

Anwendungen von Glyphosat im deutschen Ackerbau – Betriebliche Aspekte

Uses of glyphosate in German arable farming – operational aspects

Armin Wiese^{1*}, Michael Schulte², Ludwig Theuvsen², Horst-Henning Steinmann¹

¹Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen

²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

*Korrespondierender Autor, armin.wiese@zentr.uni-goettingen.de



DOI 10.5073/jka.2016.452.035

Zusammenfassung

Glyphosat ist der in Deutschland am häufigsten eingesetzte herbizide Wirkstoff. Trotz eines hohen Stellenwertes in verschiedenen ackerbaulichen Situationen ist die agronomische Bedeutung des Wirkstoffes im Nicht-GVO-Ackerbau nach wie vor wenig erforscht. Aufgrund dessen ist im Winter 2014/2015 eine umfangreiche Erhebung unter konventionell wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt worden. Auf Basis der Umfrageergebnisse konnte mithilfe einer Cluster-Analyse ermittelt werden, wie sich Betriebstypen hinsichtlich der Glyphosatanwendungen unterscheiden. Eine Veranschaulichung von sieben verschiedenen Clustern erlaubt einen differenzierten Einblick in ackerbauliche Betriebsstrukturen. Die Betriebstypen unterscheiden sich vor allem bezüglich der Wahl zwischen konservierender und wendender Bodenbearbeitung. Analog zu dieser Differenzierung gestaltet sich auch die Intensität der Glyphosatanwendungen. Zusätzlich wird sichtbar, dass sich Cluster mit einem höheren Glyphosat-Anwendungsumfang durch einen geringeren Arbeitskräftebesatz, mehr Ackerfläche und/oder einem verstärkten Zwischenfruchtanbau charakterisieren lassen. Des Weiteren geben Betriebsgruppen mit einem intensiveren Glyphosateinsatz eher an, diesen Wirkstoff zum Resistenzmanagement zu benötigen. Die Einschätzungen der befragten Landwirte bezüglich der betriebswirtschaftlichen Bedeutung von Glyphosat variieren je nach Betriebstyp. Mithilfe der Betriebscluster können die wichtigsten Anwendungssituationen von Glyphosatherbiziden im Ackerbau weiter betriebswirtschaftlich analysiert und Szenarien für Folgenabschätzungen gebildet werden.

Stichwörter: Betriebsstrukturen, Herbizide, Stoppelanwendung, Vorsaatanwendung

Abstract

Glyphosate is the most frequently used herbicide active ingredient in Germany. Studies regarding its usage in non-GMO arable farming are still rare even though it plays an important role in several agronomic situations. Therefore, we conducted a comprehensive survey, which was carried out among conventional German farms in Winter 2014/2015. Based on the results of this survey we analyzed via cluster analysis how types of farms differ in terms of glyphosate usage. An illustration of seven clusters allows deep insights into arable farm structures. The farm types can be distinguished regarding their tillage system and similar to this differentiation also concerning their intensity of glyphosate application. Furthermore, it becomes obvious that farm clusters with a higher level of glyphosate usage are characterized by a lower number of labourers per hectare, more arable land and/or enhanced cover cropping. Moreover, groups of farmers who rely more on glyphosate are more likely to state that they need glyphosate for herbicide resistance management. Farmers' assessments of the economic importance of glyphosate usage vary depending on the type of farm. By means of the farm clusters, the most important situations of glyphosate usage can be further analyzed economically and scenarios for impact assessments can be made.

Keywords: Farm structures, herbicides, pre-sowing application, stubble application

Einleitung

Als nicht-selektives Blattherbizid ist der Wirkstoff Glyphosat 1974 erstmals zugelassen worden. Glyphosathaltige Herbizide haben sich seitdem weltweit zu den meistverkauften Pflanzenschutzmitteln entwickelt (DUKE und POWLES, 2008). In Deutschland hat Glyphosat ebenfalls einen hohen Stellenwert. Ein Anwendungsumfang von 30-40 % auf der gesamten ackerbaulich genutzten Fläche lässt darauf schließen, dass Glyphosat – insbesondere bei der konservierenden

Bodenbearbeitung – ein wichtiger Bestandteil im Ackerbaumanagement vieler Betriebe darstellt (SCHMITZ und GARVERT, 2012; STEINMANN et al., 2012).

Entgegen der intensiven, wenn auch kontrovers diskutierten Forschung zu toxikologischen Fragestellungen, ist die agronomische Bedeutung des Wirkstoffes im europäischen Ackerbau nach wie vor wenig erforscht. Für eine genauere Bewertung des Glyphosateinsatzes im deutschen Ackerbau gibt es keine ausreichenden wissenschaftlichen Grundlagen (SCHULTE und THEUVSEN, 2015; STEINMANN, 2013).

Um diese Wissenslücke zu füllen und weitere Erkenntnisse zum Glyphosateinsatz zu gewinnen, ist im Winter 2014/2015 eine umfangreiche Erhebung unter konventionell wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt worden. In diesem Beitrag werden erste deskriptive Ergebnisse zum Anwendungsumfang dargestellt. Auf Basis der abgefragten Items wurde darüber hinaus untersucht, inwiefern sich Glyphosatanwendungen in das sonstige Ackerbaumanagement einbetten. Mithilfe einer Cluster-Analyse ist darum der Frage nachgegangen worden, inwiefern sich Betriebstypen hinsichtlich der Anwendung von Glyphosat unterscheiden.

Material und Methoden

Die Daten aus der vorliegenden Studie stammen aus einer im Winter 2014/2015 durchgeführten und auf Fragebögen basierenden Erhebung zum Glyphosateinsatz im deutschen Ackerbau. Im Anschreiben der Befragung waren gezielt konventionell wirtschaftende Betriebe angesprochen worden. Die Umfrage konnte sowohl online als auch per Brief beantwortet werden. Für eine breite Streuung des Fragebogens wurden verschiedene Wege genutzt. Dazu zählen mehrere regionale und überregionale landwirtschaftliche Fachzeitschriften und Email-Verteiler von Pflanzenschutzdiensten, Betriebsberatungen und Bauernverbänden. Zudem wurden 1000 Landwirte aus den Ausbildungsregistern der Länder per Post angeschrieben. Insgesamt haben 8023 Landwirte den Online-Fragebogen angeklickt oder per Brief einen Fragebogen erhalten. Nach einer Datenbereinigung standen 2026 ausgefüllte Fragebögen für weitere Auswertungen zur Verfügung. Der Fragebogen beinhaltete 38 Fragekonstrukte zu verschiedenen betriebsstrukturellen Aspekten, die auf den Glyphosateinsatz einwirken können. Neben offenen und metrischen Frageformen, wurden fachliche Einschätzungen der Befragten zu wichtigen ackerbaulichen Aspekten anhand einer fünfstufigen Likertskalierung (-2 = trifft ganz und gar nicht zu, -1 = trifft nicht zu, 0 = teils/teils, 1 = trifft zu, +2 = trifft voll und ganz) abgefragt.

Die Teilnehmer der Befragung bewirtschaften größtenteils Ackerbaubetriebe (49 %), während sich 21,5 % als Gemischtbetriebe, 17 % als Veredlungsbetriebe, 9,8 % als Milchviehbetriebe, 0,9 % als Dauerkulturbetriebe und 1,8 % als Sonstige bezeichnen. Das Durchschnittsalter der Teilnehmer beträgt 47 Jahre und 79,1 % der befragten Betriebe werden im Haupterwerb bewirtschaftet. Die durchschnittliche landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF) aller teilnehmenden Betriebe beträgt 279,4 Hektar (ha) (Median: 95 ha), der Anteil der gepflügten Ackerfläche 31,8 %. Somit ist die durchschnittliche Betriebsgröße in dieser Umfrage höher und der „Pfluganteil“ niedriger als im Bundesdurchschnitt (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011; STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014). Aufgrund der Besonderheiten der Datengewinnung handelt es sich zwar nicht um eine repräsentative Erhebung, wohl aber um ein sogenanntes Convenience Sample (FOWLER, 2002) und damit um eine für sozioökonomische Studien geeignete Datenquelle. Ein Bestandteil des analytischen Teils dieser Auswertung sind acht elementare Betriebsstrukturmerkmale. Tabelle 1 listet diese Variablen mit den entsprechenden Mittelwerten auf.

Tab. 1 Variablen der analytischen Auswertung mit Mittelwerten (n = 2026).**Tab. 1** Variables of the analytical analysis with means (n=2026).

Merkmal	Mittelwert	Merkmal	Mittelwert
Anteil gepflügter Fläche (%)	31,8	Anteil Zwischenfruchtanbau auf AF (%)	10,7
Ak (Arbeitskraft) je 100 ha (LNF)	0,9*	Anteil Sommerfrucht kultivierung auf AF (%)	25,6
Ackerfläche (AF) in ha	258,1	Shannon-Index	1,46
Ackerzahl	47,5	Complexity-Index	0,92

*umgerechnet von 110,8 ha (LNF) / Ak

Innerhalb des Variablen-Spektrums befinden sich zwei Index-Werte zur Darstellung der Anbauvielfältigkeit: der Shannon-Index und der Complexity-Index. Der Shannon-Index ist ein Diversitäts-Index und misst die Fruchtartenvielfältigkeit eines Betriebes in einem Jahr. Die Berechnung erfolgte anhand der in der Anbausaison 2013/2014 angebauten Früchte und deren Anbauumfang (SPELLERBERG und FEDOR, 2003). Betriebe mit einem diversen Anbauspektrum haben einen höheren Indexwert. Aus diesem Wert geht jedoch nicht der Wechsel zwischen verschiedenen Fruchtarten hervor. Daher ist basierend auf den drei wichtigsten Fruchtfolgen der befragten Betriebe ein „Fruchtwechsel“-Index berechnet worden. Die einzelnen Fruchtfolgefelder wurden in vier Kategorien umcodiert. Es erfolgte zunächst eine Differenzierung zwischen Halm- und Blattfrüchten. Auf Basis dieser Fruchtartengruppen wurde weiterhin zwischen Sommerungen und Winterungen unterschieden. Unter Zuhilfenahme der Statistiksoftware R und der Erweiterung TraMinEr konnte schließlich der Complexity-Index nach GABADINHO et al. (2011) angewandt werden. Dieser Index berücksichtigt sowohl die Länge der Fruchtfolge als auch die Anzahl der Wechsel zwischen den genannten Kategorien. Die Index-Werte hinsichtlich der Fruchtfolgen dieses Datensatzes liegen zwischen 0 (z. B. Maisdaueranbau) und 1,91.

Einige Fragen – insbesondere zu den Fruchtfolgen – wurden nicht vollständig ausgefüllt oder waren nicht auswertbar, woraufhin sich der Datensatz für den analytischen Teil der Auswertung auf 1628 Betriebe reduziert. Die Variablen im Datensatz wurden zunächst einer Faktorenanalyse unterzogen und dienten der Cluster-Analyse dann als Input-Variablen. Da im vorliegenden Datensatz miteinander korrelierende Variablen vorlagen, konnte mit der Faktorenanalyse eine Gleichgewichtung erreicht werden. Im selben Zuge fand eine Reduzierung auf eine geringe Anzahl aussagekräftiger Variablen statt. Als Resultat wurden zusammenhängende Variablen in Faktoren gebündelt. Die Umsetzung erfolgte unter Anwendung der Hauptkomponentenmethode mit anschließender Varimax-Rotation (BACKHAUS et al., 2000). Die daraus resultierenden Faktorwerte wurden als Grundlage für die Cluster-Analyse genutzt, wobei hierarchische und partitionierende Verfahren miteinander kombiniert wurden (KETCHEN und SHOOK, 1996). Zunächst wurden mit Hilfe einer explorativen Single-Linkage Cluster-Analyse 13 Ausreißer entfernt (PUNJ und STEWART, 1983), woraufhin auf Basis des Ward-Algorithmus und unter Zuhilfenahme des Elbow-Kriteriums sowie zusätzlicher Plausibilitätsüberlegungen die optimale Cluster-Anzahl bestimmt werden konnte. Mit den gewonnenen Informationen erfolgte die Umsetzung der Clusterung mithilfe des k-Means-Algorithmus (HAIR et al., 2006; BACKHAUS et al., 2000).

Ergebnisse

Die Anwendungsmengen der jeweiligen Glyphosat-Anwendungsbereiche werden in der Tabelle 2 dargestellt. Die Stoppelbehandlung ist die bedeutendste Anwendung und wurde im Anbaujahr 2013/2014 auf 22,2 % der gesamten ackerbaulich genutzten Fläche appliziert, gefolgt von der Vorsaatanwendung (12,7 %). Die Vorerntebehandlung hat die geringste Bedeutung und wird nur auf 2,2 % der Ackerfläche angewendet. Hochrechnungen auf Kulturflächen ergeben ebenfalls deutliche Unterschiede (Tab. 3). Während Winterweizen, Mais, Leguminosen und Wintergerste auf ca. einem Drittel der Fläche mit Glyphosat behandelt werden, liegt der Anteil behandelter Fläche bei Winterraps (71,5 %) und Zuckerrüben (48,4 %) wesentlich höher.

Tab. 2 Durchschnittliche behandelte Ackerfläche der drei verschiedenen Glyphosatanwendungen (% der Ackerfläche im Mittel der Betriebe, n = 2026, 2013/2014).

Tab. 2 *Average arable land treated with three different kinds of glyphosate usages (% of arable land, n=2026, 2013/2014).*

Anwendung	beh. AF (%)
Stoppel	22,2
Vorsaat	12,7
Vorernte	2,2
ges. beh. Ackerfläche	37,1

Tab. 3 Durchschnittliche behandelte Fläche wichtiger Ackerbaukulturen (% der Kulturlfläche im Mittel der Betriebe, n = 2026, 2013/2014).

Tab. 3 *Average treated area of major field crops (% of crop area, n=2026, 2013/2014).*

Feldfrucht	beh. Fläche (%)	Feldfrucht	beh. Fläche (%)
Winterraps	71,5	Winterweizen	30,9
Zuckerrübe	48,4	Mais	27,0
Wintergerste	32,9	Leguminosen	26,4

Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der Faktoren- und der Clusteranalyse zusammen. Im Rahmen der Faktorenanalyse sind vier Faktoren mit Eigenwerten >1 extrahiert worden, wobei nur Variablen mit Faktorladungen von mindestens 0,4 berücksichtigt wurden. Der erste Faktor beschreibt den Anbau von Zwischenfrüchten und Frühjahrskulturen. Der zweite Faktor setzt sich aus den miteinander korrelierenden Variablen Arbeitskräftebesatz, Pfluganteil und dem Anteil der Stoppel- und Vorsaat-anwendung von Glyphosat auf der betrieblichen Ackerfläche zusammen. Faktor 3 beinhaltet die Variablen der Fruchtarten- und Fruchtfolgevielfältigkeit, während der vierte Faktor die Rahmenbedingungen unter denen der Betrieb wirtschaftet beschreibt (Ackerfläche und Bodengüte). Der Anteil der mit Glyphosat als Vorernteanwendung behandelten Ackerfläche konnte im Rahmen der Faktorenanalyse keine ausreichend hohe Faktorladung erreichen und ist deswegen aus der Analyse ausgeschlossen worden. Im Nachgang der Analyse werden die Cluster-Mittelwerte dieser Variable aufgeführt. Die Faktoren erklären insgesamt 62,59 % der Varianz aller berücksichtigten Variablen und eine Diskriminanzanalyse bestätigte eine Klassifizierungsgenauigkeit der im Folgenden beschriebenen Cluster-Analyse von 90,5 %.

Für eine aufschlussreiche Ausdifferenzierung der vorhandenen Betriebsstrukturen erscheint eine 7-Clusterlösung als bestmöglich geeignet. Zum besseren Verständnis wurden alle Cluster jeweils mit einer Charakterisierung versehen. Die Aufeinanderfolge der Cluster erfolgt nach dem Anteil der gepflügten Ackerfläche, welche von A bis G abnimmt. Für die Betriebe in den Clustern A, B und C spielt der Pflug noch eine wichtige Rolle, während in den Clustern D, E, F und G die konservierende Bodenbearbeitung überwiegt. Einfachheitshalber werden die Cluster A, B und C in den weiteren Ausführungen als „Pflüger“ und die übrigen Cluster als „Konservierer“ bezeichnet.

Tab. 4 Ergebnisse der Faktorenanalyse und Charakterisierung der Betriebscluster (n = 1615).

Tab. 4 Results of factor analysis and characterization of farm clusters (n=1615).

	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D	Cluster E	Cluster F	Cluster G
Charakterisierung der Betriebe	"Kleine Betriebe"	"Pfluglastige Betriebe mit einseitigen Fruchtfolgen"	"Pfluglastige Betriebe mit diversen Fruchtfolgen"	"Betriebe mit sommerungslastigen Fruchtfolgen"	"Groß-Betriebe"	"Mulchsaatbetriebe auf Gunststandorten"	"Rationalisierte Betriebe"
N = Anzahl der Betriebe	300	393	251	160	116	230	165
Faktor 1							
ZW*** (FL=0,853)	28,9	5,7	20,9	42,6	7,9	21,7	5,4
SO*** (FL=0,809)	48,7	14,7	37,1	52,8	24,1	32,1	12,9
Faktor 2							
PF*** (FL=-0,724)	79,7	62,8	58,4	30,6	30,1	27,3	14,6
VS*** (FL=0,711)	3,4	4,7	4,9	34,3	6,8	20,5	29,8
AK*** (FL=0,524)	2,5	1,5	1,7	1,6	0,9	1,3	0,7
ST*** (FL=0,522)	6,7	9,6	6,5	13,3	30,6	8,1	34,8
Faktor 3							
CI*** (FL=0,824)	0,59	0,62	1,2	0,83	1,05	1,08	0,77
SI*** (FL=0,793)	1,1	1,19	1,56	1,15	1,66	1,27	1,18
Faktor 4							
AZ*** (FL=-0,827)	37,8	55,4	46,2	44,3	40,4	67,8	52,1
HA*** (FL=0,478)	67,7	113,7	156,1	121	1600,7	161,3	405,4
Cluster beschreibende Variablen							
VE	1	1,4	1	1,7	2,5	1,3	2
Erosion ^{1***}	-0,25	-0,46	-0,12	0,27	0,28	0,19	0,02
Resistenz ^{1***}	-0,5	-0,1	-0,31	0,19	0,46	0,1	0,89
Erfolg ^{1***}	0,37	0,22	0,25	-0,36	-0,64	-0,06	-0,72

Faktor 1 = (ZW/SO) Anteil mit Zwischenfrüchten bzw. Sommerfrüchten kultivierte Ackerfläche (%)

Faktor 2 = (VS) Vorsaatsbehandlung (%), (PF) Pfluganteil (%), (AK) Ak je 100 ha - umgerechnet von ha/Ak -, (ST) Stoppelbehandlung (%)

Faktor 3 = (CI) Complexity-Index, (SI) Shannon-Index

Faktor 4 = (AZ) Ackerzahl, (HA) Ackerfläche in Hektar

VE = Vorernteanwendung

Erosion = "Die Erosionsanfälligkeit des Bodens beeinflusst die Form der Bewirtschaftung"

Resistenz = "Ich wende Glyphosat gezielt an, um Resistenzen im Ackerbau zu vermeiden"

Erfolg = "Auch ohne Glyphosat werde ich die bisherigen betriebswirtschaftlichen Ergebnisse erzielen"

¹Skala von +2 Trifft voll und ganz zu bis -2= Trifft ganz und gar nicht zu

Erklärte Gesamtvarianz = 62,59%; Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium = 0,628; FL=Faktorladung

Signifikanzniveaus der Mittelwertvergleiche (ANOVA):

* = p≤0,05, ** = p≤0,01, *** = p≤0,001;

(Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung)

Analog zu dieser Differenzierung gestaltet sich auch die Intensität der Glyphosatanwendungen: Die „Konservierer“ wenden in der Summe aus Stoppel-, Vorsaats- und Vorernteanwendung mehr Glyphosat an. Darüber hinaus bewirtschaften Betriebe in den Mulchsaat-Clustern E, F und G tendenziell mehr Ackerfläche und haben einen geringeren Arbeitskräftebesatz. Die Cluster „Kleine Betriebe“ und „Betriebe mit sommerungslastigen Fruchtfolgen“ weisen hohe Sommerungsanteile auf und die Cluster C, E und F verfügen über eine höhere Anbauvielfältigkeit.

Clusterbeschreibende Variablen sind unter anderem Erosionsschutz, Herbizidresistenzen und Betriebserfolg. Der genaue Wortlaut dieser Statementvariablen wird ebenfalls in der Tabelle 4

aufgeführt. Auch bezüglich dieser Items können die „Pflüger“ und „Konservierer“ – in unterschiedlichem Ausmaß – voneinander abgegrenzt werden. Insbesondere „Rationalisierte Betriebe“ und „Großbetriebe“ sind eher auf Glyphosat zur Aufrechterhaltung der bisherigen betriebswirtschaftlichen Ergebnisse angewiesen. Des Weiteren sehen vor allem die „Rationalisierten Betriebe“ eine Notwendigkeit darin, Glyphosat einzusetzen, um Herbizidresistenzen entgegen zu wirken.

Diskussion

Mit der vorliegenden Studie ist es erstmals möglich, Glyphosatanwendungsmuster im betrieblichen Kontext zu analysieren. Die verwendete Analyseverfahren hatte das Ziel, verschiedene Betriebstypen hinsichtlich des Glyphosateinsatzes zu ermitteln. Die hohe Anzahl von Clustern ist ein Hinweis auf diverse und zusätzlich heterogene Betriebsstrukturen in der deutschen Landwirtschaft. Es werden Wechselwirkungen zwischen Glyphosatanwendungen und betrieblichen Eigenschaften sichtbar. Vor allem der Trend zur Minimalbodenbearbeitung steigert den Aufwand glyphosathaltiger Herbizide. Damit bestätigt und ergänzt diese Studie frühere Untersuchungen. Nach STEINMANN et al. (2012) würden bei einem Verzicht auf Glyphosat die Anzahl der Bodenbearbeitungsgänge und der Pfluganteil ansteigen. Auch in der vorliegenden Studie wird klar, dass der Glyphosateinsatz mit der Art und Anzahl der Bodenbearbeitung interagiert. So setzen die beschriebenen „Pflug“-Cluster deutlich weniger Glyphosat ein als die „Konservierer“. Des Weiteren unterstreicht diese Studie, dass die reduzierte Bodenbearbeitung auch eine Frage des Standortes ist, denn es setzen schwerpunktmäßig Betriebe mit mehr Ackerfläche auf diese Wirtschaftsweise. Es wäre aber zu kurz gegriffen, den Glyphosateinsatz allein von diesen Faktoren abzuleiten. Betriebe mit einer höheren Glyphosat-Anwendungsintensität lassen sich zusätzlich durch einen niedrigeren Ak-Besatz oder einem verstärkten Zwischenfruchtanbau charakterisieren (vgl. SCHULTE et al., in prep.).

Auch die Rahmenbedingungen, innerhalb der die verschiedenen Arten der Glyphosatbehandlungen angewendet werden, unterscheiden sich erheblich. Die Vorsaatanwendung wird häufig flankierend zur Kultivierung von Sommerungen durchgeführt, welche eher auf den mittelgroßen Mulchsaatbetrieben (Cluster D und F) in dieser Studie relevant sind. Demgegenüber haben auch die „Rationalisierten Betriebe“ mit einem sehr geringen Sommerfruchtanteil einen erhöhten Bedarf nach dieser Anwendung – vermutlich zur Unterstützung von Herbiziden, die vermeintlich bereits an Wirkung verloren haben. Die Stoppelanwendung hingegen scheint grundsätzlich stärker mit der Betriebsgröße und dem Winterfruchtanteil zu interagieren. Eine genauere Analyse dieser Anwendung ist anhand der Ergebnisse nicht möglich, zumal auch starke Wechselwirkungen mit anderen Faktoren wie der Art der angebauten Winterkulturen naheliegend sind.

Eine Auswirkung der Anbauvielfältigkeit auf die Intensität der Glyphosat-Anwendungen ist nicht abzuleiten. So weisen auf der einen Seite die Cluster mit einem geringeren Glyphosateinsatz (Cluster A und B) und auf der anderen Seite Cluster mit dem intensivsten Glyphosateinsatz (Cluster D und G) geringere Anbauvielfältigkeitsindizes auf. Gleichwohl fällt auf, dass der Cluster „Großbetriebe“ eine höhere Anbaudiversität aufweist, was aus pflanzenbaulicher Sicht positiv zu bewerten ist. Kleine Betriebe verfügen, entgegen dem Klischee, nicht per se über diversere Fruchtfolgen. Möglicherweise ist in diesen Gruppen die Nebenerwerbsquote hoch, was zu vereinfachter Betriebsstruktur führen kann.

Der intensivste Glyphosateinsatz ist auf den „Rationalisierten Betrieben“ (auf ca. 67 % der AF) zu verzeichnen. Ein Mittelwert von ca. 15 % gepflügter Fläche weist darauf hin, dass der Pflug auf diesen Betrieben kaum noch angewendet wird oder schon komplett durch Mulchsaattechnik ersetzt worden ist. Gleichzeitig besteht auf diesen Betrieben ein Bedarf danach, Glyphosat einzusetzen um Resistenzen vorzubeugen. Dies weist auf bereits vermutete Herbizid-Minderwirkungen hin (WIESE et al., 2016). Diese Betriebe erwarten bei einem Glyphosatverzicht ernste wirtschaftliche Konsequenzen. Es steht die Frage zur Diskussion, ob vor allem die

Einstellung des Betriebsleiters, die Betriebsgröße oder ein Fachkräftemangel in der deutschen Landwirtschaft für das Management auf diesem Betriebstyp bestimmend sind (vgl. SCHULTE et al., in prep.).

Im Vergleich mit einer ersten Erhebung zum Glyphosateinsatz im Winter 2010/2011 (STEINMANN et al., 2012) ist der Gesamtanwendungsumfang nahezu unverändert geblieben. Die Vorernteanwendung ist nach wie vor eine Spezialmaßnahme. Durch Anwendungseinschränkungen sowie Beratungsempfehlungen konnte die Einsatzmenge auf einem niedrigen Niveau gehalten werden. Die vorliegende Studie zeigt einerseits die Bedeutung von Glyphosat für Betriebe mit einem Fokus auf Minimalbodenbearbeitung, andererseits wird auch die große Diversität der Betriebssituationen sichtbar, in denen Glyphosat angewendet wird. Auch innerhalb der Cluster verhalten sich nicht alle Betriebe in der gleichen Weise. So sind die Glyphosatanwendungsmuster nach wie vor sehr individuell. Wie in einem weiteren Beitrag in diesem Band gezeigt wird, wendet ein Teil der Betriebe gar kein Glyphosat an (WIESE et al., 2016). Einige Items aus dieser Studie beruhen auf persönlichen Einschätzungen der Landwirte. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass Landwirte die Bedeutung von Glyphosat auch überschätzen und mehr als notwendig einsetzen. Aber auch Experten fehlen belastbare Daten. Das Fehlen aussagekräftiger pflanzenbaulicher Studien zu Anwendungen von Glyphosat über längere Zeiträume und auch hinsichtlich seiner Ertragswirkungen erschwert betriebswirtschaftliche Kalkulationen und Folgenabschätzungen. Mithilfe der Betriebscluster können die wichtigsten Anwendungssituationen von Glyphosatherbiziden im Ackerbau weiter betriebswirtschaftlich analysiert und auch Szenarien für Folgenabschätzungen gebildet werden. Für einen herbiziden Wirkstoff mit einer 40 Jahre langen Anwendungsgeschichte und einer derart großen Bedeutung gibt es noch erstaunlich viele Unklarheiten.

Danksagung

Das Vorhaben wurde gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen der Innovationsförderung (Projektträger BLE). Für die Unterstützung der Umfrage danken wir den beteiligten Fachzeitschriften, den Pflanzenschutzdiensten der Länder, den Betriebsberatungen sowie dem Bauernverband.

Literatur

- BACKHAUS, K., B. ERICHSON, W. PLINKE und R. WEIBER, 2000: Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung. 9. Auflage, Springer.
- DUKE, S.O. und S.B. POWLES, 2008: Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science* **64** (4), 319-325.
- FOWLER, F.J., 2002: *Survey Research Methods*. Sage, Thousand Oaks, CA.
- GABADINHO, A., G. RITSCHARD, N.S. MÜLLER und M. STUDER, 2011: Analyzing and Visualizing State Sequences in R with TraMineR. *Journal of Statistical Software* **40** (4), 1-37.
- HAIR, J.F., B. BLACK und B. BABIN, 2006: *Multivariate Data Analysis*. 6. Edition, New York, Pearson/Prentice Hall.
- KETCHEN, D.J. und C.L. SHOOK, 1996: The application of cluster analysis in strategic management research: an analysis and critique. *Strategic Management* **17**, 441-458.
- PUNJ, S. und D.W. STEWART, 1983: Cluster Analysis in Marketing Research: Review and Suggestions for Application. *Journal of Marketing Research* **20** (2), 134-148.
- SPELLERBERG, I.F. und P.J. FEDOR, 2003: A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the "Shannon-Wiener" Index. *Global Ecology and Biogeography* **12**, 177-179.
- SCHMITZ, P.M. und H. GARVERT, 2012: Die ökonomische Bedeutung des Wirkstoffs Glyphosat für den Ackerbau in Deutschland. *Journal für Kulturpflanzen* **64**, 150-162.
- SCHULTE, M., A. WIESE, H.H. STEINMANN und L.THEUVSEN, 2016, in prep.: Determinants of use of the herbicide glyphosate: Evidence from German farmers.
- SCHULTE, M. und L. THEUVSEN, 2015: Der ökonomische Nutzen von Herbiziden im Ackerbau unter besonderer Berücksichtigung von Glyphosat. *Journal für Kulturpflanzen* **67**, 269-279.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011: *Landwirtschaft auf einen Blick*, Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014: *Statistisches Jahrbuch 2014*, Kapitel 19: Land- und Forstwirtschaft. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/LandForstwirtschaft.pdf;jsessionid=676EE521FA0EBAABF323A24A930442F5.cae1?__blob=publicationFile. Abgerufen: 1.10.2015.

27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 23.-25. Februar 2016 in Braunschweig

STEINMANN, H.-H., 2013: Glyphosat – ein Herbizid in der Diskussion und die Suche nach dem „Notwendigen Maß“. *Gesunde Pflanzen* **65** (2), 47-56.

STEINMANN, H.-H., DICKEDUISBERG, M. und L. THEUVSEN, 2012: Uses and benefits of glyphosate in German arable farming. *Crop Protection* **42**, 164-169.

WIESE, A., SCHULTE, M., THEUVSEN, L. und H.-H. STEINMANN, 2016: Anwendungen von Glyphosat im Ackerbau – Herbolgische und ackerbauliche Aspekte. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 249-254.