

Henning Nordmeyer¹, Matthias Stähler²

Glyphosatanwendung mit unterschiedlicher Applikationstechnik – Spätanwendung im Winterweizen

Glyphosate use with different application technique – late application in winter wheat

264

Zusammenfassung

In einem Feldversuch wurde Glyphosat in Winterweizen kurz vor der Ernte zur Unkrautbekämpfung bzw. Sikkation angewendet. Die Applikation erfolgte ab Entwicklungsstadium BBCH 89 mit konventioneller Düsenteknik und im Dropleg-Verfahren. Untersucht wurden die Glyphosat- und AMPA-Rückstände an Korn, Spreu und Stroh bei der Weizenernte 7 und 16 Tage nach der Applikation. Die dargestellten Untersuchungsergebnisse zeigen in Abhängigkeit von der Applikationstechnik unterschiedliche Rückstandshalte. Am Getreidekorn waren die Glyphosatrückstände mit bis zu 6,4 mg/kg bei konventioneller Düsenteknik am höchsten. Beim Dropleg-Verfahren konnten deutlich niedrigere Rückstände am Getreidekorn nachgewiesen werden. Beim Stroh waren die Glyphosatrückstände bei Dropleg mit bis zu 280 mg/kg höher als bei konventioneller Applikationstechnik (bis 160 mg/kg). Insgesamt nahm die Rückstandshöhe am Korn und Stroh mit zunehmender Wartezeit ab. Die erzielten Ergebnisse legen nahe, dass durch die Verwendung der Dropleg-Applikationstechnik die Rückstandsmengen am Korn verringert werden können. Die Dropleg-Applikationstechnik ist aber nur im stehenden Getreide einsetzbar.

Stichwörter: Dropleg, Glyphosatrückstände, Feldversuch, Herbizid, Sikkation, Spätanwendung

Abstract

Glyphosate was used in a field trial in winter wheat shortly before harvest for weed control and desiccation. Application was done with conventional and dropleg application technique at growth stage BBCH 89 of winter wheat. The analyses covered glyphosate and AMPA residues at the time of harvest, 7 and 16 days after application on the outside of the wheat grain, chaff and straw. Depending on the application technique the results demonstrate varying residues. The highest residues with up to 6 mg/kg were found on the wheat grain with conventional application technique. With dropleg application technique significant lower residues were determined. In straw, glyphosate residues were higher for dropleg application technique in comparison to conventional technique. The level of residues of grain and straw decreased with increasing waiting period. The obtained results suggested that the use of dropleg application technique can reduce residue amounts on grain. The dropleg application technique can only be used for upright cereals.

Key words: Desiccation, dropleg, glyphosate residues, field trials, herbicide, late application

1 Einleitung

Der Wirkstoff Glyphosat wird im Pflanzenschutz zur Unkraut- und Ungrasbekämpfung seit 1974 angewandt.

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig¹

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin²

Kontaktanschrift

Dr. Henning Nordmeyer, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11–12, 38104 Braunschweig, E-Mail: henning.nordmeyer@julius-kuehn.de

Zur Veröffentlichung angenommen

19. Juni 2017

Vor dem Hintergrund der Neubewertung von Glyphosat auf europäischer Ebene findet in Deutschland eine intensive Diskussion verschiedener Interessengruppen über die Notwendigkeit und den Umfang des Glyphosatesatzes in der Landwirtschaft und der damit verbundenen möglichen Risiken statt.

Die Anwendung und der Absatz glyphosathaltiger Herbizide haben in der Vergangenheit in Deutschland zugenommen und haben seit 2010 ein Niveau von jährlich durchschnittlich ca. 5000 Tonnen des Wirkstoffes Glyphosat erreicht. 2003 lag die Wirkstoffabsatzmenge im Inland bei 3496 Tonnen (BVL, 2014). 2015 ist die Inlandsabgabe wieder auf unter 5000 t gesunken (BVL, 2016a). Diese Absatzmengen eines einzelnen Wirkstoffes, die etwa ein Drittel der gesamten Herbizidmenge in Deutschland ausmachen, haben insbesondere Fragen und Diskussionen zur Verminderung der Anwendung glyphosathaltiger Herbizide aufgeworfen (KEHLENBECK et al., 2015; STEINMANN, 2013; DLG, 2013). Handlungsempfehlungen zur Anwendung von Glyphosat im Ackerbau und der Grünlandbewirtschaftung sollen zur Begrenzung der Glyphosatzmenge beitragen (JKI, 2017). Zur Vermeidung einer Sikkationsmaßnahme sollte durch eine angepasste Boden- und Saatbettbereitung sowie durch die Verwendung geeigneter Sätechnik die Etablierung eines gleichmäßigen Bestandes sichergestellt werden (JKI, 2017).

Insgesamt werden in Deutschland rund 40% der Ackerfläche jedes Jahr mit glyphosathaltigen Herbiziden behandelt (STEINMANN et al., 2012).

Glyphosat ist ein nicht-selektives Herbizid mit systemischer Wirkung. Glyphosathaltige Herbizide werden sowohl flächig, als auch auf Teilflächen sowie zur Einzelpflanzenbehandlung genutzt. Im Ackerbau lassen sich die zugelassenen Anwendungen in Vorsaatverfahren (Anwendung kurz vor der Aussaat bzw. kurz nach der Aussaat im Voraufbau), Vorernteverfahren (Anwendung im Bestand kurz vor der Ernte zur Sikkation und Unkrautbekämpfung) und Nachernteverfahren (Anwendung nach der Ernte, Stoppelbehandlung) unterscheiden.

Neben der Unkrautbekämpfung kann Glyphosat auch zur Sikkation von Getreide eingesetzt werden (GRIFFIN et al., 2010). Dies dient der Abreifebeschleunigung der Kulturpflanze sowie der gleichzeitigen Abtötung von Unkräutern. Die Sikkation mit Glyphosat ist allerdings in Deutschland insgesamt nicht von großer Bedeutung. Nach STEINMANN et al. (2012) liegt der Anteil der Sikkation bei ca. 2%. Da die Anwendung mit Glyphosat kurz vor der Ernte, ab dem Entwicklungsstadium BBCH 89 (Vollreife) der Kultur erfolgt, gelangt der Wirkstoff bei der Applikation direkt mit dem späteren Erntegut in Berührung und Rückstände am Erntegut sind zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit von der Wartezeit zu erwarten. Das Getreide kann bis zu 7 Tage vor der Ernte behandelt werden. Entsprechend der Rückstandshöchstmengenverordnung (BVL, 2016b) sind für Glyphosat bei Weizen Höchstmengen von 10 mg/kg festgesetzt.

Im Zuge der allgemeinen Glyphosat-Diskussionen ist die Sikkation zunehmender Kritik ausgesetzt und wird

bezüglich ihrer Vorteilswirkung hinterfragt. Daher wurden Anwendungsbestimmungen für Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat neu festgesetzt (BVL, 2014) um den Anwendungsumfang zu reduzieren. Spätanwendungen in Getreide sind danach nur auf Teilflächen erlaubt, auf denen aufgrund von Unkrautdurchwuchs in lagernden Beständen bzw. Zwiewuchs in lagernden oder stehenden Beständen eine Beerntung sonst nicht möglich wäre. Die Änderungen sind in mehreren Kennzeichnungsaufgaben beschrieben (BVL, 2016c). Damit soll die Anwendung auf solche Situationen und Teilflächen beschränkt werden, in denen es um die Abwendung von Schäden (Ertragsausfall) geht. Entsprechend ist eine Anwendung zur Sikkation nur dort erlaubt, wo das Getreide ungleichmäßig abreift und eine Beerntung ohne Behandlung nicht möglich ist, nicht jedoch zur Steuerung des Erntetermins oder Optimierung des Drusches.

In stehendem Getreide kann Glyphosat mit der Dropleg-Applikationstechnik eingesetzt werden. Bisher ist die Dropleg-Spritztechnik keine Standardmaßnahme. Dropleg ist eine Zusatzausrüstung für konventionelle Feldspritzgeräte (RÜEGG und TOTAL, 2013). Die Dropleg-Spritztechnik bietet die Möglichkeit die Spritzflüssigkeit in einen Bestand zu applizieren, ohne die Ähren- oder Blütenzone zu beaufschlagen. Bei einer Anwendung von Glyphosat in stehendem Getreide kann davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zur konventionellen Applikationstechnik weniger Wirkstoff auf die Getreideähre und damit auf das Korn gelangt. Dies setzt allerdings voraus, dass die mögliche Rückstandsbelastung des Kornes nicht durch den intensiven Kontakt von Stroh und Korn während der Mähdruschernte erhöht wird.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Bestimmung der Oberflächenrückstandsgehalte von Glyphosat und seinem Hauptmetaboliten Aminomethylphosphonsäure (AMPA) an Korn, Spreu und Stroh von Winterweizen nach Applikation mit Dropleg- und konventioneller Applikationstechnik zur Vorerntebehandlung.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsanlage, Probenahme und Probenlagerung

Im Sommer 2015 wurden auf einer Winterweizenfläche des Julius Kühn-Instituts in der Nähe von Braunschweig (Standort Sickte) drei Feldparzellen zur Applikation von Glyphosat als Vorerntebehandlung (Kontrolle – unbehandelt, Dropleg-Applikationstechnik, konventionelle Applikationstechnik) angelegt (Abb. 1). Die Parzellen hatten eine Größe von 12 x 40 m. Die Parzellen waren jeweils in Längsrichtung unterteilt (6 x 40 m) für Maschinenernte (Mähdruscher) und Handerte sowie in Querrichtung für zwei Erntetermine (T1 und T2). Die Glyphosatapplikation (3,75 l/ha Roundup Power Flex = 1800 g Aktivsubstanz/ha) erfolgte am 5. August 2015 im Entwicklungsstadium BBCH 89 (Vollreife) des Winterweizens. Hand- und Maschinenernte wurden am 12. August (T1 = 7 Tage nach der Applikation) und am 21. August (T2 = 16 Tage nach der Applikation) durchgeführt. Korn, Spreu und

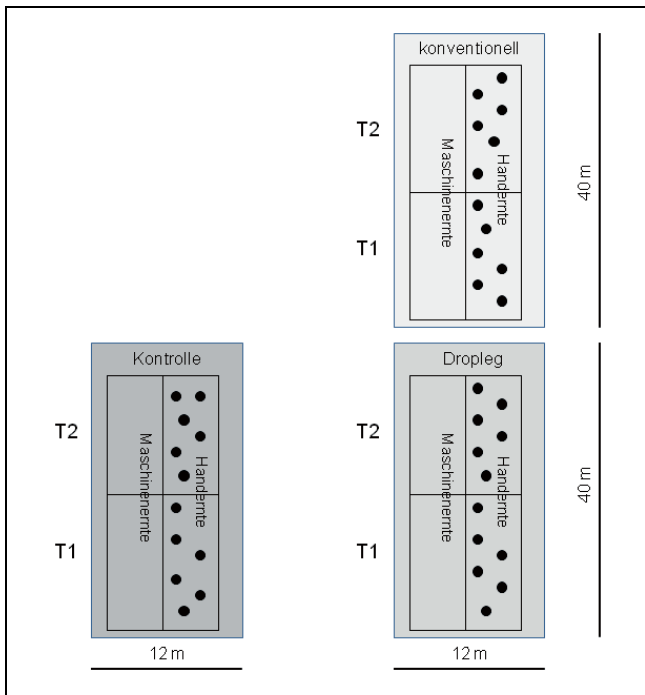


Abb. 1. Feldversuchsplan: Parzellengröße, Applikations- und Ernteverfahren sowie Erntetermine (T1 und T2).

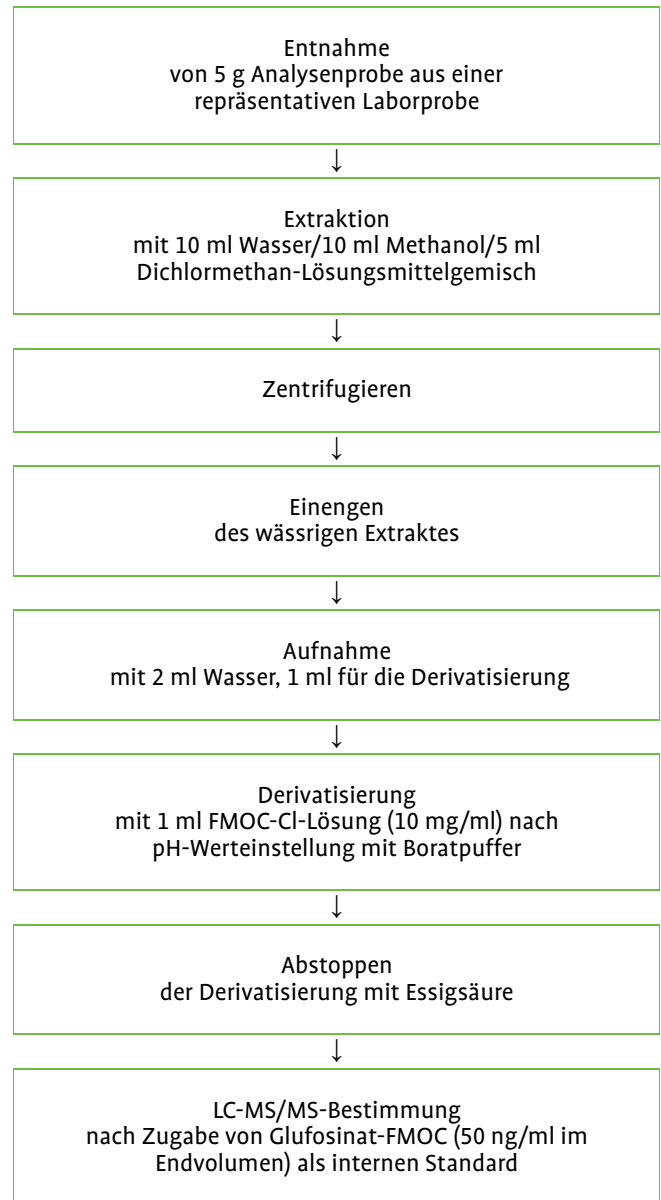
Stroh wurden getrennt gesammelt. Es erfolgten jeweils drei Probenahmen je Parzelle. Die Handernte erfolgte an 6 zufällig verteilten Stellen (jeweils $\frac{1}{4}$ Quadratmeter) innerhalb der Parzelle. Bei der Maschinenernte handelte es sich um eine Mischprobe aus 20 m Drusch mit einem Parzellenmähdrescher. Auf die Bestimmung der Sikkationswirkung und des Bekämpfungserfolg gegen die vorhandene Verunkrautung wurde in diesem Versuchsansatz verzichtet.

Da eine sofortige Probenaufarbeitung nicht möglich war, wurden alle Laborproben zeitnah nach dem Transport bis zu ihrer Aufarbeitung bei einer Temperatur von $\leq -18^\circ\text{C}$ gelagert.

2.2 Analysemethode

Die simultane Bestimmung der Rückstände von Glyphosat und AMPA in ganzen Körnern und gehäckseltem Weizenstroh sowie die Gehalte in der Spreu erfolgten in Anlehnung an die Methode nach GOSCINNY et al. (2012) wie in Tab. 1 dargestellt. In ihr wird die Extraktion der homogenen Analysenproben mit einem Gemisch aus Methanol/Wasser kombiniert mit einem Reinigungsschritt durch die Zugabe von Dichlormethan beschrieben. Anschließend wird das organische Lösungsmittel verworfen und der wässrig/methanolische Extrakt eingengt, erneut definiert mit Wasser aufgenommen, ein Aliquot entnommen, der pH-Wert eingestellt und die Derivatisierung mit Fluorenylmethoxycarbonylchlorid (FMOC-Cl) durchgeführt. Es folgt die Messung über die Flüssigkeitschromatographie mit tandemmassenspektrometrischer

Tab. 1. Schematische Beschreibung der Analysemethode



Detektion (LC-MS/MS: Dionex UltiMate 3000 – AB SCIEX QTRAP 5500). In fast allen beschriebenen Methoden zur Bestimmung des Wirkstoffes auch in anderen Matrices (vgl. z.B. ISO 16308:2014–09) wird darauf hingewiesen, dass die Aufarbeitung (Extraktion) der Proben in Teflon-, Polypropylen- oder silanisierten Glasgefäßen bis zur Derivatisierung zu erfolgen hat.

2.3 Berechnung der Analysergebnisse

Die Berechnung der Analysenergebnisse erfolgte unter Berücksichtigung des internen Standards (ISTD), der stets vor der LC-MS/MS-Messung zugesetzt wurde. Die Analytgehalte in der Probe wurden anschließend mit der entsprechenden Kalibrierfunktion berechnet. Die Rückstände wurden als Glyphosat-FMOC und AMPA-FMOC bestimmt und in Glyphosat bzw. AMPA umgerechnet.

Die Messungen wurden von Matrixeffekten begleitet, sodass die einzelnen Kalibrierstandards mit den dazugehörigen Matrices gespikt wurden.

2.4 Validierung der Analysenmethode

Die Methodvalidierung (Abb. 2) erfolgte über Zusatzversuche nur für Weizenkorn und Haferstroh (Weizenstroh stand für die Methodenentwicklung nicht zur Verfügung) einschließlich der Berechnung der Wiederfindungsraten und der dazugehörigen Variationen für die gewählten Zusatzniveaus von 0,1 mg/kg bis 10,0 mg/kg unter Verwendung von unbehandelter Hafermatrix und nach der Leitlinie SANCO/825/00 (SANCO, 2010).

Die Wiederfindungsuntersuchungen zeigen, dass bei Glyphosat (Korn) die SANCO-Kriterien eingehalten und bei AMPA (Korn) bzw. AMPA (Stroh) nicht immer erreicht werden (SANCO, 2010). Glyphosat (Stroh) fällt heraus, so dass die Methode für diese Matrix weiter optimiert werden muss, weil die Wirkstoffgehalte im Stroh überschätzt werden. Die Untersuchungsergebnisse in allen Matrices wurden aber nicht durch die Wiederfindungsraten korrigiert. Insgesamt zeigt sich eine gute Reproduzierbarkeit ausgedrückt in den Variationen der Zusatzversuche. Durch die rückstandsanalytischen Untersuchungen an Weizenkörnern, Spreu und Weizenstroh sind die Vergleichbarkeit der beiden Pflanzenschutzmittelbehandlungssysteme (Kopf- bzw. Dropleg-Applikation) und der Vergleich zu den beiden Erntezeitpunkten gegeben.

Allgemein ist aber anzumerken, dass die verwendete Analysentechnik und -methode für die Spurenanalytik konzipiert wurde. Das betrifft Wirkstoffgehalte < 1,0 mg/kg. Ergebnisse > 10 mg/kg sollten nicht weiter differenziert werden, weil eine höhere Variation in den Messwerten auftritt.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Rückstandsuntersuchungen am Weizenkorn, der Spreu und dem Stroh sind in den Abbildungen 3 bis 6 für Maschinen- und Handernte dargestellt. 7 und 16

Tage nach der Applikation zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Dropleg- und konventioneller Applikationstechnik. Die Rückstände am Korn sind bei der Dropleg-Variante bei Maschinen- und Handernte deutlich niedriger (Abb. 3). Nach 7 Tagen wurden 2,2 mg Glyphosat/kg am Korn bei Dropleg im Vergleich zu 6 mg/kg bei konventioneller Applikationstechnik bei Maschinenernte gemessen. Nach 16 Tagen lagen die Rückstandswerte bei 0,17 mg/kg bzw. 6,4 mg Glyphosat/kg. Bei der Handernte (Abb. 4) wurden 7 Tage nach der Applikation bei Dropleg 0,88 mg Glyphosat/kg und bei konventioneller Applikationstechnik 6 mg Glyphosat/kg gemessen. 16 Tage nach der Applikation lagen die Rückstände bei 0,12 bzw. 5,1 mg Glyphosat/kg Korn.

Beim Stroh zeigt sich bei Maschinen- und Handernte ein anderes Bild (Abb. 5 und 6). Bei den Dropleg-Varianten sind die Glyphosatrückstände im Vergleich zur konventionellen Applikationstechnik höher. In beiden Fällen nehmen die Rückstandsgehalte vom 1. zum 2. Probenahmetermin deutlich ab.

Der Vergleich zwischen Maschinen- und Handernte zeigt nach 7 und 16 Tagen beim Winterweizen bei Dropleg-Variante geringere Rückstandswerte am Korn bei der Handernte. Bei der konventionellen Applikationstechnik ist dies lediglich nach 16 Tagen der Fall.

Beim Stroh zeigen die Rückstandswerte einen ähnlichen Verlauf. Bei Dropleg- und konventioneller Applikationstechnik sind die Glyphosatrückstände bei Handernte in allen Fällen im Vergleich zur Maschinenernte niedriger.

Tab. 2 zeigt die aufsummierten Glyphosatrückstände von Korn, Spreu und Stroh. 7 Tage nach der Applikation kann in allen Fällen nahezu die applizierte Glyphosattmenge von 1800 g/ha vollständig bilanziert werden. Bei der Handernte liegen die berechneten Werte bei 1701,67 g/ha für Dropleg und bei 1621,89 g/ha bei konventioneller Applikationstechnik. Bei der Maschinenernte liegen die entsprechenden Werte bei 2062,65 g/ha bzw. 1996,78 g/ha. Bei der Bilanzierung der Rückstandsmengen zum Zeitpunkt 16 Tage nach der Applikation sind in allen Fällen deutlich niedrigere Glyphosatgesamt-

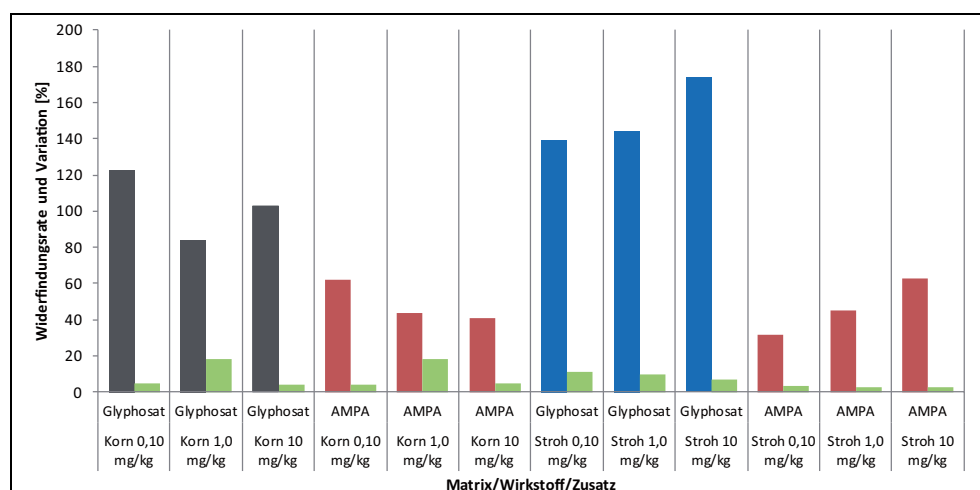


Abb. 2. Überblick über die Wiederfindungsraten [%] bis zu einem Zusatz von 10 mg/kg mit den dazugehörigen Variationen [%] (grüne Balken).

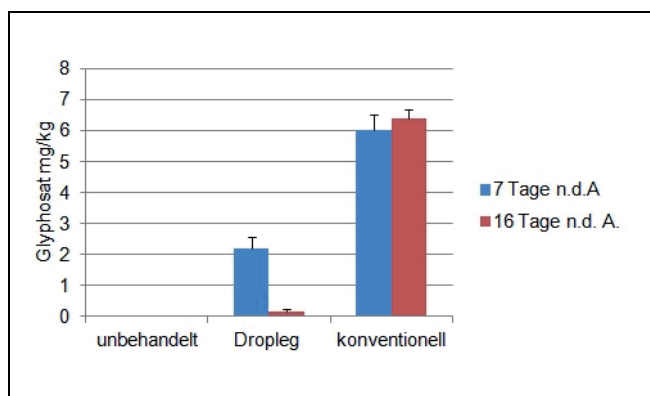


Abb. 3. Glyphosatrückstandsgehalte (mg/kg) am Korn bei der Maschinenernte – 7 und 16 Tage nach der Applikation.

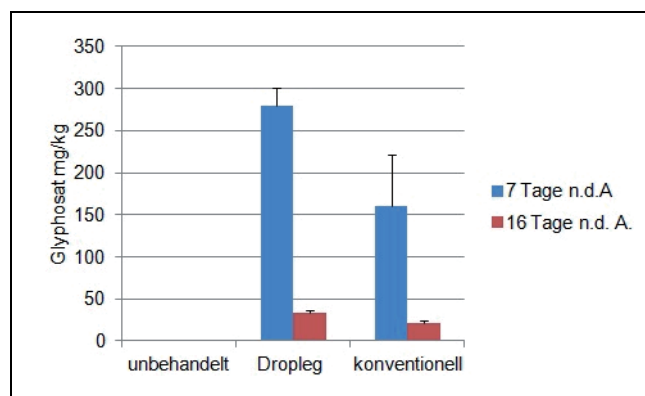


Abb. 5. Glyphosatrückstandsgehalte (mg/kg) am Stroh bei der Maschinenernte – 7 und 16 Tage nach der Applikation.

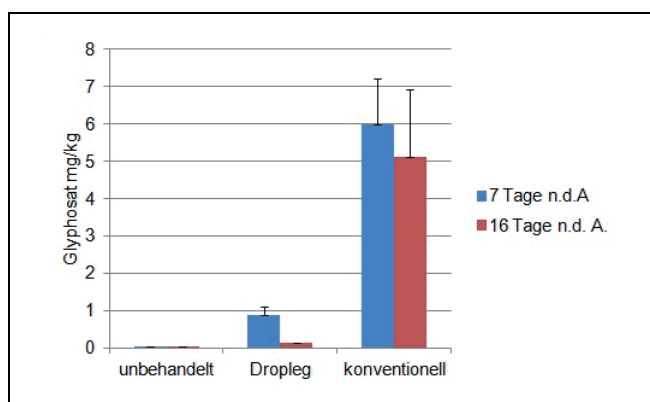


Abb. 4. Glyphosatrückstandsgehalte (mg/kg) am Korn bei der Handerte – 7 und 16 Tage nach der Applikation.

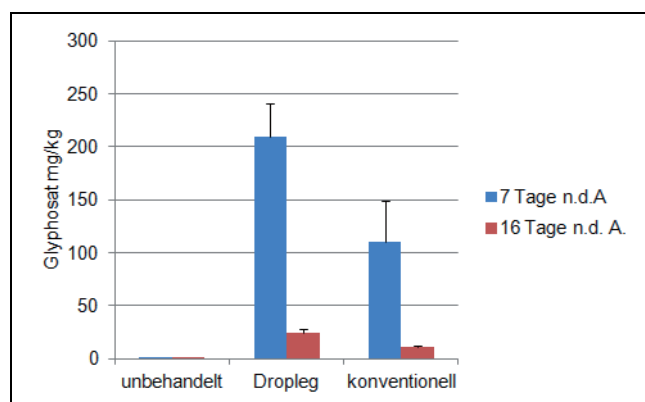


Abb. 6. Glyphosatrückstandsgehalte (mg/kg) am Stroh bei der Handerte – 7 und 16 Tage nach der Applikation.

mengen ermittelt worden. Die Rückstandsmengen liegen im Vergleich zum ersten Messtermin (7 Tage nach der Applikation) nur noch zwischen 9,9% und 16,5% in Bezug auf die applizierte Glyphosatsmenge von 1800 g/ha.

Auch in den unbehandelten Parzellen wurden Spuren von Glyphosat nachgewiesen. Als Ursache hierfür kommen Einträge durch Abdrift in Betracht.

Neben dem Glyphosat wurde auch auf Rückstände des Hauptmetaboliten Aminomethylphosphonsäure (AMPA) an Weizenkorn, Spreu und Stroh untersucht. Zu beiden Probenahmeterminen lagen die Rückstandsgehalte am Korn bei kleiner 0,01 mg/kg. An Spreu und Stroh konnten höhere Rückstandswerte bis 0,51 mg/kg bzw. 0,088 mg/kg nachgewiesen werden (Tab. 3).

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen nach einer Glyphosatapplikation zur Sikkation von Winterweizen Glyphosat-Rückstände auf dem Weizenkorn, der Spreu und dem Stroh. Die Höhe der Rückstände hängt von der Applikationstechnik und von der Wartezeit ab. Die konventionelle Applika-

tionstechnik führt zu höheren Rückständen, da bei der Applikation die Weizenähre mehr Spritzflüssigkeit erhält als bei der Dropleg-Applikationstechnik, da hierbei unterhalb der Ähre im Bestand appliziert wird. Dies zeigt sich sehr deutlich bei den Rückstandswerten des Strohs sowohl bei der Maschinen- als auch der Handerte. Im Vergleich zur konventionellen Applikationstechnik sind die Rückstandswerte des Strohs höher.

Bei einer Glyphosatapplikation im Entwicklungsstadium BBCH 89 zur Vollreife der Kulturpflanzen werden keine oder nur noch sehr geringe Wirkstoffmengen von den Pflanzen aufgenommen. Der Wirkstoff verbleibt im Wesentlichen auf den Pflanzenoberflächen. Es erfolgt keine Aufnahme und Verlagerung in der Kulturpflanze. Bei einer Anwendung zur Milchreife des Getreides können dagegen negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden.

YENISH und YOUNG (2000) untersuchten in den USA den Einfluss einer Vorerntebehandlung mit Glyphosat bei der Saatgutproduktion von Sommerweizen. Dabei zeigte sich, dass bei Anwendung von Glyphosat zum Zeitpunkt der Milchreife das Korngewicht und die Samenkeimung des Getreides negativ beeinflusst wird.

Tab. 2. Bilanzierung der Glyphosatrückstandsgehalte an Korn, Spreu und Stroh des Winterweizens 7 und 16 Tage nach der Ernte

Erntegut	Dropleg-Applikationstechnik		Konventionelle Applikationstechnik	
	7 Tage n.d.A. (g/ha)	16 Tage n.d.A. (g/ha)	7 Tage n.d.A. (g/ha)	16 Tage n.d.A. (g/ha)
	Handernte			
Korn	7,04	0,96	48,0	40,8
Spreu	300,23	8,72	843,49	122,95
Stroh	1394,40	159,36	730,4	73,04
Gesamt	1701,67	169,04	1621,89	236,79
	Maschinenernte			
Korn	17,60	1,36	48,0	51,2
Spreu	185,85	20,02	886,38	138,68
Stroh	1859,20	219,12	1062,40	139,44
Gesamt	2062,65	240,50	1996,78	329,32

Tab. 3. AMPA Rückstandswerte (mg/kg) an Spreu und Stroh 7 und 16 Tage nach der Applikation (konv. = konventionell)

Ernteverfahren	Spreu				Stroh			
	7 Tage n.d.A.		16 Tage n.d.A.		7 Tage n.d.A.		16 Tage n.d.A.	
	Dropleg	konv.	Dropleg	konv.	Dropleg	konv.	Dropleg	konv.
Hand	0,030	0,44	0,014	0,31	0,066	0,032	0,022	0,017
Maschine	0,082	0,51	0,016	0,20	0,088	0,051	0,023	0,024

CESSNA et al. (1994, 2000, 2002) untersuchten Rückstände von Glyphosat und AMPA in Weizen, Raps, Felderbsen, Gerste und Lein nach einer Vorernteanwendung. Dabei wurde in allen Kulturen festgestellt, dass die Höhe der Rückstände von der Aufwandmenge und dem Reifestadium der Kultur zum Zeitpunkt der Applikation abhängen. Dabei wurde der Weizen bei einer Kornfeuchte von 40% gespritzt. Die Glyphosatrückstände lagen bei kleiner 5 mg/kg. Dies deckt sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen dieser Arbeit, wo Rückstandswerte am Korn von 5 bis 6,6 mg/kg bei konventioneller Applikationstechnik ermittelt wurden. Dabei wird die festgesetzte Höchstmenge (BVL, 2016b) für Glyphosat am Korn von 10 mg/kg beim Weizen nicht überschritten.

Es zeigt sich, dass mit zunehmendem Abstand zum Applikationstermin mit sinkenden Rückstandswerten zu rechnen ist. Zwischen den beiden Probenahmeterminen wurden deutliche Unterschiede festgestellt. Die Rückstandswerte sind im Allgemeinen 16 Tage nach der Applikation niedriger als 7 Tage nach der Applikation. Die Wartezeit ist somit für die Höhe der Rückstände von großer Bedeutung. Ferner ist davon auszugehen, dass die Witterungsbedingungen nach der Applikation mit ent-

scheidend für die Rückstandshöhe sind. Niederschläge erhöhen die Abwaschung von Wirkstoffanteilen und senken die Oberflächenrückstandsgehalte von Glyphosat und seinem Hauptmetaboliten Aminomethylphosphorsäure (AMPA) an Korn, Spreu und Stroh.

Als Vorteilhaftigkeit der Dropleg-Applikationstechnik ist hervorzuheben, dass die Wirkstoffrückstandsgehalte am Getreidekorn gegenüber konventioneller Applikationstechnik deutlich gesenkt werden können. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Dropleg-Applikationstechnik nur im stehenden Getreide einsetzbar ist. Die Applikationstechnik eignet sich z.B. um eine Spätverunkrautung zu bekämpfen. Andererseits ist festzustellen, dass in stehendem Getreide kein Unkraut oberhalb des Bestandes bekämpft werden kann.

Danksagung

Die Autoren danken Annika BEHME und Jens BEHRENS für die gewissenhafte Durchführung der Feldversuche sowie Bärbel GROSSE und Ina STACHEWICZ-VOIGT für die Durchführung der Rückstandsanalysen.

Literatur

- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit), 2014: Neue Anwendungsbestimmungen für Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Glyphosat. http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/06_Fachmeldungen/2014/2014_05_21_Fa_Neue_Anwendung_Glyphosat.html?nn=1400938 (Stand: 12.7.2017).
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit), 2016a: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2015.
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit), 2016b: Rückstands-Höchstmengenverordnung – RHMV. http://www.bvl.bund.de/GGTSPU-styx2.jki.bund.de-32141-2811273D6vkdcOKDRUhgFo-DAT/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/archiv_mrl_liste_zip.zip?__blob=publicationFile%26v=3 (Stand: 12.7.2017).
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit), 2016c: Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 1. Ackerbau – Wiesen und Weiden – Hopfenbau – Nichtkulturland. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Saphir Verlag.
- CESSNA, A.J., A.L. DARWENT, K.J. KIRKLAND, L. TOWNLY-SMITH, K.N. HARKER, L.P. LEFKOVITCH, 1994: Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in field pea, barley and flax seed following preharvest applications. *Canadian Journal of Plant Science* **74**, 653-661.
- CESSNA, A.J., A.L. DARWENT, L. TOWNLY-SMITH, K.N. HARKER, K.J. KIRKLAND, 2002: Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in field pea, barley and flax seed following preharvest applications. *Canadian Journal of Plant Science* **82**, 485-489.
- CESSNA, A.J., A.L. DARWENT, L. TOWNLY-SMITH, K.N. HARKER, K.J. KIRKLAND, 2000: Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in canola seed following preharvest applications. *Canadian Journal of Plant Science* **80**, 425-431.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 2013: Glyphosat – Verantwortungsvoller Umgang mit einem Wirkstoff. DLG-Merkblatt 391.
- GOSCINNY, S., H. UNTERLUUGAUER, J. ALDRIAN, V. HANOT, S. MASSELER, 2012: Determination of glyphosate and its metabolite AMPA (aminomethylphosphonic acid) in cereals after derivatization by isotope dilution and UPLC-MS/MS. *Food Analytical Methods* **5**, 1177-1185.
- GRIFFIN, J.L., J.M. BOUDREAUX, D.K. MILLER, 2010: Herbicides as harvest aids. *Weed Science* **58**, 355-58.
- ISO, 16308:2014-09: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Glyphosat und AMPA – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitsschromatographie (HPLC) mit tandem-massenspektrometrischer Detektion.
- JKI (Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen), 2017: Handlungsempfehlung der Bund-Länder-Experten-gruppe zur Anwendung von Glyphosat im Ackerbau und in der Grünlandbewirtschaftung. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut **187**, 16 S. DOI: <http://dx.doi.org/10.5073/berjki.2017.187.000>.
- KEHLENBECK, H., J. SALTZMANN, J. SCHWARZ, P. ZWERGER, H. NORDMEYER, D. ROSSBERG, I. KARPINSKI, J. STRASSEMAYER, B. GOLLA, B. FREIER, 2015: Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland. *Julius-Kühn-Archiv* **451**, 1-150.
- RÜEGG, J., R. TOTAL, 2013: Dropleg-Applikationstechnik für zielgerichteten Pflanzenschutz in Reihenkulturen. *Flugschrift Bundesamt für Landwirtschaft, Agroscope, Schweiz*, 27 S.
- SANCO, 2010: Guidance document on pesticide residue analytical methods. SANCO/825/00 rev. 8.1.
- STEINMANN, H.-H., M. DICKEDUISBERG, L. THEUVSEN, 2012: Uses and benefits of glyphosate in German arable farming. *Crop Protection* **42**, 164-169.
- STEINMANN, H.-H., 2013: Glyphosat – ein Herbizid in der Diskussion und die Suche nach dem „Notwendigen Maß“. *Gesunde Pflanzen* **65**, 47-56.
- WIESE, A., M. SCHULTE, L. THEUVSEN, H.-H. STEINMANN, 2016: Anwendungen von Glyphosat im deutschen Ackerbau – Herbologische und ackerbauliche Aspekte. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 249-254.
- YENISH, J.P., F.L. YOUNG, 2000: Effect of preharvest glyphosate application on seed and seedling quality of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* **14**, 212-217.