unkräutern in der Strategie „GFP“ in Abhängigkeit von ehemaliger Fruchtfolge und Bodenbearbeitung.

**Fig. 1** Weed emergence of dicotyledonous weeds in the strategy “GFP” in dependency of former crop rotation and soil cultivation.



**Abb. 2** Auflauf von dikotylen Unkräutern in der Strategie „IPS“ in Abhängigkeit von ehemaliger Fruchtfolge und Bodenbearbeitung.

**Fig. 2** Emergence of dicotyledonous weeds in the strategy “IPS” in dependency of former crop rotation and soil cultivation.

In der Strategie „IPS“ (Abb. 2) sind die Auflaufzahlen dikotyler Unkräuter generell höher als in der Strategie „GFP“ Auch hier sind seit dem Erntejahr 2012, in den jeweiligen ehemaligen Fruchtfolgen, die Auflaufzahlen bei der nicht-wendenden Bodenbearbeitung höher. Besonders augenscheinlich sind die sehr hohen Auflaufzahlen von 344 und 333 dikotylen Unkräutern je m<sup>2</sup> in den Jahren 2012 und 2013 in der ehemaligen Marktfruchtfolge. Bei der wendenden Bodenbearbeitung ist in dieser Strategie seit dem fünften Jahr (2012) ein Anstieg der Auflaufzahlen erkennbar, jedoch trifft dies nicht auf die Strategie „GFP“ zu. Bei dikotylen Unkräutern war eine geringe Nachwirkung der Fruchtfolge erkennbar.

**Tab. 3** Auflauf von Windhalm (*Apera spica-venti*) in der Strategie „GFP“ und „IPS“ in Abhängigkeit von ehemaliger Fruchtfolge und Bodenbearbeitung.

**Tab. 3** Weed emergence of *Apera spica-venti* in the strategies “GFP” and “IPS” in dependency of former crop rotation and soil cultivation.

Erntejahr	Anzahl Windhalmpflanzen pro m <sup>2</sup>			
	GFP		IPS	
	Marktfrucht		Futterbau	
	wendend	nicht-wendend	wendend	nicht-wendend
2008	57,7	34,1	28,6	22,8
2009	59,2	36,9	29,8	14,7
2010	49,9	60,6	36,0	33,3
2011	35,6	52,4	23,5	18,3
2012	31,9	70,4	27,5	27,8
2013	23,8	65,9	18,3	38,7
	GFP		IPS	
	Marktfrucht		Futterbau	
	wendend	nicht-wendend	wendend	nicht-wendend
2008	47,3	54,9	27,0	25,5
2009	55,7	62,9	38,1	27,6
2010	47,7	107,5	61,3	109,3
2011	33,3	79,4	22,6	28,9
2012	36,2	68,4	34,7	40,0
2013	31,8	119,0	29,0	82,2

Die Zusammensetzung der dikotylen Unkräuter nach Arten ergibt, dass im Mittel fünf Arten ca. 70 % der dikotylen Unkrautarten ausmachen: *Viola arvensis*, *Veronica* spp., *Stellaria media*, *Matricaria* spp. und *Centaurea cyanus*. In der ehemaligen Marktfruchtfolge tritt *C. cyanus* verstärkt auf, allerdings sind in den letzten Jahren auch in der ehemaligen Futterbaufruchtfolge in der nichtwendenden Bodenbearbeitungsvariante mehr Kornblumen aufgelaufen. In der ehemaligen Futterbaufruchtfolge tritt hingegen *V. arvensis* im stärkeren Umfang auf.

Die Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der Verunkrautung mit *Apera spica-venti*, ebenfalls zusammengefasst nach den Pflanzenschutzstrategien.

In der Strategie „GFP“ sind in der ehemaligen Futterbaufruchtfolge die Auflaufzahlen des Windhalms geringer als in der ehemaligen Marktfruchtfolge. Der anfänglich höhere Windhalmbesatz in der wendenden, ehemaligen Marktfruchtfolge ging im Laufe der Jahre zurück, während in der nicht-wendenden, ehemaligen Marktfruchtfolge ab dem dritten Jahr ein stärkerer Auflauf zu beobachten ist. Bei der ehemaligen Futterbaufruchtfolge tritt dieser Effekt in der nicht-wendenden Bodenbearbeitung, auf geringerem Niveau, erst ab dem sechsten Jahr auf.

In der Strategie „IPS“ ist eine vergleichbare Entwicklung zu beobachten. Beim Verzicht auf den Pflug in Verbindung mit der verminderten Herbizidintensität nehmen die Auflaufzahlen des Windhalms stärker zu.

Trotz der gemeinsamen Auswertung von mehreren Getreidearten zeigt sich ein starker Jahreseinfluss, z. B. im Erntejahr 2010 und 2013, auf das Auflaufverhalten des Windhalms.

## Diskussion

Durch die Zunahme der pfluglosen Bodenbearbeitung in Deutschland ergeben sich Fragestellungen hinsichtlich der langfristigen Auswirkungen, z.B. die Entwicklung der Verunkrautung, und bezüglich des Einsatzes von Herbiziden. Neben den positiven Wirkungen der pfluglosen Bewirtschaftung, z. B. eine Energieeinsparung (z. B. SCHWARZ, 2013), wird der damit verbundene Einsatz von Glyphosat kritisch gesehen (z. B. STEINMANN, 2013).

Die Höhe des Unkrautaufbaus, insbesondere des Windhalms und des Durchwuchses hängt sehr stark von der Jahreswitterung und der damit verbundenen Bodenfeuchte ab.

In unseren Versuchen war der Einsatz von Glyphosat nicht immer nötig, sodass im Erntejahr 2010 konnte generell darauf verzichtet werden konnte. Durch die Verteilung des Niederschlages der Monate August und September 2009 (61,6 mm) mehrheitlich auf die letzte August- und erste Septemberdekade (in Summe 40,6 mm) konnten die Ausfallkulturen keimen und so vor der Aussaat mechanisch bekämpft werden. Die Niederschlagssumme der beiden Monate liegt unter dem langjährigen Mittel von 95,6 mm. Im Jahr 2012 fielen im August und September ebenfalls weniger Niederschläge als im langjährigen Mittel. Die Summe der beiden Monate beläuft sich auf nur 50,1 mm, wobei sich die Hauptniederschläge hier auf die erste August- und letzte Septemberdekade verteilen (in Summe 34,3 mm). Somit waren die Keimbedingungen gänzlich andere als im Jahr 2009 und die Beseitigung der Durchwuchskulturen konnte nicht mechanisch erfolgen. Die Verteilung des Niederschlages hat somit einen starken Einfluss auf den Besatz mit Ausfallkulturen.

Die Getreidedurchwuchsbekämpfung im pfluglosen Winterraps war in 6 von 7 Jahren nötig, lediglich im Erntejahr 2011 konnte darauf verzichtet werden. Dies war durch den sehr nassen Herbst 2010 (275 mm Regen im August und September) begründet, in welchem in den ersten beiden Augustdekaden 89,2 mm Niederschlag fiel. Der Getreidedurchwuchs lief nahezu vollständig vor der Rapsaussaat auf und konnte mechanisch bekämpft werden.

Die pfluglose Bodenbearbeitung bedingt einen höheren Aufwand an Herbiziden. Im Mittel unserer Versuche stieg der Behandlungsindex (BI) um ca. 0,5 an. Ebenfalls einen erhöhten Behandlungsindex der Herbizide bei pflugloser Bodenbearbeitung um rund 0,3 und bei Raps um 0,6 ermittelt FREIER *et al.* (2012) im „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“. Die etwas geringere

Zunahme des BI in den Vergleichsbetrieben bei pflugloser Bodenbearbeitung ist vermutlich auf die dort höhere Herbizidintensität (BI Herbizid bei rund 1,7) zurückzuführen.

Die Bodenbearbeitung, die Intensität der Herbizidanwendung und die Fruchtfolge beeinflussen die Entwicklung der Verunkrautung. Die Auswirkungen der Bodenbearbeitung und der Intensität der Herbizidanwendung sind fünf bis sechs Jahre lang erkennbar. Fruchtfolgebedingte Nachwirkungen bleiben insbesondere bei pflugloser Bodenbearbeitung lange erhalten. Der Effekt der Fruchtfolge ist bei Herbizidverzicht deutlich stärker ausgeprägt und resultiert aus dem höheren Getreideanteil in der Fruchtfolge (SCHWARZ *et al.*, 2012).

Beim Windhalm hat die Jahreswitterung einen starken Einfluss auf das Keimverhalten, da Windhalm aus einer geringen Tiefe aufläuft. Aus diesem Grund schlagen sich die witterungsbedingten Unterschiede in den einzelnen Jahren wesentlich stärker nieder als bei der Summe der dikotylen Arten.

Nach Anwendung von um ca. 20 % reduzierten Herbizidaufwandmengen (Strategie „IPS“) in Verbindung mit der pfluglosen Bodenbearbeitung, steigt die Verunkrautung stetig an. Eine reduzierte Bodenbearbeitung ist mit einer verstärkten Herbizidanwendung verbunden. Bei erfolgreicher Nutzung reduzierter Herbizidaufwandmengen kann auf eine Pflugfurche grundsätzlich nicht verzichtet werden.

Dies bestätigen auch Untersuchungen am Standort Glaubitz (PALLUTT, 2010). Dort führten verringerte Herbizidaufwandmengen in Verbindung mit getreidebetonter Fruchtfolge und pflugloser Bodenbearbeitung zu einer stärkeren Verunkrautung mit dikotylen Arten und Windhalm. Ähnliche Effekte bei Pflugverzicht sind auch im ökologischen Landbau zu beobachten (DITTMANN, 2012).

## Literatur

- ALBRECHT, H., 2004: Langfristige Veränderung des Bodensamenvorrates bei pflugloser Bodenbearbeitung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **XIX**, 97-104.
- AMANN, A., 1991: Einfluss von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen, Dissertation Universität Hohenheim, 148 Seiten.
- DITTMANN, B., 2012: Abschließende Ergebnisse zur Wirkung von langjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung in der ökologischen Fruchtfolge Güterfelde. Julius-Kühn-Archiv **434**, 708-711.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, E. MOLL, V. GUTSCHE und W. ZORNACH, 2012: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2011. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Heft **166**, 104 Seiten.
- MORTENSEN, D.A., G.A. JOHNSON und L.J. YOUNG, 1993: Weed Distribution in Agricultural Fields. In: Robert, P. und R.H. Rust (Hrsg.): Soil Specific Crop Management, Agronomy Society of America, 113-124.
- NORDBO, E. und S. CHRISTENSEN, 1995: Spatial Variability of Weeds. Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming, Danish Institute of Plant and Soil Science. SP-report No. **26**, 67-90.
- PALLUTT, B. und A. BENNEWITZ, 1996: Einfluss von pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung und den Ertrag von Wintergetreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **XV**, 325-332.
- PALLUTT, B., 2010: 30 Jahre Dauerfeldversuche zum Pflanzenschutz. Journal für Kulturpflanzen **62**, 230-237.
- PALLUTT, B., M. JAHN, B. FREIER und E. MOLL, 2010: Dauerfeldversuche auf dem Versuchsfeld Dahnsdorf unter besonderer Berücksichtigung der Unkrautbekämpfung. Journal für Kulturpflanzen **62**, 238-247.
- ROLLER, A. und H. ALBRECHT, 2006: Effects of tillage systems on the seed bank persistence and seedling emergence of arable weeds. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **XX**, 257-265.
- SCHWARZ, J. und E. MOLL, 2010: Entwicklung der Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Herbizidintensität. Journal für Kulturpflanzen **62**, 317-325.
- SCHWARZ, J., B. PALLUTT und E. MOLL, 2012: Einfluss von Fruchtfolge und Herbizidaufwandmenge auf die Verunkrautung, Julius-Kühn-Archiv **434**, 337-344.
- SCHWARZ, J., 2013: Energetische Betrachtung zum Einsatz von Herbiziden und Bodenbearbeitung. Gesunde Pflanzen **65**, 33-37.
- SPRENGER, B., M. BELDE und H. ALBRECHT, 2002: Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolge. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft **XVIII**, 277-285.
- Statistisches Bundesamt, 2011: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden (ELPM), Fachserie 3, Heft **5**.
- STEINMANN, H.-H., 2013: Glyphosat - ein Herbizid in der Diskussion und die Suche nach dem „Notwendigen Maß“. Gesunde Pflanzen **65**, 47-56.