



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# DIE ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON GLYPHOSAT IM DEUTSCHEN ACKERBAU

Michael Schulte, Ludwig Theuvsen, Armin Wiese, Horst-Henning  
Steinmann

Michael-Clemens.Schulte@agr.uni-goettingen.de

Department für Agrarökonomie und RURALE ENTWICKLUNG

Arbeitsbereich Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness

Platz der Göttinger Sieben 5

D-37073 Göttingen

Telefon: 0551 39-13500



## 2016

*Vortrag anlässlich der 56. Jahrestagung der GEWISOLA  
„Agrar- und Ernährungswirtschaft: Regional vernetzt und global erfolg-  
reich“*

*Bonn, 28. bis 30. September 2016*

# **DIE ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON GLYPHOSAT IM DEUTSCHEN ACKERBAU**

## **Zusammenfassung**

Der weltweit am häufigsten eingesetzte Herbizidwirkstoff ist Glyphosat. Während die ökonomische Relevanz des Wirkstoffes beim Anbau von gentechnisch veränderten Organismen in zahlreichen Publikationen thematisiert wurde, ist seine wirtschaftliche Bedeutung für den europäischen Ackerbau nur unzureichend erforscht. In der vorliegenden Studie wird der ökonomische Wert von Glyphosat mithilfe von Szenarioanalysen für drei in Deutschland typischen Fruchtfolgen bestimmt. Die Annahmen für die Berechnungen beruhen auf den Ergebnissen einer Umfrage unter 2.026 Landwirten sowie auf Experteninterviews mit Anbauberatern. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Glyphosatverzicht – je nach Fruchtfolge und bestehendem Bodenbearbeitungsregime – zu unterschiedlich hohen Rückgängen der direkt- und arbeitsenergiekostenfreien Leistung führen würde. Betriebe, die allgemein durch eine intensive Bodenbearbeitung (bspw. einen häufigen Pflugeinsatz) gekennzeichnet sind, verzeichnen bei einem Glyphosatverzicht die geringsten wirtschaftlichen Einbußen; Mulchsaat-Betriebe hingegen wären stärker betroffen. Ferner scheint die konservierende Bodenbearbeitung ohne den Einsatz von Glyphosat unter Risikogesichtspunkten dauerhaft nicht möglich zu sein, sodass eine Intensivierung der Bodenbearbeitung und ein erhöhter Einsatz alternativer Herbizide mit entsprechenden Mehrkosten die Folge wären. Falls die Intensivierung der Bodenbearbeitung jedoch zu Ertragszuwächsen oder weniger Aufwendungen anderer Pflanzenschutzmittel, etwa Fungiziden oder Molluskiziden, führen würde, könnten die Mehrkosten zumindest teilweise kompensiert werden.

## **Keywords**

Ackerbau, Bodenbearbeitung, Herbizid, Glyphosat, Ökonomie, Szenarioanalyse

## **1. Einleitung**

Mit einem Absatz von etwa 5.000 Tonnen (t) pro Jahr entfallen rund ein Viertel aller Herbizidverkäufe und 1/6 aller in Deutschland eingesetzten Pflanzenschutzwirkstoffe auf Glyphosat (FORSTER et al., 2015). Im konventionellen Ackerbau wird Glyphosat im Rahmen der Vorsaats- und Nacherntebekämpfung von Unkräutern sowie in geringem Umfang zur Vorerntebekämpfung von nicht-erntefähigen Getreide- und Rapsbeständen eingesetzt (SCHULTE et al., 2016). Etwa 37,1 % der Ackerfläche werden jährlich mit glyphosathaltigen Herbiziden behandelt; gleichwohl ist erkennbar, dass Glyphosat von Betrieben unterschiedlich stark eingesetzt wird und vielfältige Interaktionen zwischen den Betriebsstrukturen und dem Anbausystem vorliegen (vgl. WIESE et al., 2016). Über diese Anwendungsfelder hinaus findet Glyphosat im Sonderkulturanbau, in der Forstwirtschaft, im Haus- und Kleingartenbereich sowie durch öffentliche Institutionen, etwa die Deutsche Bahn, Verwendung.

Aufgrund unterschiedlicher wissenschaftlicher Stellungnahmen in Bezug auf die gesundheitliche Bewertung des Wirkstoffes herrschte in den vergangenen Jahren ein breiter öffentlicher Diskurs zu dem Wirkstoff (EFSA, 2015). Insbesondere die Beurteilung in Bezug auf die Krebsgefahr (BFR, 2014; IARC, 2015) hat dazu geführt, dass die ursprünglich Ende 2015 auslaufende Zulassung übergangsweise bis Ende Juni 2016 verlängert worden ist. Die EU-Kommission hat sich nun auf eine übergangsweise Zulassung bis Ende 2017 geeinigt. Bis dahin wird mit einer weiteren Eischätzung der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) gerechnet, die einen wichtigen Beitrag im Hinblick auf die weitere Zulassung leisten soll (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Im Vergleich zur gesundheitlichen Bewertung des Wirkstoffes sowie der ökonomischen Bedeutung beim Anbau von gentechnisch veränderten Organismen, sog. Roundup Ready-

Kulturen (z.B. DUKE und POWLES, 2008), ist die ökonomische Bedeutung des Wirkstoffes für die europäische Landwirtschaft nur bedingt erforscht (im Überblick SCHULTE und THEUVSEN, 2015). COOK et al. (2010) sowie STEINMANN et al. (2012) befragten britische bzw. deutsche Landwirte, um aus den Befragungsergebnissen die ökonomische Bedeutung von Glyphosat abzuleiten. SCHMITZ und GARVERT (2012) wiederum führten Experteninterviews mit Offizialberatern in Deutschland und berechneten auf dieser Grundlage den ökonomischen Wert von Glyphosat. KEHLENBECK et al. (2015) fassten schließlich die vorliegende Literatur zusammen, um im Anschluss daran die Folgen eines Glyphosatverbotes zu skizzieren. Bei einem Vergleich der Studien wird erkennbar, dass die Einschätzung der Bedeutung von Glyphosat – trotz einiger zwischen den Studien festzustellender Parallelen – stark schwankt. Einige Studien setzen den ökonomischen Wert von Glyphosat sehr hoch an; dies gilt insbesondere für SCHMITZ und GARVERT (2012). Speziell für Deutschland stellt sich allerdings die Frage, ob ein Herbizid, welches zu großen Teilen nach der Ernte bzw. vor der Aussaat eingesetzt wird, einen derartig großen Einfluss auf den Ertrag der Ackerkulturen ausübt und nicht durch andere Maßnahmen teilweise oder sogar in Gänze ersetzt werden kann. Insgesamt ist eine erhebliche Unsicherheit hinsichtlich der ökonomischen Bedeutung von Glyphosat für die deutsche Landwirtschaft zu konstatieren.

Der vorliegende Beitrag dient dazu, diese Forschungslücke zu schließen und den ökonomischen Wert aus Sicht von landwirtschaftlichen Betrieben exakter zu ermitteln. Mithilfe von Szenarioanalysen werden drei für Deutschland typische Fruchtfolgen eingehend betrachtet und der ökonomische Wert von Glyphosat für sie genauer bestimmt. Die Berücksichtigung der Einschätzungen sowohl von Landwirten als auch von Anbauberatern ermöglicht eine wesentlich detailliertere Berechnung als in den oben aufgeführten Studien. Kapitel 2 stellt die Methodik sowie die Annahmen für die Kalkulation in der gebotenen Kürze dar. In Kapitel 3 folgen die Ergebnisse. Das Papier endet mit einer Diskussion (Kapitel 4) und einem abschließenden Resümee.

## **2. Methodik**

Zur Analyse der skizzierten Fragestellung ist ein mehrstufiges Verfahren angewendet worden. Zunächst wurde zwischen November 2014 und Januar 2015 eine Umfrage unter 2.026 deutschen Landwirten durchgeführt, um die Anwendungsmuster deutscher Landwirte sowie mögliche Anpassungsreaktionen auf einen Glyphosatverzicht genauer zu analysieren (SCHULTE et al., 2016; WIESE et al., 2016; WIESE et al., 2016a). Parallel dazu wurden 13 Experteninterviews (vgl. GLÄSER und LAUDEL, 2010) mit Anbauberatern aus staatlichen Institutionen und privaten Betriebsberatungsunternehmen, die sich intensiv mit dem allgemeinen Pflanzenschutz beschäftigen, durchgeführt. Neben dem Status quo der Anwendung von Glyphosat wurden Substitutions- und Anpassungsreaktionen diskutiert. Die Ergebnisse beider Erhebungen zeigen, dass die reduzierte Bodenbearbeitung nach dem Anbau von Raps sowie vor dem Anbau von Zuckerrüben (PALLUTT, 2011) den Glyphosateinsatz erhöht. Auch dient er der Erosionsvermeidung, dem Resistenzmanagement gegenüber selektiv-wirkenden Herbiziden (ACCase- und ALS-Inhibitoren) sowie der Zeit- und Kostenersparnis. Politische Rahmenbedingungen, etwa die GAP-Reform, fördern den Einsatz von Glyphosat, weil der Wirkstoff auch zur Entfernung von Zwischenfrüchten genutzt wird.

### **2.1 Methode und Daten**

Mithilfe einer Szenarioanalyse wurde untersucht, wie sich die *direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)* pro Hektar innerhalb verschiedener Fruchtfolgen verändern würde, wenn Glyphosat als Herbizid wegfiel. Nach der Definition des Ausgangsszenarios wurden die mutmaßlichen Anpassungsreaktionen auf einen Glyphosatverzicht abgeleitet. In Anlehnung an SCHULTE et al. (2016) wird eine regionsspezifische Auswertung vorgenommen, um Spezifika der Betriebsstrukturen, der betrieblichen Mechanisierung sowie des Klimas be-

rücksichtigen zu können. Unterschieden werden drei Regionen:

- **Region Nord-West:** Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein
- **Region Süd:** Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Saarland, Rheinland-Pfalz
- **Region Ost:** Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen

Die DAL drückt – unabhängig von den jeweiligen Eigentumsverhältnissen – die Wirtschaftlichkeit von Produktionsverfahren aus (KTBL, 2014). Im Gegensatz zur Deckungsbeitragsrechnung finden feste Maschinenkosten sowie sämtliche Lohnkosten Berücksichtigung. Beide Kostenblöcke sind von hoher Bedeutung, weil die konservierende Bodenbearbeitung in enger Verbindung zum Einsatz von Glyphosat zu sehen ist (GEHRING et al., 2012) und sich diese Form der Bodenbearbeitung durch Einsparpotentiale im Maschinen- und Lohnkostenbereich auszeichnet. Die vorliegende Betrachtung stellt einen Ackerbausystemvergleich dar, weil entweder eine tendenziell intensivere Bodenbearbeitung mit einem geringen Herbizideinsatz oder eine reduzierte Bodenbearbeitung mit höherem Herbizideinsatz genutzt wird (SCHWARZ und PALLUTT, 2014; FREIER et al., 2015). Folgende Fruchtfolgen wurden analysiert:

1. Winterraps – Winterweizen – Mais – Winterweizen
2. Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen – Wintergerste
3. Winterraps – Winterweizen – Wintergerste

Diese Fruchtfolgen wurden von Landwirten und Beratern in den Befragungen am häufigsten erwähnt. Zudem spiegeln sie auch die Verhältnisse aus Studien zur regionalen Fruchtfolgegestaltung in Deutschland wieder (vgl. STEINMANN und DOBERS, 2013) und berücksichtigen die flächenmäßig wichtigsten Anbaukulturen (DBV, 2014). Um Langzeiteffekte eines Glyphosatverzichts abbilden zu können, erfolgte die Betrachtung über zwölf Jahre.

Die Berechnungen beruhen grundsätzlich auf Standardwerten, wie sie etwa durch das KTBL (2014) oder AGRI BENCHMARK (2015) bereitgestellt werden. Um die Spezifika der jeweiligen Region zu berücksichtigen, wurden die Standardwerte in Experteninterviews verifiziert. Ergänzend wurden weitere Quellen berücksichtigt. Die Preise für die Feldfrüchte stammen aus Modellprojektionen sowie Annahmen des THÜNEN-INSTITUTS (2015) oder wurden in Anlehnung an diese fortgeschrieben. Im Ausgangsszenario wird mangels eindeutiger Meinungen in der Literatur davon ausgegangen, dass das allgemeine Ertragsniveau bei der intensiveren und der reduzierten Bodenbearbeitung dasselbe ist (SCHNEIDER, 2008). Für eine Glyphosatbehandlung werden 14 €/ha angesetzt (3 l Generika; 360 g Wirkstoff/l). Die Entlohnung für eine Arbeitskraftstunde wird mit 15 €/h angenommen. Zwar liegt der Tariflohn für einen „geprüften landwirtschaftlichen Facharbeiter, der nach allgemeiner Anweisung „überwiegend selbstständig arbeitet“, bei etwa 12 €/h (MÖLLER, 2015); zumeist werden aber 15 €/h bezahlt, um überhaupt einen ausgebildeten Facharbeiter rekrutieren zu können. Die Kosten für Saatgut, Düngung, Fungizide, Insektizide sowie Wachstumsregler unterliegen keinen Veränderungen durch einen Glyphosat-Wegfall; daher werden diese Werte unter *ceteris paribus Bedingungen* (c.p.) als konstant angenommen.

## 2.2 Definition des Ausgangsszenarios

Die Höhe des Glyphosateinsatzes richtet sich im Ausgangsszenario nach dem betrieblichen Bodenbearbeitungsregime; es wird zwischen zwei verschiedenen Bewirtschaftungsformen unterschieden:

1. Betriebe, die in regelmäßigen Abständen den Pflug einsetzen und nur teilweise Mulchsaat betreiben (Bodenbearbeitungsregime „Pflug“)
2. Betriebe, die nur die konservierende Bodenbearbeitung nutzen und vollständig auf den Pflug verzichten (Bodenbearbeitungsregime „Mulchsaat“)

Vor Sommerungen (Mais, Zuckerrüben) wird aufgrund ackerbaulicher Vorzüge (u.a. Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und der organischen Substanz) sowie der Erfüllung der Greening-Auflagen der Anbau von Zwischenfrüchten angenommen (HEINRICH, 2012). Es wird zwischen drei verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten differenziert, die alle oder teilweise unter den o.g. Bodenbearbeitungsregimen zur Anwendung kommen können:

1. Pflug (> 22 cm Bearbeitungstiefe)
2. Flache Bodenbearbeitung (ca. 5 bis 15 cm Bearbeitungstiefe)
3. Tiefe Bodenbearbeitung (ca. 20 cm Bearbeitungstiefe)

In der vorliegenden Studie wird – wie bereits in den Studien von STEINMANN et al. (2012) und SCHULTE et al. (2016) – zwischen der Stoppel- und der Vorsaatsbehandlung differenziert. Zwar ist diese Unterscheidung aus ökonomischer Perspektive nicht zwingend nötig, da nach der Ernte einer Frucht die Vorbereitungen für die Folgefrucht stattfinden und beide Behandlungen auf einer bereits geernteten Fläche stattfinden. Trotzdem wird die Unterscheidung beibehalten, weil sich die Frage stellt, ob der Zeitpunkt der Behandlung einen unmittelbaren Einfluss auf andere Kosten- und Ertragsparameter bei der Folgekultur hat.

### **2.3 Anpassungen bei einem Glyphosatverzicht**

Ein Verzicht auf Glyphosat würde verschiedene Anpassungsreaktionen seitens der Landwirte hervorrufen. Diese hängen erheblich vom jeweiligen Standort sowie der vorherrschenden Witterung (bzw. der dadurch bestimmten Anzahl der Feldarbeitstage) ab. Eine pauschale Beantwortung der skizzierten Fragestellung ist daher unmöglich. Es gibt Jahre, in denen die Anpassungen eher gering sind, und wiederum Jahre, in denen die notwendigen Anpassungen sowie die negativen Effekte sehr stark sein können. Um die Spannbreite der möglichen Entwicklungen darzustellen, erfolgte die Definition der Anpassungsmöglichkeiten für jede Fruchtfolge sowohl für Optimalbedingungen (Best Case) als auch für ungünstige Bedingungen (Worst Case). Best Case-Bedingungen liegen auf guten Ackerbaustandorten bei optimaler Witterung und einem geringen Vorkommen resistenter Unkräuter vor. Der Worst Case beschreibt schwierig zu bearbeitende Standorte (bspw. hoher Tongehalt) bei ungünstiger, mehrheitlich feuchter Witterung und einem hohen Anteil an resistenten Unkräutern. Um eine bessere Näherung für die gesamte Region zu erhalten, wurden die beiden Szenarien gewichtet und zu einem Trend Case-Szenario zusammengefasst (MUBHOFF und HIRSCHAUER, 2012). Unter Berücksichtigung der Expertenmeinungen wird davon ausgegangen, dass in acht der zwölf Jahre Optimalbedingungen vorliegen, während in vier Jahren ungünstige Bedingungen herrschen. Diese Vorgehensweise stellt eine Erweiterung gegenüber der bestehenden Forschung dar, weil in bisherigen Studien oftmals nur von einem Anpassungsszenario ausgegangen worden ist. Dieses könnte bei den eingangs erwähnten Studien zu einer Überschätzung des ökonomischen Wertes von Glyphosat geführt haben (COOK et al., 2010; SCHMITZ und GARVERT, 2012).

In Tabelle 1 sind die Anpassungsreaktionen der Landwirte aufgeführt, die bei einem Glyphosatverzicht angenommen werden. Einige Anpassungen sind in Form von Spannbreiten angegeben, weil regionale Unterschiede zu vermuten sind.

Im Hinblick auf die Ertragsentwicklung wird zwischen zwei verschiedenen Einflussgrößen unterschieden, dem allgemeinen Ertragsniveau und dem Ertragsverlust durch den Wegfall der Vorerntebehandlung. Die Veränderungen des allgemeinen Ertragsniveaus beziehen sich auf den gesamten Hektar. Das allgemeine Ertragsniveau bleibt bei den „Pflügern“ von einem Verzicht auf Glyphosat unberührt; bei Mulchsaatbetrieben hingegen wird von verschiedenen Ertragsdepressionen ausgegangen. Bei den beiden Sommerungen wird je nach Region von Ertragsdepressionen von 5 bis 10 % ausgegangen. Die Intensivierung der Bodenbearbeitung kann dabei durch höhere Evapotranspiration (GROHOLL und MERSCH, 2014) und geringere Infiltration (TEBRÜGGE und ABELSOVA, 1999) zu einer schlechteren Wasserführung im Boden führen. Die im Klimawandel ansteigende Frühsommertrockenheit könnte dadurch zukünftig

weiter verstärkt werden (GÖMANN et al., 2015). Bei Mais und Zuckerrüben können höhere Aufwendungen für selektiv-wirkende Herbizide zu Ertragsdepressionen führen, da keine allzu hohe Verträglichkeit gegenüber diesen Wirkstoffen vorliegt (SCHÖNHAMMER et al., 2006; MÄRLÄNDER und VON TIEDEMANN, 2006). Bei Weizen und Gerste kann ein hoher Ungrasdruck durch den Wegfall von Glyphosat für Ertragsausfälle sorgen. Bei Raps hingegen sind keine Ertragsausfälle zu befürchten, weil die gegenwärtig eingesetzten Herbizide eine sehr gute Wirksamkeit gegenüber allen Unkräutern aufweisen.

**Tabelle 1: Anpassungsreaktionen bei einem Wegfall von Glyphosat**

Pflugbetrieb verzichtet auf Glyphosat											
Effekte/ Kultur	Best Case-Szenario					Worst Case-Szenario					Flächenanteil
	WW	WG	WRa	M	ZR	WW	WG	WRa	M	ZR	
Allgemeines Ertragsniveau (-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 ha
Ertragsausfall Vorerntebehandlung (-)	-20%	-20%	-20%	-	-	-60%	-60%	-60%	-	-	0,02 ha
Trocknungskosten Vorerntebehandlung (+)	-	-	-	-	-	10 €	10 €	10 €	-	-	0,02 ha
Einsatz selektiv-wirkender Herbizide (+)	-	-	-	-	-	Einmaliger Kostenanstieg um 20-30 % / Rotation					1 ha
Anzahl der Überfahrten mit Pflanzenschutzspritze (+)	-	-	-	-	-	Eine zusätzliche Überfahrt pro Fruchtfolgerotation					1 ha
Grundbodenbearbeitung (+)	1 flache BB					1,5 flache BB					1 ha
Einsatz Walze/ Kreiselegge (+)	-	-	-	-	-	-	-	0,5-1 BB Walze	0,5 -1 BB Kreiselegge		1 ha
Einsatz Mulcher	-	-	-	-	-	-	-	-	1 Mulcher pro Betrachtungszeitraum		1 ha
Queckenbehandlung (+)	3 flache BB/ Rotation					3 flache BB/ Rotation					0,2 ha
Mulchsaatbetrieb verzichtet auf Glyphosat											
Ertragsniveau (-)	-	-	-	0-5%	0-5%	0-5%	0-5%	0%	5-10%	5-10%	1 ha
Ertragsausfall Vorerntebehandlung (-)	-20%	-20%	-20%	-	-	-60%	-60%	-60%	-	-	0,02 ha
Trocknungskosten Vorerntebehandlung (+)	-	-	-	-	-	10 €	10 €	10 €	-	-	0,02 ha
Einsatz selektiv-wirkender Herbizide (+)	20-30%	20-30%	20-30%	10-20%	20-30%	30-40%	30-40%	30-40%	20-30%	30-40%	1 ha
Anzahl Überfahrten (+)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1 ha
Grundbodenbearbeitung (+)	1 tiefe BB-1 tiefe & 1 flache BB					1,7-2 tiefe BB					1 ha
Walze/ Kreiselegge (+)	-	-	-	-	-	1-1,5 BB mit Walze pro Rotation					1 ha
Einsatz Mulcher (+)	-	-	-	-	-	-	-	-	2 Mulcher pro Betrachtungszeitraum		1 ha
Queckenbehandlung (+)	3 flache BB/ Rotation					3 flache BB/ Rotation					0,2 ha

(WW = Winterweizen, WR = Winterroggen, WG = Wintergerste, WRa = Winterraps, M = Mais, ZR = Zuckerrübe, BB = Bodenbearbeitung, - = gleichbleibend, Rotation = 3-4 Jahre; Betrachtungszeitraum = 12 Jahre; Anpassungsreaktionen entweder als direktes Substitut von Glyphosat oder als allgemeine Entwicklung über die gesamte Fruchtfolge, Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung)

Etwa 2,2 % der Druschfrüchte werden jährlich vor der Ernte mit Glyphosat behandelt (SCHULTE et al., 2016). In der vorliegenden Betrachtung wird unterstellt, dass die Druschfrüchte Winterweizen, Wintergerste und Winterraps im selben Umfang jährlich vor der Ernte behandelt werden, um den entsprechenden Referenzertrag zu erreichen sowie andernfalls anfallende Trocknungskosten zu vermeiden (KEHLENBECK et al., 2015). Für die Vorerntebehandlung von Raps wäre zwar alternativ auch der Wirkstoff Deiquat (z.B. Reglone) zugelassen; aufgrund seiner nachweislich negativen Umweltwirkungen (ARENDRT-PETER und TAUCHNITZ, 1990) wird er jedoch hier nicht berücksichtigt, weil ein vermehrter Einsatz möglicherweise zu einem ähnlichen öffentlichen Diskurs führen würde, wie er um den Glyphosateinsatz geführt wird. Im Best Case-Szenario wird die betroffene Fläche (2,2 %) zwar noch geerntet; gleichzeitig wird aber unterstellt, dass Ertragsverluste von 20 % zu verzeichnen sind. Unter ungünstigen Bedingungen werden in den Berechnungen Ertragsausfälle von 60 % angenommen (KEHLENBECK et al., 2015); zusätzlich fallen Trocknungskosten in Höhe von 10 €/ha für die betroffenen 2,2 % der Fläche an, was angesichts des kleinen Flächenanteils sehr hoch angesetzt worden ist.

Es ist davon auszugehen, dass ein Glyphosatverzicht dazu führen wird, dass der Einsatz von selektiv wirkenden Herbiziden ansteigt. Dieses kann in Form höherer Wirkstoffmengen, teurerer Mittel (SCHWARZ und PALUTT, 2014) oder zusätzlicher Überfahrten erfolgen. Im Pflug-szenario führt der Wegfall von Glyphosat zu geringen Effekten, während bei der Mulchsaat 10 bis 40 % mehr Herbizide (höhere Dosierung, zusätzliche Mittel) aufgewendet werden, weil

durch die verstärkte Bodenbearbeitung der Glyphosateinsatz nicht vollständig substituiert werden kann (LUTMAN et al., 2012); ferner sind zusätzliche Überfahrten möglich.

Ein Wegfall von Glyphosat würde zwangsläufig zu einer Erhöhung der Bodenbearbeitung führen. Auch andere Bodenbearbeitungsgeräte (bspw. Walze, Kreiselegge) könnten an Bedeutung gewinnen, weil auf schwer zu bearbeitenden Standorten bzw. bei ungünstiger Witterung eine höhere Klutenbildung (KAINZ et al., 2003) zu erwarten ist. Beim Pflugeinsatz ist von 1 bis 1,5 zusätzlichen flachen Bodenbearbeitungen auszugehen; darüber hinaus fällt unter ungünstigen Bedingungen bei Raps eine Saatbettbereitung mit der Walze (0,5 bis 1 Arbeitsgänge) und bei den beiden Sommerungen der Einsatz der Kreiselegge (0,5 bis 1 Arbeitsgänge) an. Bei der Produktion von Weizen, Gerste, Raps und Mais im Mulchsaatchverfahren sind 1 bis 2 zusätzliche tiefe Bodenbearbeitungsgänge nötig. Ferner werden unter ungünstigen Bedingungen 1 bis 1,5 zusätzliche Bodenbearbeitungsgänge pro Rotation bei den Früchten Raps, Mais und Zuckerrüben fällig.

Die Beseitigung von nicht abfrierenden Zwischenfrüchten geschieht häufig durch den Einsatz von Glyphosat. Der Wegfall des Wirkstoffs würde zu einem häufigeren Gebrauch des Mulchers führen. Bei der Mulchsaatch würde den Schlegel annahmegemäß zweimal in zwölf Jahren genutzt; beim Einsatz des Pfluges hingegen nur einmal, weil der Mulcher hier auch schon mit dem möglichen Einsatz von Glyphosat genutzt wird.

Die systemische Wirkungsweise von Glyphosat weist besonders gegenüber Wurzelunkräutern (bspw. Gemeine Quecke, Ackerkratzdistel) eine höhere Wirkung auf als die mechanische Unkrautregulierung. (KEHLENBECK et al., 2015). Die Queckenbehandlung erfolgt ohne Glyphosat durch eine konsequente, dicht aufeinanderfolgende flache Bodenbearbeitung einmal pro Fruchtfolgerotation. Hierbei wird vorausgesetzt, dass für eine dem Glyphosateinsatz gleichwertige Wirkung ideale Witterungsverhältnisse vorherrschen.

### **3. Ergebnisse**

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Berechnungen für die drei betrachteten Fruchtfolgen dargestellt. Hierbei ist die Differenz zwischen dem Basis- und dem Anpassungsszenario ( $\Delta$ ) angegeben. Zunächst wird die Entwicklung der DAL für die gesamte Fruchtfolge dargestellt, anschließend erfolgt die Einzelbetrachtung für die jeweiligen Kulturen. Zusätzlich zu den Durchschnittswerten ist die Spannbreite der Entwicklungen (Best / Worst Case) aufgezeigt. Die unter 2.1 dargestellten Betriebsformen haben – je nach Ausgangsszenario – folgende Möglichkeiten, auf einen Glyphosatverzicht zu reagieren:

1. Der regelmäßige Pflugbetrieb bleibt beim Pflug.
2. Ein reiner Mulchsaatchbetrieb stellt auf die wendende Bodenbearbeitung um.
3. Ein reiner Mulchsaatchbetrieb betreibt weiterhin Mulchsaatch.

In Tabelle 2 ist die Veränderung der DAL für die Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Wintergerste abgebildet. Es zeigt sich, dass der Rückgang der DAL bei der Umstellung von „Pflug mit Glyphosat“ zu „Pflug ohne Glyphosat“ am geringsten ist. Dabei sind die Umstellungskosten in der Region Ost (-28,71 €/ha) geringer als im Süden (-32,00 €/ha) und in der Region Nord-West (-36,77 €/ha). Die Umstellung von „Mulchsaatch mit Glyphosat“ zu einem „Pflugeinsatz ohne Glyphosat“ ist mit höheren Rückgängen der DAL (-56,03 bis -79,84 €/ha) verbunden, wobei die Region Ost wiederum geringere Werte aufweist als die beiden anderen Regionen. Das Beibehalten der „Mulchsaatch ohne den Glyphosateinsatz“ hat in der Region Süd (-64,56 €/ha) den geringsten ökonomischen Nachteil; in den Regionen Nord-West (-104,55 €/ha) und Ost (-103,26 €/ha) liegen die Nachteile auf einem ähnlichen Niveau. Gleichzeitig ist bei der Mulchsaatch ohne Glyphosat die größte Spannbreite zwischen Best und Worst Case zu beobachten.

Die einzelfruchtspezifische Betrachtung illustriert, dass die ökonomischen Nachteile erheblich von der jeweiligen Frucht abhängen. Wird von der Mulchsaatch auf den Pflug umgestellt,



so ist der höchste Rückgang der DAL bei Winterraps und Wintergerste zu beobachten. Der Weizen nach Raps ist dagegen weniger stark betroffen, da im angenommenen Szenario davon ausgegangen wird, dass diese Frucht aufgrund des hohen Vorruchtwertes des Rapses trotz des Verzichts auf Glyphosat weiterhin in konservierender Bodenbearbeitung bestellt werden kann. Bei der Umstellung von Mulchsaat auf die wendende Bodenbearbeitung ist die größte Kostensteigerung durch erhöhte Lohn- und Maschinenkosten zu verzeichnen.

**Tabelle 2: Rückgang der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (€/ha) ohne Glyphosat in der Fruchtfolge Raps – Winterweizen – Wintergerste**

		Pflug m. Gly. zu Pflug o. Gly.				Mulchsaat m. Gly. zu Pflug o. Gly.				Mulchsaat m. Gly. zu Mulchsaat o. Gly.			
		FF	WRa	WW	WG	FF	WRa	WW	WG	FF	WRa	WW	WG
Nord-West	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	36,77	40,29	45,22	24,81	88,80	102,71	80,02	83,66	104,55	77,26	130,16	106,23
	Best Case ( $\Delta$ )	22,63	20,81	30,45	16,62	74,65	83,22	65,24	75,48	61,32	50,47	72,65	60,84
	Worst Case ( $\Delta$ )	65,07	79,26	74,78	41,18	117,10	141,68	109,57	100,04	191,01	130,85	245,18	197,01
Ost	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	28,71	31,31	32,59	22,22	56,03	45,87	34,63	87,60	103,26	59,12	135,38	115,28
	Best Case ( $\Delta$ )	16,77	14,96	20,93	14,43	44,06	29,52	22,90	79,75	77,76	42,98	104,28	86,04
	Worst Case ( $\Delta$ )	52,57	64,00	55,92	37,79	79,98	78,56	58,08	103,30	154,26	91,42	197,60	173,75
Süd	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	32,00	29,11	35,00	31,90	79,84	101,25	37,47	100,80	64,56	60,28	64,46	68,94
	Best Case ( $\Delta$ )	16,07	15,18	20,26	12,78	63,63	87,32	21,88	81,68	43,49	50,70	42,78	36,98
	Worst Case ( $\Delta$ )	63,87	56,99	64,47	70,15	112,28	129,13	68,64	139,05	106,71	79,46	107,84	132,85

(DAL = Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung,  $\Delta$  = Differenz der DAL (mit/ohne Glyphosat), FF=Fruchtfolge, WRa = Winterraps, WW = Winterweizen; WG = Wintergerste; €/ha = Euro pro Hektar; Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung)

Tabelle 3 zeigt den Rückgang der DAL in der Fruchtfolge Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen – Wintergerste. Die geringsten Umstellungskosten der gesamten Fruchtfolge entstehen wiederum beim Wechsel von „Pflug mit Glyphosat“ zu „Pflug ohne Glyphosat“. Weitaus stärker wäre der Rückgang der DAL, wenn Betriebe von der „Mulchsaat mit Glyphosat“ auf den „Pflug ohne Glyphosat“ umstellen würden. In der Region Nord-West führte dieses zu einem Rückgang von -90,97 €/ha, im Süden von -82,55 €/ha und im Osten von -57,43 €/ha. Das Beibehalten der Mulchsaat ginge mit den größten ökonomischen Nachteilen bzw. Risiken einher. Dieses zeigt sich nicht nur in den deutlichen Rückgängen der DAL im Trend Case-Szenario (Nord-West: -103,67 €/ha; Ost: -104,30 €/ha; Süd: -118,47 €/ha), sondern auch in der großen Spannweite zwischen Best Case- und Worst Case-Szenarien.

**Tabelle 3: Rückgang der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (€/ha) ohne Glyphosat in der Fruchtfolge Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen – Wintergerste**

		Pflug m. Gly. zu Pflug o. Gly.					Mulchsaat m. Gly. zu Pflug o. Gly.					Mulchsaat m. Gly. zu Mulchsaat o. Gly.				
		FF	ZR	WW	WW	WG	FF	ZR	WW	WW	WG	FF	ZR	WW	WW	WG
Nord-West	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	38,27	75,08	22,63	23,62	31,78	90,97	128,97	43,43	87,74	103,76	103,67	197,98	50,78	68,09	97,84
	Best Case ( $\Delta$ )	27,76	51,43	15,67	17,94	26,00	80,46	105,31	36,48	82,06	97,98	68,61	120,29	40,08	53,39	60,69
	Worst Case ( $\Delta$ )	59,31	122,39	36,53	34,98	43,33	112,01	176,28	57,34	99,11	115,31	173,79	353,34	72,19	97,48	172,15
Ost	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	26,74	43,37	25,21	17,92	20,46	57,43	93,72	25,21	19,49	91,28	104,30	181,53	60,82	75,56	99,28
	Best Case ( $\Delta$ )	14,38	13,13	17,21	13,46	13,70	45,06	63,48	17,21	15,04	84,52	189,28	113,98	31,71	42,21	59,34
	Worst Case ( $\Delta$ )	51,46	103,83	41,22	26,83	33,97	82,15	154,18	41,22	28,40	104,79	61,81	316,62	119,06	142,25	179,18
Süd	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	27,25	38,49	12,63	35,42	22,48	82,55	83,30	55,58	98,76	92,57	118,47	321,37	35,14	60,32	57,04
	Best Case ( $\Delta$ )	11,84	10,28	5,13	25,68	6,25	66,30	50,38	48,08	90,10	76,62	84,88	239,05	23,76	44,29	32,43
	Worst Case ( $\Delta$ )	58,09	94,90	27,63	54,89	54,93	115,06	149,15	70,59	116,08	124,45	185,63	486,00	57,90	92,38	106,25

(DAL = Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung,  $\Delta$  = Differenz der DAL (mit/ohne Glyphosat), FF=gesamte Fruchtfolge, ZR = Zuckerrüben, WW = Winterweizen; WG = Wintergerste; €/ha = Euro pro Hektar; Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung)

Bei der kulturspezifischen Betrachtung fällt auf, dass bei Verzicht auf Glyphosat besonders der Zuckerrübenanbau im Mulchsaatverfahren durch einen starken Rückgang der DAL gekennzeichnet wäre. Während die Region Ost bei allen drei Anpassungsszenarien die geringsten Effekte zu befürchten hat, wären die Regionen Nord-West und Süd stärker betroffen. In der Region Nord-West hätte die Umstellung von „Mulchsaat mit Glyphosat“ auf „Pflug ohne Glyphosat“ einen Rückgang der DAL von -197,98 €/ha zur Folge. Bemerkenswert ist jedoch der Unterschied bei Beibehaltung der „Mulchsaat ohne Glyphosat“. Während der Rückgang

im Osten -181,53 €/ha und in der Region Nord-West -197,98 €/ha beträgt, ist in Süddeutschland ein Rückgang um -321,37 €/ha zu verzeichnen.

Tabelle 4 ist der Rückgang der DAL bei der Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Mais – Winterweizen zu entnehmen. Grundsätzlich wird erkennbar, dass die Folgen eines Glyphosatverzichts denen in den zuvor betrachteten Fruchtfolgen ähneln. Wird vom „Pflug mit Glyphosat“ auf den „Pflug ohne Glyphosat“ umgestellt, so entstehen die geringsten Rückgänge der DAL (-27,16 bis -35,51 €/ha).

**Tabelle 4: Rückgang der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (€/ha) ohne Glyphosat in der Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Mais – Winterweizen**

		Pflug m. Gly. zu Pflug o. Gly.					Mulchsaat m. Gly. zu Pflug o. Gly.					Mulchsaat m. Gly. zu Mulchsaat o. Gly.				
		FF	WRa	WW	M	WW	FF	WRa	WW	M	WW	FF	WRa	WW	M	WW
Nord-West	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	35,51	36,25	44,35	49,74	11,72	81,66	103,45	43,48	105,3	74,39	102,23	80,30	130,4	119,3	78,9
	Best Case ( $\Delta$ )	18,82	18,63	29,21	21,17	6,288	65,07	85,83	28,97	76,77	68,7	57,02	61,05	72,6	54,41	40,04
	Worst Case ( $\Delta$ )	68,90	71,51	74,63	106,9	22,57	114,85	138,71	72,49	162,5	85,75	192,63	118,80	246	249,1	156,6
Ost	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	27,76	31,62	31,79	39,21	8,425	57,44	92,48	28,93	41,17	67,18	81,68	67,00	105,8	94,18	59,73
	Best Case ( $\Delta$ )	10,86	14,99	20,29	3,673	4,494	39,13	75,85	17,42	0,537	62,73	47,09	49,57	58,99	48,14	31,67
	Worst Case ( $\Delta$ )	61,56	64,87	54,81	110,3	16,29	94,05	125,73	51,94	122,4	76,1	150,85	101,84	199,5	186,3	115,9
Süd	Verringerung der DAL ( $\Delta$ ; Trend Case)	34,86	34,46	39,65	46,28	19,06	83,55	102,68	42,02	106	83,49	99,55	70,40	72,02	214,14	41,64
	Best Case ( $\Delta$ )	18,05	13,55	19,74	33,7	5,213	66,74	81,78	22,11	93,42	69,65	71,20	46,67	43,76	170,5	23,84
	Worst Case ( $\Delta$ )	68,48	76,27	79,47	71,44	46,75	117,17	144,50	81,84	131,2	111,2	156,24	117,84	128,55	301,3	77,24

(DAL = Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung,  $\Delta$  = Differenz der DAL (mit/ohne Glyphosat), FF= gesamte Fruchtfolge, WRa = Winterraps, WW = Winterweizen; M = Mais; €/ha = Euro pro Hektar; Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung)

Die Umstellung von der „Mulchsaat mit Glyphosat“ auf den „Pflug ohne Glyphosat“ ist mit einem starken Anstieg der Maschinenkosten verbunden. Der Rückgang im Osten beträgt dabei -57,44 €/ha; in den Regionen Nord-West (-81,66 €/ha) und Süd (-83,55 €/ha) fallen die Einbußen noch höher aus. Der Rückgang von „Mulchsaat mit Glyphosat“ zu „Mulchsaat ohne Glyphosat“ ist in der Region Ost mit -81,68 €/ha am geringsten, während im Süden (-99,55 €/ha) und Nord-Westen (-102,23 €/ha) die größten Verluste zu prognostizieren sind.

Ähnlich wie bei der vorherigen Berechnung zeigt sich auch bei dieser Fruchtfolge, dass der Mais bei der Umstellung von Mulchsaat auf den Pflugeinsatz bzw. bei Beibehaltung der Mulchsaat ohne den Glyphosateinsatz am stärksten von einem Glyphosatverzicht betroffen wäre. Dabei wären die Effekte bei den maisbetonten Regionen Süd und Nord-West wesentlich höher als im Osten.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Szenarioanalysen zeigen, dass ein Verzicht auf Glyphosat erhebliche Auswirkungen auf das Bodenbearbeitungs- bzw. Bewirtschaftungssystem im deutschen Ackerbau hätte. Gleichwohl werden die ökonomischen Konsequenzen in der vorliegenden Studie z.T. geringer eingeschätzt als in früheren wissenschaftlichen Beiträgen (vgl. Kap. 1). Die den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen (Tabelle 1) illustrieren, dass der Wegfall von Glyphosat einen hohen Einfluss auf die Produktionskosten (Lohn-, Maschinen- und Herbizidkosten) ausüben würde, während die Erlössituation weniger stark beeinflusst würde. Insgesamt stellt die in dieser Studie genutzte Analyseverfahren jedoch sicher, dass der ökonomische Wert von Glyphosat insgesamt realistischer als in einem Teil der früheren Studien eingeschätzt wird. Insoweit wird die bestehende Forschung sinnvoll ergänzt.

Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass der Einfluss von Glyphosat auf das allgemeine Ertragsniveau erheblich geringer eingeschätzt wird als in einigen früheren Studien. Es wären allenfalls Betriebe von Ertragseinbußen betroffen, die auch ohne Glyphosat die reine Mulchsaat durchführen. Gleichwohl scheint der Einfluss bei den hier behandelten Sommerungen höher zu sein als bei den Winterungen, was auf eine verschlechterte Wasserführung sowie den steigenden Einsatz von selektiv wirkenden Herbiziden zurückzuführen ist. Dieses

deutet darauf hin, dass der Zeitpunkt der Glyphosatapplikation einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Folgefrucht hat. Während die Stoppelbehandlung i.d.R. einige Wochen vor Aussaat der Folgefrucht geschieht (SCHULTE et al., 2016), erfolgt die Vorsaatbehandlung unmittelbar vor der Aussaat der Hauptfrucht (Mais/Zuckerrübe), sodass möglicherweise ökonomische Vorteile zum Tragen kommen. Anders als bei KEHLENBECK et al. (2015) wird der Wegfall der Vorerntebehandlung nicht nur in Form eventuell anfallender Trocknungskosten berücksichtigt, sondern es werden zusätzlich Ertragseffekte geschätzt. Besonders die Berücksichtigung der tatsächlich behandelten Fläche auf Basis der fragebogengestützten Datenerhebung (u.a. SCHULTE et al., 2016, WIESE et al., 2016, 2016a) sorgt für eine wesentlich exaktere Einschätzung der Vorerntebehandlung.

Unter den in der vorliegenden Analyse getroffenen Annahmen zeigt sich, dass ein Glyphosatverzicht in Betrieben, die regelmäßig pflügen, die geringsten ökonomischen Nachteile bewirken würde, weil bereits im Ausgangsszenario auf eine intensive Bodenbearbeitung gesetzt wird. Zwar wären leicht erhöhte Arbeitserledigungs- sowie Maschinenkosten die Folge; die Erträge sowie die Kosten für andere Herbizide würden aber weitgehend unberührt bleiben. Im Gegensatz dazu wären Betriebe, die zurzeit nur die konservierende Bodenbearbeitung nutzen, von einem wesentlich höheren Kostenanstieg betroffen. Stellen die Betriebe auf die wendende Bodenbearbeitung um, wären – je nach Frucht in unterschiedlichem Maße – höhere Personal- und Maschinenkosten einzuplanen. Besonders Grenzertragsstandorte, die durch Erosionsgefährdung, tonhaltigen Boden o.ä. Erschwernisse gekennzeichnet sind, wären mit stark ansteigenden Kosten und einem deutlichen Rückgang der DAL speziell im Falle ungünstiger äußerer Bedingungen konfrontiert. Sollte die Intensivierung der Bodenbearbeitung jedoch zu einem Ertragszuwachs, einer höheren Ertragsicherheit (SCHNEIDER, 2008) oder geringeren Aufwendungen für andere Pflanzenschutzmittel, etwa Fungizide oder Molluskizide, führen, so könnten die Mehrkosten zumindest teilweise kompensiert werden.

Die Analysen lassen vermuten, dass die reine Mulchsaat ohne Glyphosat mittelfristig zugunsten des situativen Pflugeinsatzes (bspw. einmal pro Rotation) zurückgedrängt würde. Bei der Mulchsaat ohne Glyphosat zeigt sich selbst unter günstigen Bedingungen eine sehr große Spannbreite der DAL zwischen den beiden Anpassungsvarianten. Dieses sorgt für eine wesentlich höhere Produktionsunsicherheit, so dass risikoaverse Landwirte eher auf einen Wechsel des Bodenbearbeitungsregimes setzen werden. Abgesehen davon bestehen auch große Zweifel daran, ob die hier ausgewählten Substitutionsmaßnahmen überhaupt dauerhaft ausreichen werden, oder ob das System der konservierenden Bodenbearbeitung ohne Glyphosat an vielen Standorten durch einen hohen Ungras-/Unkrautdruck gekennzeichnet sein würde, so dass die in den Berechnungen berücksichtigten negativen Effekte noch stärker zum Tragen kommen würden.

Die Ergebnisse zeigen ferner, dass ein Wegfall des Wirkstoffes Glyphosat unter allen getroffenen Annahmen ökonomische Nachteile zur Folge hätte, auch wenn die Einschränkungen der Wirtschaftlichkeit je nach Fruchtfolge und bestehendem Bodenbearbeitungsregime unterschiedlich hoch ausfallen würden. Je nach Fruchtfolge liegen die Rückgänge bei 6 bis 39 % der DAL. Je intensiver die Bodenbearbeitung im Ausgangsszenario angenommen wurde, desto geringer sind die Rückgänge der DAL bei einem Wegfall von Glyphosat. Interessant ist, dass die Kosten für die Anpassungen in Ostdeutschland – der Region mit dem höchsten Glyphosateinsatz – tendenziell geringer ausfallen als in den beiden übrigen Regionen. Dieses ist auf die geringeren Maschinenkosten (aufgrund einer höheren Auslastung) sowie die aufgrund der größeren Betriebsgrößen und damit Einkaufsmengen niedrigeren Einkaufspreise für alternative Herbizide zurückzuführen.

Fraglich bleibt, welche langfristigen ökonomischen und ökologischen Effekte durch einen Glyphosatverzicht hervorgerufen würden, weil ein wichtiger Wirkstoff zur Bekämpfung resistenter Unkrauttypen wegfallen würde (KEHLENBECK et al., 2015). Auf Standorten, die bereits

jetzt durch eine hohe Anzahl resistenter Unkräuter gekennzeichnet sind, würden daher tendenziell die Annahmen aus dem Worst Case-Szenario zutreffen. Auch die bereits jetzt auf rund 17 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche gegebene Erosionsgefährdung könnte durch einen Glyphosatverzicht auf den betroffenen Flächen verstärkt werden, weil es zwangsläufig zu einer Intensivierung der Bodenbearbeitung kommen würde (STEINMANN et al., 2012; KEHLENBECK et al., 2015). Dieses könnte zu steigenden ökonomischen Nachteilen führen. Vor dem Hintergrund der Gefahr einer zunehmenden Anzahl von Extremwetterereignissen (u.a. Starkregen) könnte der Effekt weiter verstärkt werden. Sollten sich die ökonomischen und ökologischen Nachteile auf benachteiligten Standorten dauerhaft bewahrheiten, so ist grundsätzlich auch eine Extensivierung der Bewirtschaftung (bspw. durch die Umwandlung zu Grünland) denkbar.

Limitierend sei angemerkt, dass – trotz einer umfassenden Datenerhebung – keine konkreten Wahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Szenarien angegeben werden können; trotzdem können die Ergebnisse dazu dienen, die aufgeworfenen Forschungsfragen zu beantworten. Betriebsdaten (AGRI BENCHMARK, 2015) verdeutlichen, dass Betriebe besonders in den Monaten August, September und Oktober stark ausgeprägte Arbeitsspitzen zu bewältigen haben. Besonders Betriebe, die ihr Management stark auf den Wirkstoff Glyphosat ausgerichtet haben (WIESE et al., 2016a), könnten stärker von einer Einschränkung betroffen sein. Bei einem Verzicht auf Glyphosat wären die Leiter dieser Betriebe gefordert, entsprechende Anpassungen (Arbeitskräfte, Maschinenbesatz) vorzunehmen, um die notwendigen Feldarbeiten durchführen zu können. Alternativ wäre die Umgestaltung der Fruchtfolge eine Möglichkeit, doch zeigt sich, dass alternative Kulturen oftmals eine geringere Wirtschaftlichkeit aufweisen als die hier betrachteten (KTBL, 2014). Weiterführende Studien aus einzelbetrieblicher Sicht stellen daher weitere Analyseschritte dar (vgl. SCHULTE et al., 2016a)

Unter ökonomischen Aspekten geht eine Einschränkung des Glyphosateinsatzes mit Nachteilen einher. Trotzdem wird von Seiten kritischer Stakeholder die Reduzierung der jährlich angewandten Wirkstoffmenge gefordert. Auch nach den Vorgaben des *Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln* (BMEL, 2015) ist es das Ziel, die Pflanzenschutzmittelaufwendungen auf das notwendige Maß zu reduzieren. Die vorliegende Analyse zeigt jedoch auch, dass der Wegfall von Glyphosat zu steigenden Anwendungen selektiv wirkender Herbizide führen würde, sodass ein verminderter Glyphosateinsatz nicht zwangsläufig eine starke Reduzierung des Herbizideinsatzes in Deutschland bewirken muss.

### **Danksagung**

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

### **Literaturverzeichnis**

- AGRI BENCHMARK (2015): agri benchmark result data base 2014, Online unter: <http://www.agribenchmark.org/data/login.html>.
- ARENDT-PETER, S. und J. TAUCHNITZ (1990): Diquat (Reglone) – ein ideales Herbizid? *Hercynia N.* F. 27 (3). 273-282.
- BfR – BUNDESAMT FÜR RISIKOBEWERTUNG (2014): Fragen und Antworten zur gesundheitlichen Bewertung von Glyphosat. Diskussionspapier, vorgestellt im Rahmen des BfR-Symposiums zur gesundheitlichen Bewertung von glyphosathaltigen Pflanzenschutzmitteln am 20. Januar 2014, Berlin.
- BMEL – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2015): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Online unter: <https://www.nap-pflanzenschutz.de/ueber-den-aktionsplan/ziele/>. zuletzt geprüft am 28.11.2015.

- COOK, S.K., C. WYNN und J.H. CLARKE (2010): Glyphosate – a Necessary Herbicide. How Valuable is Glyphosate to UK Agriculture and the Environment? In: *Outlooks on Pesticide Management* 21. 280-283.
- DBV – DEUTSCHER BAUERNVERBAND (2014): *Situationsbericht 2014/2015*. Berlin.
- DUKE, S.O. und POWLES, S.B. (2008): Glyphosate: A Once-in-a-century Herbicide. *Pest Management Science* 64 (4). 319-325.
- EUROPEAN COMMISSION (2016): FAQs: Glyphosate. Press Release Database. Online verfügbar: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-2012\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-2012_de.htm), zuletzt geprüft am 10. Juli 2016. Brüssel.
- EFSA – EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2015): Glyphosate: EFSA updates toxicological profile. Online verfügbar unter: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/151112>; zuletzt geprüft am 12. November 2015.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSMEYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK, W. ZORN-BACH., A. HERZER, U. MÜLLER, A. SCHOBER und C. WAGNER (2015): *Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz. Jahresbericht 2013. Analyse der Ergebnisse 2007-2013. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* 178. Kleinmachnow.
- FORSTER, R., KULA, C. und K. SCHUIERER (2015): Der Wirkstoff Glyphosat in der Pflanzenschutzmittel-Zulassung – aktueller Stand. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 10 (3). 235-240.
- GEHRING, K., S. THYSSEN und T. FESTNER (2012): Folgewirkungen von Glyphosatbehandlungen auf nachgebaute Kulturen. Vortrag im Rahmen der 25. German Conference on Weed Biology and Weed Control, 13.-15. März 2012, Braunschweig.
- GLÄSER, J. und G. LAUDEL (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- GÖMANN, H., A. BENDER, A. BOLTE, W. DIRKSMEYER, H. ENGLERT, J.-H. FEIL, C. FRÜHAUF, M. HAUSSCHILD, S. KRENGEL, H. LILIENTHAL, F.-J. LÖPMEIER, J. MÜLLER, O. MUBHOFF, M. NATKHIN, F. OFFERMANN, P. SEIDEL, M. SCHMIDT, B. SEINTSCH, J. STEIDL, K. STROHM und Y. ZIMMER (2015): *Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen*. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 30. Braunschweig.
- GROCHOLL, J. und I. MERSCH (2014): *Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung. Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel*. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Uelzen.
- HEINRICH, B. (2012): Calculating the ‘Greening’ Effect. A Case Study Approach to predict the gross margin losses in different farm types in Germany due to the reform of the CAP. Diskussionspapier Nr. 1205 am Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen.
- IARC – INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (2015): *IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides*. World Health Organization. 20. März 2015.
- KAINZ, M., S. KIMMELMANN und H.-J. REENTS (2003): *Bodenbearbeitung im Ökolandbau – Ergebnisse und Erfahrungen aus einem langjährigen Feldversuch*. Beitrag präsentiert im Rahmen der 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Ökologischer Landbau der Zukunft, Wien, 24.-26. Februar 2003, S. 33-36. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ökologischer Landbau.
- KEHLENBECK, H., J. SALTZMANN, J. SCHWARZ, P. ZWERGER, H. NORDMEYER, D. ROßBERG, I. KARPINSKI, J. STRASSEMAYER, B. GOLLA und B. FREIER (2015): *Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland*. Julius-Kühn Archiv Nr. 451. Braunschweig.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2014): *Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*. 24. Auflage. Darmstadt.

- LUTMAN, P.J.W., S.R. MOSS, S. COOK und S.J. WELHAM (2012): A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* 53. 299-313.
- MÄRLÄNDER, B. und A. VON TIEDEMANN (2006): *Herbizidtolerante Kulturpflanzen – Anwendungspotentiale und Perspektiven*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 32-45.
- MÖLLER, B. (2015): *Tariflöhne für Landarbeiter im Stundenlohn in den Tarifgebieten Deutschlands inkl. Lohngruppendifinition. Stand Juli 2013. Persönliche Anfrage beim Gesamtverband der land- und forstwirtschaftlichen Arbeitgeberverbände*. Berlin.
- MUBHOFF, O. und N. HIRSCHAUER (2012): *Modernes Agrarmanagement. Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren*. 2. Auflage, Verlag Vahlen, München.
- PALLUTT, B. (2011): *Pflügen oder Nichtpflügen – Konsequenzen für den Pflanzenschutz*. *LandIn-Form Spezial* (2). 45-46.
- SCHMITZ, P.M. und H. GARVERT (2012): Die ökonomische Bedeutung des Wirkstoffs Glyphosat für den Ackerbau in Deutschland. *Journal für Kulturpflanzen*, 64 (5). 150-162.
- SCHNEIDER, M. (2008). *Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung/ Direktsaat: Eine pflanzenbaulich/ ökonomische Analyse*. Dissertation TU München.
- SCHÖNHAMMER, A., J. FREITAG und H. KOCH (2006): Topramezone – ein neuer Herbizidwirkstoff zur hochselektiven Hirse- und Unkrautbekämpfung in Mais. *Journal of Plant Diseases and Protection*. Sonderheft. 1023-1031.
- SCHULTE, M. und L. THEUVSEN (2015): Der ökonomische Nutzen von Herbiziden im Ackerbau unter besonderer Berücksichtigung des Wirkstoffs Glyphosat. *Journal für Kulturpflanzen*, 67 (8). 269-279.
- SCHULTE, M., A. WIESE, H.-H. STEINMANN und L. THEUVSEN (2016): Determinants of use of the herbicide glyphosate: Evidence from German farmers. *Agribusiness: An International Journal* (under review).
- SCHULTE, M., T. KÜHLMANN, T. DE WITTE und L. THEUVSEN (2016a): *Ökonomische Auswirkungen eines Glyphosatverzichts auf einzelbetrieblicher Ebene*. Beitrag als Vortrag für die 26. ÖGA-Jahrestagung angenommen. Wien.
- SCHWARZ, J. und B. PALLUTT (2014): Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Verunkrautung in einem Dauerfeldversuch. 26. German Conference on Weed Biology and Weed Control, 11.-13. März 2014. *Julius-Kühn-Archiv* 443. 141-148.
- STEINMANN, H.-H., M. DICKEDUISBERG und L. THEUVSEN (2012): Uses and Benefits of Glyphosate in German Arable Farming. *Crop Protection* 42. 164-169.
- STEINMANN, H.-H. und E. S. DOBERS (2013): Spatio-temporal analysis of crop rotations and crop sequence patterns in Northern Germany: potential implications on plant health and crop protection. *Journal of Plant Diseases and Protection* 120 (2). 85-94.
- TEBRÜGGE, F. und J. ABELSOVA (1999): Bioporen fördern die Versickerung. Auswirkung der Bodenbearbeitung auf biogene Durchporung und ungesättigte Infiltrationsleistung des Bodens. *Landtechnik* 54. 13-15.
- THÜNEN-INSTITUT (2015): *Thünen-Baseline – Modellprojektion über zukünftige Marktpreisentwicklungen*. Braunschweig.
- WIESE, A., M. SCHULTE, L. Theuvsen und H.-H. Steinmann (2016): Uses of glyphosate in German arable farming – aspects of weed management und arable practice. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung. 23.-25. Februar 2016. Braunschweig. *Julius-Kühn-Archiv* 452. 249-255.
- WIESE, A., M. SCHULTE, L. Theuvsen und H.-H. Steinmann (2016a): Uses of glyphosate in German arable farming: Operational aspects. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung. 23.-25. Februar 2016. Braunschweig. *Julius-Kühn-Archiv* 452. 255-263.