

4 5 1

Julius-Kühn-Archiv

Hella Kehlenbeck, Jovanka Saltzmann, Jürgen Schwarz,
Peter Zwerger, Henning Nordmeyer, Dietmar Roßberg,
Isabella Karpinski, Jörn Strassemeyer, Burkhard Golla,
Bernd Freier

Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland

Impact assessment of partial or complete abandonment of
glyphosate application for farmers in Germany



Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)

Das Julius Kühn-Institut ist eine Bundesoberbehörde und ein Bundesforschungsinstitut. Es umfasst 16 Institute zuzüglich gemeinschaftlicher Einrichtungen an zukünftig sechs Standorten (Quedlinburg, Braunschweig, Kleinmachnow, Dossenheim, Siebeldingen, Dresden-Pillnitz) und eine Versuchsstation zur Kartoffelforschung in Groß Lüsewitz. Quedlinburg ist der Hauptsitz des Bundesforschungsinstituts.

Hauptaufgabe des JKI ist die Beratung der Bundesregierung bzw. des BMEL in allen Fragen mit Bezug zur Kulturpflanze. Die vielfältigen Aufgaben sind in wichtigen rechtlichen Regelwerken, wie dem Pflanzenschutzgesetz, dem Gentechnikgesetz, dem Chemikaliengesetz und hierzu erlassenen Rechtsverordnungen, niedergelegt und leiten sich im Übrigen aus dem Forschungsplan des BMEL ab. Die Zuständigkeit umfasst behördliche Aufgaben und die Forschung in den Bereichen Pflanzengenetik, Pflanzenbau, Pflanzenernährung und Bodenkunde sowie Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit. Damit vernetzt das JKI alle wichtigen Ressortthemen um die Kulturpflanze – ob auf dem Feld, im Gewächshaus oder im urbanen Bereich – und entwickelt ganzheitliche Konzepte für den gesamten Pflanzenbau, für die Pflanzenproduktion bis hin zur Pflanzenpflege und -verwendung. Forschung und hoheitliche Aufgaben sind dabei eng miteinander verbunden.

Weiterführende Informationen über uns finden Sie auf der Homepage des Julius Kühn-Instituts unter <http://www.jki.bund.de>. Spezielle Anfragen wird Ihnen unsere Pressestelle (pressestelle@jki.bund.de) gern beantworten.

Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for cultivated plants (JKI)

The Julius Kühn-Institut is both a research institution and a higher federal authority. It is structured into 16 institutes and several research service units on the sites of Quedlinburg, Braunschweig, Kleinmachnow, Siebeldingen, Dossenheim und Dresden-Pillnitz, complemented by an experimental station for potato research at Groß Lüsewitz. The head quarters are located in Quedlinburg.

The Institute's core activity is to advise the federal government and the Federal Ministry of Food and Agriculture in particular on all issues relating to cultivated plants. Its diverse tasks in this field are stipulated in important legal acts such as the Plant Protection Act, the Genetic Engineering Act and the Chemicals Act and in corresponding legal regulations, furthermore they arise from the new BMEL research plan.

The Institute's competence comprises both the functions of a federal authority and the research in the fields of plant genetics, agronomy, plant nutrition and soil science as well as plant protection and plant health. On this basis, the JKI networks all important departmental tasks relating to cultivated plants – whether grown in fields and forests, in the glasshouse or in an urban environment – and develops integrated concepts for plant cultivation as a whole, ranging from plant production to plant care and plant usage. Research and sovereign functions are closely intertwined.

More information is available on the website of the Julius Kühn-Institut under <http://www.jki.bund.de>. For more specific enquiries, please contact our public relations office (pressestelle@jki.bund.de).

**Gemeinschaft der Förderer und Freunde
des Julius Kühn-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen e.V. (GFF)**

Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg,

Tel.: 03946 47-200, E-Mail: GFF@jki.bund.de

Internet: <http://www.jki.bund.de/> Bereich "Über uns"

4 5 1

Julius-Kühn-Archiv

Hella Kehlenbeck, Jovanka Saltzmann, Jürgen Schwarz,
Peter Zwerger, Henning Nordmeyer, Dietmar Roßberg,
Isabella Karpinski, Jörn Strassemeyer, Burkhard Golla,
Bernd Freier

**Folgenabschätzung
für die Landwirtschaft zum teilweisen oder
vollständigen Verzicht auf die Anwendung von
glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland**

Impact assessment of partial or complete abandonment of
glyphosate application for farmers in Germany



Herausgeber:

Hella Kehlenbeck¹
Jovanka Saltzmann¹
Jürgen Schwarz¹
Peter Zwerger²
Henning Nordmeyer²
Dietmar Roßberg¹
Isabella Karpinski¹
Jörn Strassemeyer¹
Burkhard Golla¹
Bernd Freier¹

Julius Kühn-Institut (JKI)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

¹ Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow

² Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig

Titelfoto:

Jürgen Schwarz (JKI)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
In der Deutschen Nationalbibliografie: detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISSN 1868-9892
ISBN 978-3-95547-027-2
DOI 10.5073/jka.2015.451.000

© Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, 2015.
Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, Berlin.

Vorwort

Die Anwendung und der Absatz glyphosathaltiger Herbizide haben in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland stark zugenommen. Rund 40% der Ackerfläche Deutschlands werden jedes Jahr mit glyphosathaltigen Herbiziden behandelt. Dies hat Fragen und Diskussionen zur generellen Anwendung, zu Anwendungsgebieten und Anwendungshäufigkeiten glyphosathaltiger Herbizide aufgeworfen. Die aktuellen Diskussionen um gesundheitliche Auswirkungen von Glyphosat sowie die hohen Absatzzahlen glyphosathaltiger Präparate in Deutschland und weltweit provozieren Fragen nach einer Einschränkung der Anwendungen oder gar einem Verbot des Wirkstoffes.

Glyphosat ist ein herbizider Wirkstoff, der aufgrund seiner besonderen Eigenschaften vor allem im Ackerbau, aber auch in Dauerkulturen, in verschiedenen Anwendungsbereichen eine wichtige Rolle spielt. Zu erklären sind die gestiegenen Ausbringungsmengen in Deutschland nicht nur mit dem breiten Anwendungs- und Wirkungsspektrum, den flexiblen Anwendungszeitpunkten und der Wirkungssicherheit dieses Wirkstoffes, sondern auch mit dem Anstieg der pfluglosen Bodenbearbeitung, der Ausweitung bodenschonender Bearbeitungsverfahren überhaupt sowie mit arbeitswirtschaftlichen Gründen. Vor allem die wirtschaftlichen Faktoren haben dazu beigetragen, dass die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide gegenüber anderen ackerbaulichen Maßnahmen meist eine größere relative Vorzüglichkeit aufweist.

Derzeit unterliegt der Wirkstoff Glyphosat einer Neubewertung im Rahmen der EU-Wirkstoffprüfung, in der Deutschland die Pflichten des berichterstattenden Mitgliedstaats übernommen hat. Dabei werden vor allem Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier und Umweltwirkungen von Glyphosat vor dem Hintergrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse eingehend überprüft. Das Julius Kühn-Institut mit seiner Kompetenz im Bereich der Kulturpflanzenproduktion prüft im Rahmen der EU-Wirkstoffprüfung die Wirksamkeit und den Nutzen der Anwendung von Glyphosat.

Im Rahmen der aktuellen politischen und öffentlichen Diskussionen sowie im Zusammenhang mit der Neubewertung wurden auch Fragen nach einer Beschränkung des Anwendungsumfangs und dessen Auswirkungen gestellt. Diesen Fragen wird in der vorliegenden Studie nachgegangen. Dabei soll abgeschätzt werden, welche Konsequenzen ein vollständiger oder teilweiser Verzicht der Anwendung von Glyphosat für die Landwirtschaft in Deutschland haben kann. Zur Abschätzung der Auswirkungen wurden praktikable chemische und nichtchemische Alternativen als Ersatz für die Glyphosatanwendung untereinander aber auch mit der Glyphosatanwendung verglichen. Die Alternativen sollten im Ergebnis für die Betriebe möglichst keine oder nur geringe wirtschaftlichen Nachteile und gleichzeitig keine nachteiligen Umweltwirkungen mit sich bringen. Der Fokus dieser Folgenabschätzung liegt damit auf der Anwendung und den Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Betriebe und die Landwirtschaft.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern dieser Studie interessante Einblicke in die Thematik und bin überzeugt, dass diese Studie einen geeigneten Beitrag zu einer sachlichen, wissenschaftlich begründeten und zielführenden Diskussion leisten wird.

Präsident und Professor
Dr. Georg F. Backhaus

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
Kurzfassung	11
Executive Summary	16

1. Einleitung20

1.1 Hintergrund	20
1.2 Zielsetzung.....	20
1.3 Vorgehensweise.....	20

2. Eigenschaften, Wirkungsweise und Umweltverhalten von Glyphosat21

2.1 Eigenschaften und Wirkungsweise von Glyphosat.....	21
2.2 Umweltverhalten von Glyphosat	22
2.2.1 Nicht-Ziel-Organismen.....	22
2.2.2 Verhalten und Verlagerung im Boden	22
2.2.3 Wasser	23
2.2.4 Klimawirkungen und Luft.....	23

3. Status-Quo-Analyse der Anwendung von Glyphosat in Deutschland.....24

3.1 Zugelassene glyphosathaltige Herbizide und deren Anwendungsbereiche	24
3.2 Anwendungsmuster für Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat.....	24
3.3 Absatzmengen des Wirkstoffes Glyphosat in Deutschland	25
3.4 Anwendung glyphosathaltiger Herbizide in Deutschland.....	27
3.4.1 Ackerbau	27

3.4.2 Dauerkulturen 35
3.4.3 Nicht-berufliche Anwender (Haus- und Kleingarten) 36

4. Ökonomische Aspekte der Glyphosatanwendung37

4.1 Nutzen und Vorteilswirkungen 37
4.2 Kosten 39

5. Mögliche Alternativen für glyphosathaltige Herbizide40

5.1 Ackerbau 40
5.1.1 Substitution durch andere Herbizide 40
5.1.2 Substitution durch mechanische Verfahren 40
5.2 Dauerkulturen 42
5.2.1 Substitution durch alternative Wirkstoffe in Kernobst und Wein 42
5.2.2 Substitution durch mechanische Methoden zur Unkrautbekämpfung 43
5.3 Auswahl exemplarischer Anwendungen 45
5.3.1 Ackerbau 45
5.3.2 Dauerkulturen (am Beispiel des Apfelanbaus) 46

6. Folgenabschätzung der Anwendung von Alternativen für glyphosathaltige Herbizide47

6.1 Mögliche Umweltwirkungen alternativer Verfahren 47
6.1.1 Ackerbau 47
6.1.2 Vergleichende Bewertung der Umweltwirkungen 53
6.2 Vergleichende Risikoabschätzung mit dem Indikator SYNOPS 53
6.2.1 Ackerbau 54
6.2.2 Dauerkulturen (Obst- und Weinbau) 55
6.3 Pflanzenbauliche Wirkungen alternativer Verfahren 56
6.3.1 Wirkungen auf Anbausysteme 56
6.3.2 Konservierende Bodenbearbeitung 57

6.4 Ökonomische Wirkungen alternativer Verfahren.....	57
6.4.1 Methodische Grundlagen.....	57
6.4.2 Ackerbau	60
6.4.3 Dauerkulturen (am Beispiel des Apfelanbaus)	75

7. Schlussfolgerungen80

8. Anhang 83

A_1.2 Konzeption der Folgenabschätzung zur Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden und möglichen Alternativen in Deutschland.....	83
A_3.4 Detaillierte Abschätzung der Glyphosat-Anwendungsmengen.....	84
A_5.1 Ergänzungen zu mechanischen Bodenbearbeitungsverfahren.....	86
A_6.2 Vergleichende Risikoabschätzung mit dem Indikator SYNOPYS.....	87
A_6.4 Betriebswirtschaftliche Bewertung der Anwendung von Alternativen in unterschiedlichen Fruchtfolgen	89
Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Winterraps-Winterweizen-Winterweizen.....	94
Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Mais-Winterweizen-Winterweizen	105
Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Winterraps-Winterweizen-Wintergerste	115
Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Mais-Winterweizen-Sommergerste.....	125
Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Winterraps-Winterweizen-Sommergerste	135
Literaturverzeichnis	146

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wiederinkulturnahme von Bracheflächen und Grünlandumbruch zwischen 2000 und 2010 in Deutschland (Quelle: GUTSCHE (2012))	26
Abb. 2: Anteil glyphosathaltiger und sonstiger Herbizide an den Behandlungsindizes der Herbizide in Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Vergleichsbetrieben in Deutschland in den Jahren 2007 bis 2013 (Quelle: FREIER <i>et al.</i> (2015))	33
Abb. 3: Anteil glyphosathaltiger und sonstiger Herbizide an den Behandlungsindizes der Herbizide in Winterweizen, Wintergerste und Winterraps bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in den Vergleichsbetrieben in Deutschland in den Jahren 2007 bis 2013 (Quelle: FREIER <i>et al.</i> (2015))	34
Abb. 4: Ausgebrachte Wirkstoffmengen in g /ha von Glyphosat und Pointer SX bei gleichem Behandlungsindex von 1,0	34
Abb. 5: Modellhafte Darstellung aller Anwendungsmöglichkeiten glyphosathaltiger Herbizide (Sikkation, Stoppel- und Vorsaatbehandlung) und deren Alternativen zur Bekämpfung von Unkraut und Ausfallpflanzen vor einer anschließenden Winterung ohne Berücksichtigung von Zulassungsbeschränkungen für Anbausysteme mit und ohne Pflug	45
Abb. 6: Potenziell erosionsgefährdete Ackerflächen durch Wind in Deutschland	50
Abb. 7: Potenziell erosionsgefährdete Ackerflächen durch Wasser in Deutschland	51
Abb. 8: Schematische Darstellung der Variante 1 – „Sikkation und Vorsaat“ bei anschließender Winterung	63
Abb. 9: Schematische Darstellung der Variante 2 – „Stoppel“ bei anschließender Winterung	63
Abb. 10: Schematische Darstellung der Variante 3 – „Vorsaat“ bei anschließender Winterung	64
Abb. 11: Schematische Darstellung der Variante 1a – „Sikkation & Vorsaat“ bei anschließender Sommerung	64
Abb. 12: Schematische Darstellung der Variante 1b – „Sikkation, Stoppel & Vorsaat“ bei anschließender Sommerung	65
Abb. 13: Schematische Darstellung der Variante 2a – „Stoppel & Vorsaat“ bei anschließender Sommerung	65
Abb. 14: Kosten des Glyphosatverzichts in Abhängigkeit des sikkerten Flächenanteils (10-100%).	74

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zugelassene Indikationen und Anwendungsbereiche von Glyphosat	24
Tab. 2: Übersicht über die Wirkstoffabsatzmengen [t] im Inland an Herbiziden, Glyphosat und dessen prozentualem Anteil an den Herbizidwirkstoffen	25
Tab. 3: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2011	30
Tab. 4: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2012	30
Tab. 5: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2013	30
Tab. 6: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2011	35
Tab. 7: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2012	35
Tab. 8: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2013	35
Tab. 9: Alternativen zur Stoppelbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden	40
Tab. 10: Alternativen zur Vorsaatbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden	41
Tab. 11: Alternative Wirkstoffe zu glyphosathaltigen Herbiziden im Obstbau (Kernobst) und Weinbau und Beurteilung von Wirksamkeit, Wirkungsäquivalenz und Anwendungszeitpunkt im Vergleich zu Glyphosat	43
Tab. 12: Unterstockbodenpflegeverfahren	44
Tab. 13: Fläche [ha] und Anteil an der Ackerfläche des Bundeslandes [%] der potentiell erosionsgefährdeten Ackerböden durch Wasser an der gesamten Ackerfläche je Bundesland	52
Tab. 14: Fläche [ha] und Anteil an der Ackerfläche des Bundeslandes [%] der potentiell erosionsgefährdeten Ackerböden durch Wind an der gesamten Ackerfläche je Bundesland	52
Tab. 15: Kategorisierung der mit SYNOPS-WEB berechneten Risikoindizes	54
Tab. 16: Risikoindizes von Glyphosat und Deiquat für Raps und Winterweizen (WW) für Sikkation, Vorsaatbehandlungen (Vorsaat) und Stoppelbehandlungen (Stoppel), berechnet mit SYNOPS-WEB für Umweltszenarien in Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern	55
Tab. 17: Risikoindizes herbizider Wirkstoffe für den Apfelanbau, berechnet mit SYNOPS-WEB für Umweltszenarien der Anbaugebiete „Bodensee“ und „Altes Land“	56
Tab. 18: Risikoindizes herbizider Wirkstoffe für den Weinbau, berechnet mit SYNOPS-WEB für Umweltszenarien der Anbaugebiete „Mittelrhein“ und „Mosel“	56
Tab. 19: Anwendungsvarianten von Glyphosat unter Berücksichtigung zulassungsbedingter Einschränkungen	61
Tab. 20: Berechnete Varianten	62

Tab. 21: Ertrags- und Erzeugerpreisannahmen (Mittelwerte der Jahre 2007-2012) sowie die zugrunde liegenden Ausgangserlöse	66
Tab. 22: Kosten der Arbeitsgänge Pflanzenschutzmittelausbringung (PSM-Ausbringung) und Bodenbearbeitung auf einem 10 ha Schlag und einer Feld-Hof-Entfernung von 1 km	67
Tab. 23: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung im Ackerbau	68
Tab. 24: Jährliche Kosten des Verzichts auf Glyphosat dargestellt als Differenz der Annuitäten in €/ha und Jahr eines Anbausystems mit Glyphosat und eines mit mechanischer Substitution. Negative Vorzeichen bedeuten Verluste, positive Vorzeichen zusätzliche Einnahmen durch die Substitution von Glyphosat	72
Tab. 25: Zu erwartende ökonomische Konsequenzen der Substitution von Glyphosat auf der Grundlage eigener Berechnungen	73
Tab. 26: Annahmen zur Pflanzenschutzmittelausbringung und zum Arbeitsgang „Mulchen“ in der Glyphosatvariante für den Apfelanbau	76
Tab. 27: Annahmen zur Unkrautbekämpfung und Mechanisierung in der glyphosاتفreien Variante im Apfelanbau	76
Tab. 28: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) in der Variante „mit Glyphosat“ im Apfelanbau	77
Tab. 29: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) in der Variante „ohne Glyphosat“ im Apfelanbau	78
Tab. 30: Erlöse, Pflanzenschutzkosten und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) in der Glyphosatvariante im Apfelanbau in €/ha und Jahr	78
Tab. 31: Erlöse, Pflanzenschutzkosten und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) bei mechanischer Substitution von Glyphosat im Apfelanbau in €/ha und Jahr	79

Abkürzungsverzeichnis

A	Annuität
AWB	Anwendungsbestimmung
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BI	Behandlungsindex
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
EC50	Mittlere effektive Konzentration / mittlere effektive Dosis
ETR	Exposure-Toxicity-Ratio
JKI	Julius Kühn-Institut
LC50	Mittlere letale Konzentration
NBW	Nettobarwert
NEPTUN	Netzwerk zur Ermittlung der Pflanzenschutzmittelanwendung in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands
NOEC	No Observed Effect Concentration
PAPA	Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen
PSKFL	Pflanzenschutzkostenfreie Leistung
UBA	Umweltbundesamt

Kurzfassung

Anwendung und Absatz glyphosathaltiger Herbizide haben in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland stark zugenommen. Rund 40% der Ackerfläche Deutschlands werden jedes Jahr mit glyphosathaltigen Herbiziden behandelt und seit 2004 jährlich durchschnittlich ca. 5.000 Tonnen des Wirkstoffes Glyphosat in Deutschland abgesetzt, wodurch Fragen und Diskussionen zur Verminderung der Anwendung glyphosathaltiger Herbizide aufgeworfen wurden.

Ziel der vorliegenden Folgenabschätzung war es, die aktuelle Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in der Landwirtschaft in Deutschland darzustellen, mögliche alternative Maßnahmen zu identifizieren und diese beispielhaft vor allem hinsichtlich zu erwartender ökonomischer Wirkungen vergleichend mit der Glyphosatanwendung zu bewerten. Mögliche Umweltrisiken wurden mit dem Risikoindikator SYNOPS geprüft. Gesundheitliche Aspekte der Glyphosatanwendung wurden in der vorliegenden Studie nicht betrachtet.

Der herbizide Wirkstoff Glyphosat besitzt aufgrund seines einzigartigen Wirkmechanismus, seines breiten Wirkungsspektrums als Blattherbizid mit einer guten Wirkung gegen ein- und mehrjährige Unkrautarten ein Alleinstellungsmerkmal, da eine solche Kombination bei keinem anderen herbiziden Wirkstoff zu finden ist.

In Deutschland sind derzeit (Stand November 2015) 33 Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat zugelassen, die unter 95 Handelsbezeichnungen vermarktet werden. Davon sind 16 Herbizide für den Haus- und Kleingartenbereich (nichtberufliche Anwender) zugelassen, die wiederum unter 52 Handelsnamen verkauft werden. Für die 33 zugelassenen Herbizide sind 470 Anwendungsgebiete festgesetzt, davon 96 für nichtberufliche Anwender.

Zur Unkraut- und Ungrasbekämpfung werden glyphosathaltige Herbizide sowohl ganzflächig, auf Teilflächen sowie zur Einzelpflanzenbehandlung angewendet. Im Ackerbau lässt sich die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Vorsaatverfahren (Anwendung kurz vor der Aussaat bzw. je nach Zulassung auch noch kurz nach der Aussaat im Voraufbau), Vorernteverfahren (Anwendung im Bestand kurz vor der Ernte, Sikkation und/oder Unkrautbekämpfung) und Nachernteverfahren (Anwendung nach der Ernte, Stoppelbehandlung) unterscheiden.

Die Anwendungshäufigkeit von Glyphosat in sechs ackerbaulichen Hauptkulturen (Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais) wurde für die Jahre 2011, 2012 und 2013 anhand der PAPA-Erhebungsdaten (**Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen**) analysiert. Der Wirkstoff wurde in Winterweizen und Wintergerste in ca. 40% aller PAPA-Erhebungsbetriebe mindestens einmal auf den entsprechenden Flächen ausgebracht. Besonders in Winterweizen und Wintergerste hatten glyphosathaltige Herbizide eine große Bedeutung verglichen mit anderen herbiziden Wirkstoffen und gemessen am „Behandlungsindex Herbizide“. In Winterraps, Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln hingegen war die Anwendung von Glyphosat deutlich seltener. Hier war Glyphosat im Hinblick auf die Anwendungshäufigkeit „ein Wirkstoff unter vielen“. Eine Abschätzung der Anwendungsmengen im Ackerbau zeigte, dass rund ein Drittel auf die Ackerbaukultur mit der größten Anbaufläche, den Winterweizen, entfällt.

In Dauerkulturen (Wein und Apfel) wird Glyphosat zur Unkrautbekämpfung in den Baumreihen bzw. Rebenzeilen angewendet, wobei es sich im Unterschied zum Ackerbau überwiegend bis ausschließlich um Teilflächenbehandlungen (etwa auf einem Drittel der Anbaufläche) handelt. Anders als im Ackerbau wurden gemäß der PAPA-Erhebungen in den Dauerkulturen nur wenige unterschiedliche Herbizide angewendet. Der Wirkstoff Glyphosat spielte hier eine besondere Rolle. Im Apfelanbau wird der Wirkstoff in nahezu allen PAPA-Erhebungsbetrieben angewendet. Aber auch im Weinbau belegt Glyphosat mit deutlichem Abstand Platz 1 im Herbizid-Ranking. Im Hopfenanbau wurde hingegen in den PAPA-Erhebungsbetrieben kein Glyphosat angewendet.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Folgen eines Glyphosatverzichtes auf betriebswirtschaftlicher Ebene auf der Grundlage exemplarischer Beispielsrechnungen für typische Fruchtfolgen im Ackerbau und für den Apfelanbau als Beispiel einer Dauerkultur abgeschätzt. Auch pflanzenbauliche Wirkungen sowie Veränderungen hinsichtlich des Umweltrisikos fanden Berücksichtigung.

Alternativen und deren ökonomische Bewertung im Ackerbau

Eine chemische „Alternative“ für die Anwendung auf der Stoppel und im Vorsaatverfahren muss für die jeweilige Indikation zugelassen sein, und sollte annähernd wirkungsäquivalent zu dem zu ersetzenden Herbizid sein. Auf der Grundlage dieser Festlegung gab es zur Anwendung glyphosathaltiger Herbizide auf der Stoppel und im Vorsaatverfahren keine chemische Alternative. Für die Sikkation konnte lediglich für Raps mit dem Wirkstoff Deiquat (z. B. Reglone) eine chemische Alternative identifiziert werden.

Als mechanische Alternativen konnten für die Erzielung einer annähernden Wirkungsäquivalenz zur Glyphosatanwendung sowohl für die Stoppelbehandlung (mit dem Ziel der Beseitigung von Ausfallkulturen, perennierender Unkräuter wie Gemeiner Quecke sowie sonstiger Unkräuter und Ungräser) als auch für die Vorsaatbehandlung (mit dem Ziel der Beseitigung von Ausfallkulturen, Unkräutern/Ungräsern, insbesondere auch resistente Acker-Fuchsschwanz- und/oder Windhalm-Pflanzen, Mulch-/Begrünungspflanzen (Zwischenfrüchte)) jeweils nur die Anwendung von ganzflächigen, 1 bis 3 zusätzlichen mechanischen Bearbeitungsgängen mit einem geeigneten Gerät oder einer Gerätekombinationen identifiziert werden. Die Wirkungsäquivalenz wird über das Wiederholen der Bearbeitungsgänge angestrebt, wobei eine vollständige Äquivalenz nur annäherungsweise und unter bestimmten Gegebenheiten zu erreichen ist.

Ein Vergleich der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit zwischen der Anwendung glyphosathaltiger Herbizide und der möglichen Alternativen wurde für die Varianten „Sikkation & Vorsaat“, „Stoppel“ und „Vorsaat“ jeweils für ein Anbausystem mit und ohne Pflug sowie für die Annahmen „mit Trocknung“ und „ohne Trocknung“ des Erntegutes vorgenommen. Dabei wurden jeweils Fruchtfolgen mit überwiegend Winterungen und überwiegend Sommerungen berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Substitution von Glyphosat durch zusätzliche Bodenbearbeitungsmaßnahmen nicht in jedem Fall teurer war. In fast allen Varianten konnte unter günstigen Voraussetzungen, wenn z. B. durch eine einmalige zusätzliche Bodenbearbeitung eine Wirkungsäquivalenz zu Glyphosat erzielt wurde, die mechanische Unkrautbekämpfung zu einem betriebswirtschaftlich identischen oder besseren Ergebnis führen. Standort, Witterung und Anbaupraxis waren dabei wichtige Einflussfaktoren für die ökonomischen Konsequenzen eines Verzichts auf Glyphosat. Schwierig war der ersatzlose Wegfall von Glyphosat bei der Sikkation, wenn eine anschließende kostenintensive Trocknung des Erntegutes die Folge war.

Mögliche Umweltwirkungen von glyphosathaltigen Herbiziden und alternativen Maßnahmen wurden anhand von Literaturdaten berücksichtigt. Danach kann es sowohl bei der Glyphosatanwendung als auch bei den nichtchemischen Alternativen (Grubber, Pflug) nachteilige Umweltwirkungen geben.

Für Glyphosat sind toxische Wirkungen vor allem auf Amphibien und Algen beschrieben. Regenwürmer werden durch zugelassene Aufwandmengen eher nicht beeinträchtigt, wohingegen für den Pflugeinsatz eine geringere Abundanz, Biomasse und Bioturbation (Aktivität) beschrieben wurden. Durch das Pflügen können auch andere Bodenorganismen, wie Invertebraten oder Springschwänze beeinträchtigt werden. Zudem zerstört das Pflügen die Bodenstruktur und begünstigt die Erosion.

Hinsichtlich indirekter Wirkungen auf die Biodiversität ist für alle Maßnahmen festzustellen, dass die beabsichtigte breitwirksame Unkrautbekämpfung auf der Ackerfläche mögliche Wirkungen über trophische Interaktionen auf andere Organismengruppen, wie Vögel oder Säugetiere haben kann.

Für das Grubbern wurde die Unterkrumenverdichtung als nachteilige Wirkung beschrieben. Ackerbaulich gesehen kann eine Ausbreitung ausdauernder Unkräuter gefördert werden, was weitere Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich machen kann.

Alternativen und deren ökonomische Bewertung im Apfelanbau

Die in Kernobst zugelassenen alternativen Herbizide stellten keine Alternative zu Glyphosat hinsichtlich ihrer Wirkungsäquivalenz dar und wurden daher nicht weiter betrachtet. Als Alternative wurde eine mechanische Baumstreifenpflege (vergleichbar dem ökologischen Apfelanbau) angenommen und ein Vergleich zwischen „mit“ und „ohne“ Glyphosat berechnet.

Der erheblich höhere Arbeitsaufwand in der glyphosatfreien Variante führte im ersten Standjahr zu Kosten der mechanischen Unkrautbekämpfung in Höhe von rund 2.000 €/ha und Jahr und in den Folgejahren von rund 1.500 €/ha und Jahr. Damit waren die Unkraut-Bekämpfungskosten ab dem 2. Standjahr viermal so hoch wie in der Glyphosatvariante.

Bei mechanischer Substitution von Glyphosat über die 20 Standjahre betragen die durchschnittlichen jährlichen Kosten durch den Verzicht auf Glyphosat 1.100 bis 1.200 €/ha. Im Vergleich dazu lag der Deckungsbeitrag im konventionellen Apfelanbau gemäß der KTBL Datensammlung (KTBL 2010) für den Obstbau ab Jahr 6 bis zum Jahr 20 bei 5.071 €/ha und Jahr. Eine Substitution der Glyphosatanwendung durch die mechanische Unkrautbekämpfung würde den Deckungsbeitrag um ca. 20% reduzieren. Im ökologischen Landbau können die höheren Kosten der mechanischen Bodenbearbeitung durch höhere Deckungsbeiträge infolge höherer Erzeugerpreise kompensiert werden - die Deckungsbeiträge sind hier mit rund 10.500 €/ha doppelt so hoch wie im konventionellen Apfelanbau.

Vergleichende Risikoabschätzung von glyphosathaltigen Herbiziden und deren Alternativen

In einer vergleichenden Bewertung chemischer Alternativen mit dem Risikoindikator SYNOPSIS wiesen die Anwendungen von Glyphosat im Ackerbau sowohl für die chronischen als auch für die akuten Risikoindizes sehr niedrige Risikowerte (Exposure-Toxicity-Ratios (ETR) < 0,01) auf. Die Alternative mit dem Wirkstoff Deiquat hatte Risikowerte in der niedrigen Risikokategorie (ETR < 0,1) und lag damit deutlich über den Werten der Glyphosatanwendung. Die Anwendungen für Glyphosat bei der Stoppel- bzw. Vorsaatbehandlung zeigten bei der SYNOPSIS-Modellierung ebenfalls nur sehr niedrige Risikowerte.

Auch für den Apfelanbau wiesen die Anwendungen von Glyphosat verglichen mit alternativen Herbizidwirkstoffen (Glufosinat-ammonium, Propyzamid, Pendimethalin, Isoxaben, MCPA und Dimethenamid-P) nach SYNOPSIS-Modellierung sowohl für die chronischen als auch für die akuten Risikoindizes die niedrigsten Werte auf. Nur geringfügig höhere Risikowerte hatte der Wirkstoff Glufosinat-ammonium.

Schlussfolgerungen

(1) Einsparpotenziale für eine Mengenreduktion bei der Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden

Gemessen an der jährlichen Absatzmenge von durchschnittlich rund 5.000 t Wirkstoff ist das Einsparpotenzial im Wein- und Apfelanbau bei vollständigem Verzicht auf Glyphosat sehr gering. In 2011 wurden rund 90 t und in 2012 rund 70 t Glyphosat angewendet. Zudem zeigte die ökonomische Bewertung für den Apfelanbau, dass eine Substitution durch mechanische Bodenbearbeitung hier zu sehr hohen zusätzlichen Kosten führt und damit eine ökonomisch äußerst nachteilige Alternative darstellt. Andere herbizide Wirkstoffe bringen keine Wirkungsäquivalenz und wären damit bei gleichzeitig ungünstigeren Umwelteigenschaften in der Anwendung auch wesentlich teurer.

Im Haus- und Kleingartenbereich (nicht berufliche Anwender) liegt das Einsparpotenzial bei vollständigem Verzicht in einer ähnlichen Größenordnung bei etwa 90 t pro Jahr.

Das größte theoretische Einsparpotenzial liegt bei den Anwendungen im Ackerbau und hier insbesondere bei den Anwendungen in der Ackerbaukultur mit der größten Anbaufläche, dem Winterweizen, wo nach JKI Schätzungen rund ein Drittel der Glyphosatmenge angewendet wird. Problematisch ist der Verzicht von Glyphosatanwendungen jedoch vor allem in Kombination mit

pflugloser Bodenbearbeitung. Neben möglichen negativen Folgen hinsichtlich Erosion wirkt sich ein Verzicht auch ökonomisch nachteilig aus.

Die hier vorgenommenen ökonomischen Abschätzungen berücksichtigten bereits die Mitte 2014 vom BVL festgesetzten Anwendungsbestimmungen für glyphosathaltige Herbizide. Ob sich daraus auch eine tatsächliche Minderung der Anwendungsmengen ergibt, lässt sich erst an den zukünftigen PAPA-Erhebungsdaten bzw. den vom BVL erfassten Absatzzahlen ablesen.

(2) Mögliche Umweltwirkungen eines Verzichts auf glyphosathaltige Herbizide

Im Apfelanbau sind nur chemische Alternativen zugelassen, die ungünstigere ökotoxikologische Eigenschaften und zudem keine Wirkungsäquivalenz aufweisen.

Für den Ackerbau konnte - mit Ausnahme des Wirkstoffes Deiquat für die Sikkation in Raps – keine chemische Alternative identifiziert werden.

Auch die nichtchemischen Alternativen weisen nachteilige Umweltwirkungen auf. Insbesondere hinsichtlich der indirekten Wirkungen auf die Biodiversität über trophische Interaktionen (s.o.) dürften auf den Zielflächen nur geringe Unterschiede zwischen nichtchemischer Unkrautbekämpfung und der Anwendung von Glyphosat zu erwarten sein. Was die Abwägung anderer Auswirkungen betrifft - wie ökotoxikologische Aspekte hinsichtlich Amphibien und Algen gegenüber Bodenleben und Erosion - so vermag diese Folgenabschätzung hier keine abschließende Beurteilung zu treffen.

(3) Anwendungsbereiche ohne äquivalenten Ersatz

Mulchsaat ist ohne die Anwendung von Glyphosat unter bestimmten Bedingungen bei wenig Pflanzenaufwuchs möglich. In vielen Fällen bedingt jedoch die Anwendung der Mulchsaat die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden.

Im Rahmen der Ackerhygiene wird Glyphosat zur Beseitigung des unerwünschten Aufwuchses (sog. „grüne Brücke“) angewendet. So ist frühzeitiges Abtöten von Ausfallsraps eine anerkannte Maßnahme, um der Verbreitung der Kohlhernie entgegenzuwirken. Stoppelbearbeitungsmaßnahmen zu diesem frühen Zeitpunkt sind nicht zielführend, da die ausgefallenen Rapsamen in tiefere Bodenschichten gelangen und das Samenpotential erhöhen.

Eine nachhaltige Bekämpfung der Gemeinen Quecke und einiger anderer perennierender Unkräuter ist ohne Glyphosat kaum möglich. Die Wirkungsgrade anderer herbizider Wirkstoffe reichen nicht aus. Über veränderte Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen sind bei den oben genannten Unkrautarten in der Regel keine ausreichend wirkungsäquivalenten Erfolge zu erreichen. Ein Verzicht auf Glyphosat bei Einsatz des Pfluges hatte verglichen mit pflugloser Bearbeitung deutlich geringere nachteilige ökonomische Wirkungen, so dass bei Ersatz glyphosathaltiger Herbizide durch mechanische Maßnahmen eine zunehmende Bodenbearbeitung mit dem Pflug die Folge wäre. In stark erosionsgefährdeten Ackerbauregionen könnte eine Umstellung von pflugloser Bodenbearbeitung auf Bodenbearbeitung mit dem Pflug zu Erosionsproblemen führen. Auch andere Vorteile der bodenschonenden Bodenbearbeitung würden entfallen.

(4) Ökonomische Wirkungen eines Verzichts auf glyphosathaltige Herbizide

Die ökonomischen Folgen eines Verzichts auf die Anwendung von Glyphosat mit einem Ersatz der Maßnahmen durch mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen sind in Dauerkulturen besonders gravierend. Für den Apfelanbau würden durch den vollständigen Verzicht, aufgrund der teureren mechanischen Bodenbearbeitung erhebliche ökonomische Einbußen die Folge sein. Ein vollständiger Verzicht erscheint daher wirtschaftlich kaum vertretbar.

Im Ackerbau hängen die ökonomischen Folgen stark davon ab, ob durch eine einmalige zusätzliche Bodenbearbeitung eine Wirkungsäquivalenz zu Glyphosat erzielt werden kann. In diesem Fall kann die mechanische Unkrautbekämpfung durch eine einmalige Bodenbearbeitung zu einem betriebswirtschaftlich identischen oder sogar besseren Ergebnis führen. Standort, Witterung und Anbaupraxis sind dabei wichtige Einflussfaktoren für die ökonomischen Konsequenzen der Substi-

tution von Glyphosat. Unter ungünstigen Bedingungen, wenn trotz 2 bis 3 zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge Ertragseinbußen aufgrund der Unkrautkonkurrenz auftreten, führte der Verzicht auf Glyphosat bei der Stoppelbearbeitung in winterungsbetonten Fruchtfolgen in den Berechnungen zu zusätzlichen jährlichen Kosten in Höhe von 55 bis 89 €/ha und der Verzicht auf Glyphosat bei der Vorsaatbehandlung von bis zu 100 €/ha. Bei einem durchschnittlichen Deckungsbeitrag für Weizen (Brotweizen) von 600 bis 900 €/ha würden die zusätzlichen Kosten etwa 6 bis 17% des Deckungsbeitrages ausmachen.

Ob eine Preiserhöhung für Glyphosat einen Beitrag für eine größere Vorzüglichkeit alternativer Maßnahmen leisten könnte, lässt sich nur theoretisch abschätzen. Um eine Kostenäquivalenz von drei Bodenbearbeitungsgängen mit der Glyphosatanwendung zu erreichen, müssten die Glyphosat-Preise um ca. 75% ansteigen. Allerdings entscheiden weitere wichtige Faktoren, wie die Wirkungsäquivalenz oder das Ausschließen von Ertragsverlusten am Ende über die ökonomische Vorteilhaftigkeit. Auch wenn die Kosten der verschiedenen Maßnahmen vergleichbar wären, spielen zusätzlich noch betriebliche Kapazitäten und Voraussetzungen eine wesentliche Rolle. So sind die Verfügbarkeit ausreichender Feldarbeitstage, ausreichender Arbeitskraftkapazitäten und notwendiger Mechanisierung zur Durchführung zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge eine entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung der alternativen Maßnahmen. Weiterhin sollte nach der Ernte keine Trocknung des Erntegutes notwendig sein.

(5) Resistenzmanagement

Durch die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden vor allem bei einer Vorsaatbehandlung kann die Ausbreitung und Entwicklung von resistenzgefährdeten Unkrautarten gezielt verhindert werden. Auf extremen Resistenzstandorten ist Glyphosat als Maßnahme im Resistenzmanagement zurzeit unverzichtbar.

(6) Empfehlungen

Die ökonomische Folgenabschätzung hat gezeigt, dass unter bestimmten Bedingungen auf Glyphosat verzichtet werden kann. Schlussfolgernd lässt sich daher feststellen, dass Glyphosat nicht von vornherein als Standardmaßnahme in ackerbaulichen Anbausystemen vorgesehen werden sollte. Vielmehr gilt es sorgfältig zu prüfen, ob Glyphosatanwendungen vor allem auf der Stoppel oder ggf. auch vor der Saat nicht durch mechanische Arbeitsgänge mit geeigneten Geräten ersetzt werden können. Dies würde eine Einsparung der Glyphosatmenge erwarten lassen. Insbesondere ist auch der Pflugeinsatz wieder häufiger in Betracht zu ziehen, vor allem auf Böden, die eine Pflugbearbeitung zulassen und die nicht erosionsgefährdet sind. Ist dies nicht ganzflächig möglich, sollte zumindest in Betracht gezogen werden, nur eine teilflächenspezifische Glyphosatanwendung auf besonders kritischen Teilbereichen der Schläge (z. B. Queckenbesatz, Erosionsgefährdung) durchzuführen. Ferner sollte geprüft werden, ob eine Glyphosatanwendung im jährlichen Wechsel mit mechanischen Arbeitsgängen nicht auch ausreichende Ergebnisse liefert. Vorernteanwendungen sollten generell in Mähdruschfrüchten auf das notwendige Maß begrenzt werden.

Executive Summary

Application and sales of glyphosate herbicides have strongly increased in Germany during the past 10 years. Every year, about 40% of Germany's arable land is under glyphosate treatment. Since 2004, about 5,000 t of glyphosate are sold in Germany every year, thus raising questions and discussions on the reduction of glyphosate use.

The aim of the present impact assessment is to show the current use of glyphosate in German agriculture, to identify alternatives and by way of example to comparatively assess those relative to glyphosate especially with respect to possible economic effects. Probable environmental risks were accounted for by application of the risk indicator SYNOPSIS. The assessment does not consider human health aspects of glyphosate use.

Glyphosate has a unique mode of action, a broad-spectrum activity based on foliar effectiveness with good control of annual and perennial weeds. The combination of these advantages leads to the unique selling point of the herbicidal active ingredient compared to any other.

At present (November 2015), 33 glyphosate herbicides are approved in Germany. They are sold under 95 trade names. Out of these, 16 herbicides are approved for non-commercial use in home and garden. They are sold under 52 trade names. The 33 approved herbicides have in total 470 authorized users, whereof 96 are for non-commercial users (home and garden).

To eliminate weeds and weed grasses, glyphosate is applied to an area in total or in part or to individual plants. In arable farming, glyphosate is applied pre-sowing (shortly before sowing or shortly after sowing before emergence), pre-harvest (to the standing crop shortly before harvest, desiccation) or post-harvest (after harvest, stubble treatment).

The application frequency of glyphosate was analysed for six major arable crops (winter wheat, winter barley, winter oilseed rape, sugar beet, potatoe, maize) in the years 2011, 2012 and 2013 using survey data from the **Panel on Pesticide Applications (PAPA)**. Glyphosate was applied at least once to winter wheat and winter barley by 40% of the PAPA farms. It is of great importance for both crops compared to other herbicidal active ingredients and based on results for the "Treatment frequency herbicides index" (TFI herbicides). It was less frequently applied to winter oilseed rape, maize, sugar beet and potatoes and comparing the application frequency to other herbicides it was just "one active ingredient among many" in these crops. According to the estimation, about one third of the applied quantity fell upon the arable crop with the largest cropping-area, which in Germany is winter wheat.

Within permanent crops (grape vines and apple), glyphosate is applied between the tree or vine rows to eliminate weeds. In contrast to arable crops, it is mostly or exclusively applied to parts of the orchards (only to about one third of the area) and the number of different herbicides applied was low, according to the PAPA surveys. Here, glyphosate was of great importance. Almost all PAPA farms growing apple applied it. It took the pole position among the used herbicidal active ingredients. The same came true for glyphosate in viticulture while the PAPA farms did not use glyphosate in hop gardens at all.

The present study assesses in particular the economic consequences at farm-scale of an abandonment of using glyphosate based on exemplary calculations for typical crop rotations in arable farming and for apple orchards as an example for a permanent crop. Effects on cropping and changes of the environmental risk were considered also.

Alternatives and their economic assessment in arable farming

A "chemical" alternative for stubble treatment and pre-sowing application has to be approved for the relevant indication and should have an efficacy almost equivalent to that of the herbicide to be replaced. Due to this requirement there was no chemical alternative to glyphosate herbicides for stubble treatment and pre-sowing application. There was only one chemical alternative for desiccation in oilseed rape - the active ingredient diquat (for instance within Reglone).

Mechanical alternatives that achieved an efficacy almost equivalent to glyphosate for stubble treatment (to eliminate volunteer plants, couch grass, weeds/weed grasses) and pre-sowing application (to eliminate volunteer plants, weeds/weed grasses, in particular resistant black grass and/or wind grass, mulching/cover crops (catch crop)) were in both cases the application of additional one to three tillage passes on the entire field using appropriate equipment or combination of equipment. The repeated passes are needed to increase efficacy, but complete equivalence can only be achieved under specific conditions.

A comparison of the economic results between glyphosate and alternatives covered the variants "desiccation and pre-sowing", "stubble" and "pre-sowing" for till (with plough) and no-till systems (without plough) and for "with drying of the harvest" and "without drying of the harvest". Furthermore, the comparison took account of crop rotations with either predominantly winter or summer crops.

The results showed that the substitution of glyphosate by additional tilling was not necessarily more expensive in any case. Within almost all the variants, mechanical weed control could provide the same or a better economic result under favourable conditions, when for instance one additional tillage pass achieved an efficacy equivalent to glyphosate. Location, weather and cropping practice had an important effect on the economic consequences of the non use of glyphosate. The abandonment of glyphosate without any replacement was especially difficult for desiccation when the missing treatment led to a subsequent cost-intensive drying of the harvest.

Data on potential environmental effects of glyphosate and alternative measures were considered from literature. Probable negative environmental effects have been described for both glyphosate and non-chemical alternatives (cultivator, plough).

Literature notes toxic effects of glyphosate in particular on amphibians and algae. Earthworms are rather not affected by approved application rates while the use of ploughs can reduce their abundance, biomass and bioturbation (activity). Ploughing may also affect other soil organisms like invertebrates or springtails. Furthermore, ploughing destroys the soil structure and promotes erosion.

Considering indirect effects on biodiversity it has to be noted for all measures that the desired broad-spectrum weed control and weed elimination on arable land may affect other groups of organisms like birds and mammals through trophic interaction.

According to literature, cultivators increase subsurface compaction as an adverse effect. Arable cropping may be affected by further spread of dicots, perennial weeds thus requiring further control measures.

Alternatives and their economic assessment in apple orchards

Herbicides approved for pome fruit did not offer a useful alternative to glyphosate in terms of equivalence of efficacy and were therefore not considered any further. Alternatively, mechanical tree row management (as in organic apple production) was assumed and the calculation included the alternatives "weed management with glyphosate" and "weed management without glyphosate".

Weed management without glyphosate required a considerably higher workload and resulted in costs of 2,000 € per hectare and year for mechanical weed control within the first year after planting and in costs of 1,500 € per hectare and year in subsequent years. Hence, expenditure on weed control was from the second year after planting on four times as high compared to the glyphosate variant.

With a mechanical glyphosate substitute over the 20 years of production of an orchard, the average annual costs of the glyphosate abandonment were 1,000 to 1,200 € per hectare. In comparison, the gross margin in conventional apple production from year 6 to year 20 was 5,071 € per hectare and year according to KTBL data. The substitution of glyphosate application by mechanical weed control would reduce the gross margin by about 20%. In organic fruit growing, the higher costs for mechanical tillage can be compensated by higher gross margins as a result of higher

producer prices - the gross margin amounts to about 10,500 € per hectare and is twice as high as in conventional apple production.

Comparative risk assessment of glyphosate herbicides and their alternatives

In a comparative assessment of chemical alternatives using the risk indicator SYNOPSIS, glyphosate applications in arable farming had very low risk values (exposure-toxicity ratios (ETR) < 0.01) both for the chronic and the acute risk indices. The alternative with the active ingredient diquat had risk values in the low risk category (ETR < 0.1) which was clearly above the risk values of the glyphosate application. The application of glyphosate as stubble treatment and before sowing only had low risk values, too.

Also in apple growing, the glyphosate applications showed the lowest values both for the chronic and acute risk indices compared to alternative herbicidal active ingredient (glufosinate-ammonium, propyzamide, pendimethalin, isoxaben, MCPA, dimethenamid-P) according to the SYNOPSIS model. Glufosinate-ammonium only had slightly higher risk values as glyphosate.

Conclusions

(1) Potential savings to reduce the applied glyphosate quantities

Compared to the yearly sales of glyphosate of 5,000 t on average in Germany, the potential savings in viticulture and apple orchards appear to be very low. In 2011 90 t and 2012 70 t of glyphosate were used. In addition, the economic assessment showed that the substitution by mechanical tillage was very expensive and therefore represented an economically disadvantageous alternative. Other herbicides are not equivalent in efficacy, have more negative effects on the environment and would also be much more expensive.

The potential savings from a complete abandonment of using glyphosate in home and garden are similarly low with only 90 t applied per year.

The largest theoretical potential for savings can be found in arable farming and here especially within winter wheat, the crop with the largest cropping area in Germany. According to estimation by JKI about one third of the applied glyphosate is used within winter wheat production. The abandonment may be quite problematic within production without plough. It may have not only adverse effects on erosion and soil properties, but also economic disadvantages.

The present economic assessments already include the application regulations for glyphosate laid down by the BVL in mid 2014. Only future PAPA data surveys or future pesticide sales data collected by BVL will reveal whether they will actually contribute to a reduction of applied quantities.

(2) Potential environmental effects by an abandonment of using glyphosate herbicides

In apple growing, all chemical alternatives have less favorable ecotoxicological properties than glyphosate and do not come up with an equivalence of efficacy.

In arable farming, it has not been possible to identify an appropriate chemical alternative (neither for desiccation nor for other applications) with the exception of the active ingredient diquat for desiccation in oilseed rape.

Non-chemical alternatives may also have adverse environmental effects. In particular, indirect effects on biodiversity through trophic interactions (see above) may hardly differ from those of glyphosate. This impact assessment cannot provide an evaluation of other effects such as ecotoxicological aspects with regard to amphibians and algae in contrast to soil life and erosion.

(3) Uses without equivalent replacement alternatives

Sowing in mulch without the application of glyphosate is an option under certain conditions and at low plant density. In many cases sowing in mulch is bound to a glyphosate application.

The application of glyphosate is part of phytosanitary practice for arable production to eliminate undesired plants (so called green bridges). The early killing of volunteer oilseed rape is a well es-

established measure to prevent the spread of club root. Stubble tillage at this early stage would not achieve this aim since the rape seed would get into deeper soil layers thus increasing the seed potential.

It is hardly possible to achieve a sustainable control of couch grass and other perennial weeds without glyphosate. Other herbicidal active ingredients have insufficient efficiency. Usually changes in crop rotations and tillage are not equivalent in efficiency concerning the above mentioned weeds. Replacing the glyphosate application by plough tillage had clearly less economic consequences. For this reason the change from glyphosate application to mechanical measures would probably enhance plough tillage. In landscapes with high risks of erosion, the shift from no-till to plough tillage can increase erosion. Other benefits of soil conserving tillage would at the same time be eliminated.

(4) Economic consequences

The replacement of glyphosate applications by mechanical weed control was particularly serious in permanent crops and resulted in very high additional costs. In apple growing, the complete replacement by the much more expensive mechanical weed control would result in a considerable loss. Here it is hardly justifiable to replace glyphosate.

In arable farming, the economic consequences strongly depend on whether an effect equivalent to glyphosate can be achieved by a one-time additional tillage. In this case, the mechanical control measure may lead to an economically identical or even better result. Location, weather and farming practices are important factors influencing the economic consequences of the substitution of glyphosate. Under unfavourable conditions, however, when in spite of 2 to 3 additional tillage passes yield losses occur, the calculations showed that the lack of stubble treatment with glyphosate in crop rotations with predominantly winter crops caused additional annual costs of 55 to 89 € per hectare and in case of pre-plant application of up to 100 € per hectare. With an average gross margin for example for wheat (bread wheat) of 600 to 900 € per hectare, the additional costs would account for about 6 to 17% of the gross margin.

Whether an increase in prices of glyphosate will enhance the economic advantage of alternative measures can only be theoretically estimated. For equivalence in costs of three tillage passes with a glyphosate application prices of glyphosate must increase by 70%. However, in the end other important factors determine the economic benefit and the decision on the measures, such as an efficacy almost equivalent to glyphosate applications with no minor yield result. Furthermore, a major prerequisite to substitute glyphosate by mechanical measures with only minimum economic disadvantages for farmers is the availability of sufficient field work days, sufficient manpower and equipment for the additional tillage. And, it should not be necessary to dry the harvest.

(5) Management of herbicide resistance

By applying glyphosate herbicides as a pre-sowing treatment spread and development of weed species at risk of herbicide resistance can be specifically avoided. At locations with extreme resistance glyphosate application remains an essential measure within management of resistance for the time being.

(6) Recommendations

The economic impact assessment revealed that under certain conditions glyphosate needs not to be used. Consequently, it has to be stated that glyphosate should not be regarded as a standard measure in arable crop production systems. Instead it should rather be considered whether glyphosate application in particular to stubble or pre-sowing application could be replaced by mechanical tillage with appropriate equipment. Such an approach should reduce the glyphosate quantity. Plough tillage should be taken into account more often, especially on soils that allow ploughing and have no erosion risk. If this is not possible on the entire area, glyphosate should be applied at least to the most problematic parts of the fields (for example due to couch grass, erosion risk). Moreover, it should be considered whether mechanical tillage as an alternative measure

could be applied alternating from year to year and lead to sufficient weed management results. In general, pre-harvest applications to combinable crops should be reduced to the necessary minimum.

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Anwendung und der Absatz glyphosathaltiger Herbizide haben in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland stark zugenommen (GUTSCHE, 2012; KULA, 2012; STEINMANN, 2013a; BVL, 2014a). Nach STEINMANN (2013b) und SCHULTE *et al.* (2015) werden rund 40% der Ackerfläche Deutschlands jedes Jahr mit glyphosathaltigen Herbiziden behandelt. Die hohen Absatzmengen des Wirkstoffes Glyphosat (nach BVL (2014a) seit 2004 jährlich durchschnittlich ca. 5.000 t bzw. rund 30% der abgesetzten Herbizidwirkstoffmengen) haben in Deutschland Fragen und Diskussionen zur Anwendung glyphosathaltiger Herbizide aufgeworfen.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Folgenabschätzung ist es, die aktuelle Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in der Landwirtschaft in Deutschland darzustellen, mögliche alternative Pflanzenschutzmaßnahmen zu identifizieren und diese beispielhaft vor allem hinsichtlich zu erwartender ökonomischer Wirkungen vergleichend mit der Glyphosatanwendung zu bewerten. Gesundheitliche Aspekte werden hier nicht betrachtet.

1.3 Vorgehensweise

Zunächst wird die derzeitige Anwendung glyphosathaltiger Herbizide anhand vorliegender Daten zu Absatz, Anwendung (einschließlich eigener Berechnungen) und aktueller Anwendungsbestimmungen für Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat vom 21. Mai 2014, (BVL, 2014b) dargestellt.

Mögliche alternative Herbizide und nichtchemische Unkrautbekämpfungsmethoden als Ersatz für den Wirkstoff Glyphosat werden exemplarisch für eine Auswahl an Anwendungsbereichen identifiziert, beschrieben und näher untersucht. Da hinsichtlich eines möglichen Einsparpotenzials insbesondere Anwendungsbereiche mit hohen Anwendungsmengen relevant sein können, werden hier Ackerbaukulturen und als Beispiel einer Anwendung in Dauerkulturen der Apfelanbau betrachtet. Die Alternativen für den Ackerbau werden anhand theoretischer Fruchtfolgen und Anwendungsmuster (ergänzt durch Praxisdaten) und auch für den Apfelanbau jeweils hinsichtlich zu erwartender Wirkungen vergleichend mit der Anwendung glyphosathaltigen Herbiziden geprüft.

Eine Übersicht der Vorgehensweise findet sich im Anhang (Übersicht A_1.2-1).

In der vorliegenden Folgenabschätzung wird sowohl von einer vollständigen Substitution, d.h. einem „Worst Case Szenario“, als auch einem teilweisen Verzicht ausgegangen. Es werden sowohl pflanzenbauliche und ökonomische Wirkungen für landwirtschaftliche Betriebe, aber auch Wirkungen auf die Umwelt sowie auf die Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren betrachtet. Wirkungen auf pflanzenbauliche Verfahren einschließlich konservierender Bodenbearbeitung werden aus den untersuchten Anwendungsbereichen abgeleitet und qualitativ beschrieben. Ökonomische Wirkungen werden auf betrieblicher Ebene anhand der unterschiedlichen Kosten von Anbauverfahren mit und ohne den Wirkstoff Glyphosat quantifiziert. Mögliche Umweltwirkungen werden anhand von Literaturdaten sowie einer vergleichenden Risikobetrachtung mit SYNOPS, einem Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln (GUTSCHE und STRASSEMAYER, 2007; STRASSEMAYER und GUTSCHE, 2010), untersucht und qualitativ, wenn möglich auch quantitativ beschrieben.

Die berücksichtigten Alternativen als Ersatz für Glyphosat im Ackerbau und im Apfelanbau erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Andere, hier nicht herangezogene Alternativen oder auch Kombinationen von Maßnahmen sowie die Einbeziehung von Markteffekten (Preise, Nach-

frageänderungen, etc.) könnten zu anderen Ergebnissen führen und müssen durch weitere Studien untersetzt werden.

2. Eigenschaften, Wirkungsweise und Umweltverhalten von Glyphosat

2.1 Eigenschaften und Wirkungsweise von Glyphosat

Der Wirkstoff Glyphosat wurde 1974 als Herbizid mit dem Handelsnamen Roundup auf dem deutschen Markt eingeführt. Glyphosat wird nach der Ausbringung durch grüne Pflanzenteile (Blätter, Sprosse, etc.) aufgenommen. Der Wirkstoff wird in der Pflanze systemisch transportiert, d.h. auch in die Wurzeln und in nicht getroffene Pflanzenteile verlagert. Glyphosat hemmt die EPSP-Synthase (5-Enolpyruvylshikimat-3-Phosphatsynthase) und damit die Biosynthese aromatischer Aminosäuren. Diese sind für das Wachstum und damit das weitere Überleben von Pflanzen essentiell. Dieser Stoffwechselweg kommt nur in Pflanzen, Pilzen und Bakterien vor.

Der Wirkmechanismus von Glyphosat wird nach der Klassifizierung der HRAC (Herbicide Resistant Action Committee) der Wirkstoffgruppe (Wirkungsmechanismus) „G“ zugeordnet. In dieser Wirkstoffgruppe sind nur Glyphosat und Sulfosate (Salz des Glyphosats) aufgeführt. Somit kann von einem einzigartigen Wirkmechanismus ausgegangen werden.

Die ersten Symptome der Wirkung von Glyphosat zeigen sich zunächst an den jüngsten Blättern, später verwelkt die ganze Pflanze. Dieser Prozess ist abhängig von der Stoffwechselintensität und der Witterung. Der Wirkstoff ist nicht selektiv, d.h. jede getroffene Pflanze wird bekämpft.

Eine nennenswerte Aufnahme von Glyphosat über den Boden findet nicht statt.

Die genannten Faktoren

- reines Blattherbizid,
- breites Wirkungsspektrum,
- gute Wirkung gegen ein- und mehrjährige Arten,
- einzigartiger Wirkmechanismus

sind in dieser Kombination ein Alleinstellungsmerkmal des Wirkstoffes Glyphosat. Eine solche Kombination ist bei keinem anderen herbiziden Wirkstoff zu finden.

Jedoch werden auch einige Unkräuter nicht ausreichend bekämpft, z. B. Giersch, Gemeiner Beinwell und Acker-Schachtelhalm.

Im Rahmen der konservierenden Bodenbearbeitung zur Erosionsminderung und damit einhergehendem Pflugverzicht wird Glyphosat zur Beseitigung des unerwünschten Aufwuchses (sog. „grüne Brücke“) angewendet. Dadurch erlangte die pfluglose Bodenbearbeitung in den vergangenen rund 15 Jahren eine deutliche Vorzüglichkeit.

Die Bekämpfung von mehrjährigen Unkräutern kann durch die Verlagerung von Glyphosat auch in die Wurzeln, sehr effektiv und nachhaltig erfolgen.

Im Rahmen des Resistenzmanagements werden in Deutschland zur Bekämpfung von resistentem Acker-Fuchsschwanz und resistentem Gemeinen Windhalm glyphosathaltige Herbizide als Vorsaatanwendung appliziert. Durch die Anwendung von Glyphosat wird damit ein zusätzlicher Wirkmechanismus im Resistenzmanagement eingesetzt.

Außerhalb von Europa werden glyphosathaltige Herbizide sehr umfänglich in gentechnisch veränderten glyphosatresistenten Kulturen zur selektiven Unkrautbekämpfung angewendet. Unter diesen Anbaubedingungen wurden vor allem in den USA, Kanada, Südamerika und Australien inzwischen eine Reihe von glyphosatresistenten Unkrautarten nachgewiesen, die regional bereits erhebliche Bekämpfungsprobleme verursacht haben. Doch auch in Europa wurden in Dauerkulturen wie im Obst- und Weinanbau aber auch im Getreideanbau bereits mehrere Unkrautarten mit Resistenz gegen Glyphosat beobachtet. Die Mehrzahl dieser Resistenzfälle trat in Spanien, Italien, Griechenland, Frankreich und Portugal auf. Für Deutschland sind bisher keine Glyphosatresistenzen bekannt.

2.2 Umweltverhalten von Glyphosat

Das sehr komplexe Themenfeld der Umweltwirkungen würde eine separate Studie erfordern. Daher wird für detaillierte Informationen auf die Bewertungsberichte des Umweltbundesamtes (UBA) verwiesen. Das UBA hat im Rahmen der zurzeit laufenden EU-Wirkstoffüberprüfung die von der Anwendung glyphosathaltiger Herbizide ausgehenden Umweltwirkungen aktuell bewertet und in sehr umfassenden Dossiers zusammengetragen. Im Rahmen dieser Studie werden lediglich wenige Aspekte des Umweltverhaltens zusammengefasst.

Nach GIESY *et al.* (2000) verfügen die auf Glyphosat basierenden Herbizide über ein vergleichsweise vorteilhaftes Profil hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Umwelt.

2.2.1 Nicht-Ziel-Organismen

Direkt toxische Wirkungen wurden für Vögel im Rahmen der zugelassenen Aufwandmengen nicht beobachtet.

Im Wasser lebende Organismen können mit Glyphosat durch Abdrift, Run-off oder den Oberflächenabfluss von Pflanzenschutzmitteln bei gewässernaher Anwendung in Kontakt kommen. Besonders Algen reagieren aufgrund ihrer physiologischen Ähnlichkeit zu Pflanzen empfindlich auf Glyphosat. Mögliche Wirkungen auf Algen, wie auch auf Wasserfloh (*Daphnia*), Fisch, Wasserlinse (*Lemna*) und Sedimentorganismen (*Chironomus*) berücksichtigt der Risikoindikator SYNOPSIS bei der vergleichenden Risikoabschätzung über die entsprechenden Endpunkte (siehe Kapitel 6.2).

Glyphosat wirkt bei sachgemäßer Anwendung nicht direkt toxisch auf Bienen. Bienen sind in SYNOPSIS (Kapitel 6.2) berücksichtigt.

Für Regenwürmer besteht bei sachgemäßer Anwendung ein geringes Risiko. Regenwürmer sind ebenfalls in SYNOPSIS (Kapitel 6.2) berücksichtigt.

Herbizide können auch Nicht-Ziel-Pflanzen (in Folge von Abdrift) schädigen. Dem wird durch Abstandsaufgaben und die Anwendung driftmindernder Technik Rechnung getragen.

Amphibien reagieren empfindlich auf Glyphosat und es wurden negative direkte Wirkungen festgestellt (RELYEA, 2005a; RELYEA, 2005b, c; HELANDER *et al.*, 2012; WAGNER und LÖTTERS, 2013). Dafür verantwortlich waren wahrscheinlich die verwendeten Netzmittel (Tallowamine) und nicht der Wirkstoff selbst. BERGER *et al.* (2013) sehen ein besonderes Problem in der zeitlichen Koinzidenz der Anwendung von Glyphosat und der Wanderung von Amphibien. Seit 2013 wird Tallowamin nicht mehr als Netzmittel angewendet (NOLTING, 2014).

Indirekte Wirkungen auf die Biodiversität können durch die breite herbizide Wirkung hervorgerufen werden, wodurch auf den behandelten Kulturflächen auch die Pflanzen abgetötet werden, die Insekten wie Schmetterlingen und Wildbienen und über trophische Interaktionen auch Agrarvögeln und Säugern Nahrung bieten. Dies trifft allerdings auch für die mechanische Unkrautbekämpfung durch Pflug oder Grubber zu, die ebenfalls den unerwünschten Pflanzenbestand beseitigen.

2.2.2 Verhalten und Verlagerung im Boden

Nach KULA (2012), GIESY *et al.* (2000) und DUKE und POWLES (2008) bindet Glyphosat stark an Bodenpartikel, wodurch verhindert wird, dass Glyphosat bei starken Niederschlägen in Oberflächengewässer gelangt (Run-Off) oder ins Grundwasser versickert. Auch der Hauptmetabolit AMPA (Aminomethyl-Phosphonsäure) wird im Boden sorbiert. Andere Autoren hingegen beschreiben, dass Glyphosat auch wieder desorbiert werden und dadurch in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann (BUFFIN und JEWELL, 2001).

Nach HELANDER *et al.* (2012) wird Glyphosat nicht vollständig und schnell abgebaut. Bezüglich der Persistenz beschreiben andere Autoren gegenteilige Beobachtungen: Nach KULA (2012) ist Glyphosat im Boden nicht persistent, aber sein Metabolit AMPA (DT₅₀ Glyphosat: 12 Tage / nicht persistent; DT₅₀ AMPA: 151 Tage / persistent).

Glyphosat beeinflusst die Bodenmikroflora unterschiedlich. Der Wirkstoff reichert sich nach einer Anwendung in den Pflanzenwurzeln an, und kann von dort in die Rhizosphäre abgegeben werden

und die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden beeinflussen. So können z. B. N-fixierende symbiotische Bakterien empfindlich auf Glyphosat reagieren. Pilze reagieren in unterschiedlicher Weise. Manche Arten sind empfindlich, wie Mykorrhiza-Pilze, andere werden durch Glyphosat sogar stimuliert (ROSLYCKY, 1982; REDDY und ZABLOTOWICZ, 2003; MOTAVALLI *et al.*, 2004; POWELL und SWANTON, 2008; SANYAL und SHRESTHA, 2008; MERTENS, 2011; HELANDER *et al.*, 2012; TAPPESER *et al.*, 2014). Nach HELANDER *et al.* (2012) kann die wiederholte Anwendung von Glyphosat die Zahl von Mikroben verringern, die für den Abbau von Glyphosat im Boden verantwortlich sind und damit den Abbau verlangsamen.

2.2.3 Wasser

Im Trink- und Grundwasser wurden bisher keine Überschreitungen des Grenzwertes von 0,1 µg/L bei Glyphosat und AMPA in Deutschland berichtet.

In der Literatur finden sich widersprüchliche Angaben über die Versickerung von Glyphosat ins Grundwasser (vgl. KULA (2012) und TAPPESER *et al.* (2014)). Nach STEFFEN und GIRBIG (2012) wurde verstärkt ein Vorkommen von Glyphosat und seinem Metabolit AMPA bei Gewässeruntersuchungen festgestellt, allerdings unterhalb toxikologisch relevanter Konzentrationen von 0,1 µg/L. Dies bestätigten auch KULA (2012) und SPRENGER (2014), die in Ostbrandenburg 2013 bei 10 getesteten Oberflächengewässern ein Oberflächengewässer nachwies, das mit Glyphosat und sechs, die mit AMPA belastet waren. Der Metabolit AMPA kann laut BUFFIN und JEWELL (2001), VERA *et al.* (2010) und HELANDER *et al.* (2012) durch seine Phosphor-Komponente für eine Erhöhung der Eutrophierung in Gewässern verantwortlich sein.

2.2.4 Klimawirkungen und Luft

Zu Auswirkungen von Glyphosat auf Klima und Treibhausgase finden sich in der Literatur nur wenige Angaben. Da Glyphosat nicht flüchtig ist, stellt es auch keine Belastung für die Atmosphäre dar (DUKE und POWLES, 2008).

Indirekt kann die Anwendung von Glyphosat durch die Erleichterung der nicht-wendenden Bodenbearbeitung im Ackerbau dazu beitragen, Emissionen zu verringern (INFOPORTAL GLYPHOSAT, 2012). Nach KTBL (2014, unveröffentlicht) können durch pfluglose Bodenbearbeitung oder Verzicht auf eine Grundbodenbearbeitung (Direktsaat) CO₂-Emissionen aus dem Maschineneinsatz vermindert werden. Das Einsparpotential und der Anteil der Emissionen aus dem Maschineneinsatz an den Gesamtemissionen im Anbau von Feldfrüchten sind aber in der Regel gering.

3. Status-Quo-Analyse der Anwendung von Glyphosat in Deutschland

3.1 Zugelassene glyphosathaltige Herbizide und deren Anwendungsbereiche

In Deutschland sind derzeit 33 Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat zugelassen, die unter 95 Handelsbezeichnungen vermarktet werden (BVL, 2015c, Stand 02.11.2015). 16 Herbizide sind im Haus- und Kleingartenbereich (nicht berufliche Anwender) zugelassen, die wiederum unter 52 Handelsnamen verkauft werden. Für die 33 zugelassenen Herbizide sind 470 Anwendungen erlaubt, davon 96 im Haus- und Kleingarten (nicht berufliche Anwender).

Glyphosat ist für unterschiedliche Anwendungsbereiche und Indikationen zugelassen (Tabelle 1). Neben der Unkrautbekämpfung und der Abtötung von Durchwuchs und Ausfallkulturen wird der Wirkstoff auch zur Sikkation im Getreide, in Raps, in Ackerbohnen, in Futtererbsen, in Senf- und Lupine-Arten und Lein angewendet (siehe auch Kapitel 3.4.1).

Tab. 1: Zugelassene Indikationen und Anwendungsbereiche von Glyphosat

Anwendungsbereich	Indikation	weitere zugelassene Anwendungen
Ackerbau	ein- / zweikeimblättrige Unkräuter Sikkation	Schosserrüben, Ausfallraps, Ausfallgetreide Zwiewuchs
Gemüsebau, Obstbau, Weinbau, Forst, Zierpflanzen	ein- / zweikeimblättrige Unkräuter	
Wiesen und Weiden	ein- / zweikeimblättrige Unkräuter	Grünlanderneuerung
Nichtkulturland - Gleisanlagen, Wege und Plätze (genehmigungspflichtig)	ein- / zweikeimblättrige Unkräuter	Holzgewächse
Haus- und Kleingartenbereich	ein- / zweikeimblättrige Unkräuter	Rasenerneuerung

Quelle: BVL (2015c, Stand 09.06.2015)

3.2 Anwendungsmuster für Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat

Das BVL hat am 21.05.2014 neue Anwendungsbestimmungen für Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat festgesetzt (BVL, 2014b). Mit den Anwendungsbestimmungen wurde die in einem Kalenderjahr zulässige Ausbringungsmenge des Wirkstoffes begrenzt.

Zudem wurden die Sikkation und die Bekämpfung der Spätverunkrautung im Getreide neu festgesetzt: Spätanwendungen in Getreide sind 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. Folgende Änderungen wurden im Einzelnen festgelegt:

(1) Begrenzung des Wirkstoffaufwandes pro Jahr

Mit glyphosathaltigen Herbiziden dürfen innerhalb eines **Kalenderjahres** auf derselben Fläche nur noch **maximal 2 Behandlungen im Abstand von mindestens 90 Tagen** durchgeführt werden; dabei dürfen insgesamt nicht mehr als **3,6 kg Wirkstoff /ha und Jahr** ausgebracht werden.

Die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide war auch vor Juni 2014 - bezogen auf den einzelnen Verwendungszweck - entsprechend begrenzt. Die neue Anwendungsbestimmung bedeutet, dass man auch bei Anwendung eines Mittels für verschiedene Zwecke oder bei Anwendung mehrerer glyphosathaltiger Mittel im Laufe eines Jahres an dieses Limit gebunden ist. Mit dieser Maßnahme sollen das Grund- und Oberflächenwasser vor Glyphosateinträgen geschützt werden. Glyphosat

neigt zwar nicht zur Versickerung, kann jedoch nach Oberflächenabfluss über Gewässer und anschließende Uferfiltration in das Grundwasser gelangen. Modellrechnungen zeigten, dass mit der vorgenommenen Begrenzung des Wirkstoffaufwandes die Einträge über diesen Pfad unterhalb des Grenzwertes von 0,1 µg/L bleiben (BVL, 2014b).

(2) Zulässigkeit von Spätanwendungen in Getreide

Spätanwendungen sind in Getreide 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.**

Damit soll die Anwendung auf solche Situationen und Teilflächen beschränkt werden, in denen es um die Abwendung von Schäden 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 (BVL, 2014b).

3.3 Absatzmengen des Wirkstoffes Glyphosat in Deutschland

Der mengenmäßige Absatz herbizider Wirkstoffe hat in der Zeit von 2003 bis 2014 tendenziell zugenommen (Tabelle 2). Beim Glyphosat ist diese Tendenz deutlich weniger stark ausgeprägt.

Tab. 2: Übersicht über die Wirkstoffabsatzmengen [t] im Inland an Herbiziden, Glyphosat und dessen prozentualen Anteil an den Herbizidwirkstoffen

Jahr	Herbizide Wirkstoffe	davon Glyphosat	prozentualer Anteil von Glyphosat
2003	15.350	3.496	23
2004	15.923	4.008	25
2005	14.698	4.854	33
2006	17.015	4.845	28
2007	17.147	6.292	37
2008	18.626	7.608	41
2009	14.619	3.960	27
2010	16.675	5.007	30
2011	17.955	5.359	30
2012	19.907	5.981	30
2013	17.896	5.065	28
2014	17.887	5.426	30

Quelle: BVL (2013, 2014a, 2015a), BVL (2015b, mündliche Mitteilung)

Sofern für Vergleiche das Jahr 2009 als Basisjahr (3.960 t = 100) angenommen wird, ist eine deutliche Steigerung bis 2014 (5.426 t) festzustellen.

Die **Schwankungen** in den Absatzzahlen von Glyphosat können auf multifaktorielle Ursachen zurückgeführt werden und dabei insbesondere auf

- Witterung (insbesondere Auswinterungsschäden),
- Unkrautvorkommen und
- Marktgeschehen (Pflanzenschutzmittelmarkt).

Als Beispiel sei hier der Faktor **Witterung** und insbesondere die Auswinterung von Kulturpflanzenbeständen näher ausgeführt. Im Jahr 2012 lag die Auswinterung bei Winterweizen und Wintergerste bei jeweils über 12%, im Jahr 2013 dagegen bei nur 1% (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013a). Die Auswinterung hat durch den Umbruch der bestehenden Kultur und die Neuansaat einer Sommerung (meist Sommergetreide oder Mais) Einfluss auf den Wirkstoffabsatz, besonders auf Herbizide. Beim Umbruch der ausgewinterten Flächen wird oft zur Beseitigung des noch vorhandenen Aufwuchses ein glyphosathaltiges Herbizid angewendet. Beim Umbruch von Wintergetreid-

deflächen, besonders Gerste, wurde meist schon im Herbst appliziert. Erfahrungsgemäß ist bei der neueingesäten Kulturart eine weitere Herbizidbehandlung erforderlich. Somit wird dadurch der Verbrauch an Herbiziden insgesamt erhöht.

Auch dem **Marktgeschehen** kommt eine gewisse Bedeutung zu. Als Beispiel für die Wirkstoffverfügbarkeit sei hier der herbizide Wirkstoff Metamitron für den Zuckerrübenanbau genannt (ANONYM, 2011). Dieser war im Jahr 2011 nur begrenzt verfügbar. Als Reaktion darauf wäre eine stärkere Bevorratung der Landwirte mit diesem Wirkstoff denkbar, bzw. es könnte ein Auffüllen der Lagerbestände stattfinden. In den folgenden Jahren wäre es möglich, dass beim Bezug der Pflanzenschutzmittel eine Art Sicherheitsreserve eingebaut wird. Diese nimmt geplante Käufe des Folgejahres vorweg. Die Sicherheitsreserve wird dann in den folgenden Jahren wieder aufgebraucht, so dass weniger Herbizide gekauft werden.

Die **Zunahme** des Inlandsabsatzes der Herbizide in den vergangenen Jahrzehnten beruht ebenfalls auf mehreren Faktoren:

- Steigerung pflugloser Bodenbearbeitung,
- Umbruch von Dauergrünland / Wiederinkulturnahme von Bracheflächen und
- Resistenzentwicklung von Unkräutern.

Als Beispiel sei hier die **pfluglose Bodenbearbeitung** in Deutschland angeführt. In den vergangenen Jahren hat sie stark zugenommen. Im Anbaujahr 2003/2004 wurden rund 23% der Ackerfläche pfluglos bearbeitet, im Anbaujahr 2009/2010 rund 40% (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2010a). Aus dem Netz der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz ist bekannt, dass die pfluglose Bodenbearbeitung mit einem höheren Aufwand an Herbiziden einhergeht (FREIER *et al.*, 2012). Ergebnisse aus JKI-Langzeitversuchen in Dahnsdorf bestätigen diese Beobachtung.

Die Zunahme insbesondere des Glyphosatabsatzes seit 2003 und der Peak im Jahr 2008 gründen auf einem verstärkten **Umbruch von Dauergrünland** zu Ackerland und der **Wiederinkulturnahme von Bracheflächen** (GUTSCHE, 2012). Abbildung 1 stellt diesen Zusammenhang dar.

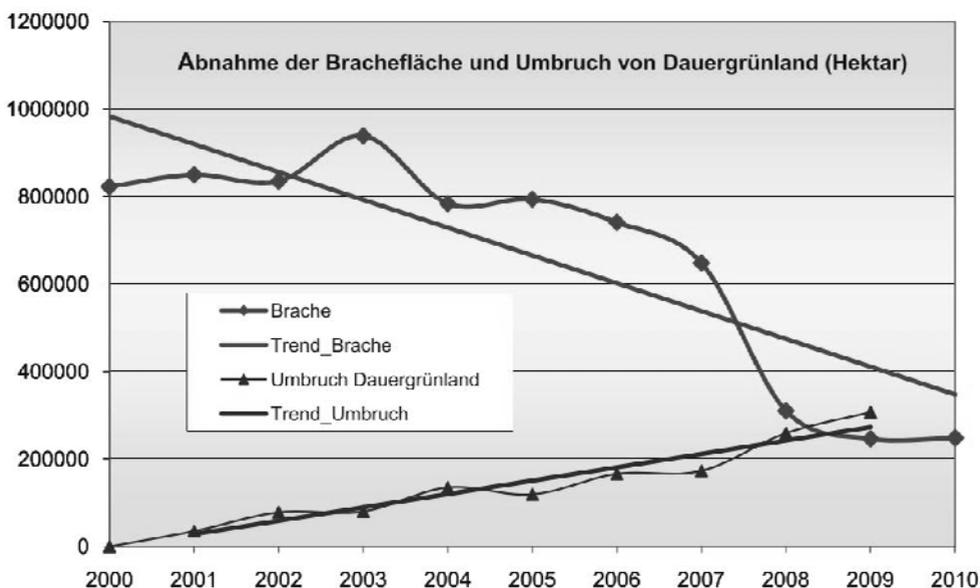


Abb. 1: Wiederinkulturnahme von Bracheflächen und Grünlandumbruch zwischen 2000 und 2010 in Deutschland (Quelle: Gutsche (2012))

Resistenzentwicklung von Unkräutern: Seit vielen Jahren werden in Deutschland bei Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) Resistenzen gegenüber verschiedenen Wirkstoffgruppen

gefunden (z. B. DROBNY *et al.*, 2006), ebenso trifft dies beim Gemeinen Windhalm (*Apera spica-venti*; z. B. NIEMANN und ZWARGER (2006)) zu.

Zur Bekämpfung resistenter Unkrautpopulationen werden in vielen Fällen die Anwendungshäufigkeiten von Herbiziden erhöht, da nach der Anwendung eines aufgrund von Resistenzen nicht ausreichend wirksamen Herbizides häufig ein weiteres Herbizid mit abweichenden Wirkstoffen ausgebracht werden muss. Auch die Gestaltung der Aufwandmengen im Rahmen der maximal zugelassenen Aufwandmenge kann zu einer Erhöhung der Herbizidmengen führen. So wird im Sinne einer Anti-Resistenzstrategie und zur Vermeidung von Bekämpfungsproblemen empfohlen, die Aufwandmengen so zu gestalten, dass eine sichere Bekämpfung mit ausreichend hohem Wirkungsgrad erzielt wird.

Durch die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden (z. B. Stoppelbehandlung, Vorsaatsbehandlung) wird versucht, die Ausbreitung und Entwicklung dieser resistenzgefährdeten Unkrautarten gezielt zu verhindern (GEHRING *et al.*, 2012). Besonders in Gebieten mit getreidereichen Fruchtfolgen richten sich Anwendungen vor der Saat in erster Linie gegen Acker-Fuchsschwanz, der Resistenzen und Kreuzresistenzen gegen verschiedene Wirkstoffe der HRAC-Gruppen A, B und C entwickelt hat. Da zurzeit kaum selektive Herbizide zur Bekämpfung von resistentem Acker-Fuchsschwanz in Wintergetreide verfügbar sind, ist die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide vor der Saat in vielen Regionen Deutschlands die einzige Möglichkeit, diese Ungräser mit Herbiziden zu bekämpfen. Auf solchen Standorten ist Glyphosat als Maßnahme im Resistenzmanagement zurzeit unverzichtbar, da sonst kein wirtschaftlicher Getreideanbau mehr möglich ist. Dennoch sollte die Vorsaats-Glyphosatanwendung hier nur als kurzfristige Notmaßnahme betrachtet werden. Ohne ein langfristiges Resistenzmanagement unter Berücksichtigung ackerbaulicher Maßnahmen kann die Resistenzproblematik nicht gelöst werden.

Für weitergehende Ausführungen zu der Thematik schwankender und steigender Pflanzenschutzmittelmengen wird auf die Beiträge zur wissenschaftlichen Bewertung der Entwicklung des Inlandsabsatzes von Pflanzenschutzmitteln (2002–2012 bzw. 2002–2013) bei den Foren 2013 und 2014 des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verwiesen (BLE, 2013, <http://www.nap-pflanzenschutz.de/nap-deutschland/forum/forum-2013/>).

3.4 Anwendung glyphosathaltiger Herbizide in Deutschland

Für diese Folgenabschätzung wird die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden für den Ackerbau, die Anwendung in Dauerkulturen und - soweit möglich - für den Haus- und Kleingartenbereich beschrieben. Dazu wurden jeweils die Anwendungsbereiche skizziert und anschließend der Anteil glyphosathaltiger Herbizide an den Anwendungen dargestellt.

3.4.1 Ackerbau

3.4.1.1 Anwendungsbereiche

Bei den in Tabelle 1 dargestellten Anwendungsbereichen Unkraut- und Ungrasbekämpfung, werden glyphosathaltige Herbizide sowohl flächig, auf Teilflächen sowie zur Einzelpflanzenbehandlung angewendet.

Die DLG (2013) unterteilt die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden im Ackerbau wie folgt:

- **Vorsaatsverfahren** (Anwendung kurz vor der Aussaat bzw. kurz nach der Aussaat im Voraufbau),
- **Vorernteverfahren** (Anwendung im Bestand kurz vor der Ernte) und
- **Nachernteverfahren** (Anwendung nach der Ernte).

Zeitlich betrachtet sind bei „engen“ Abständen zwischen der Ernte der Vorkultur und der Aussaat der Nachfolgekultur die Anwendungsbereiche Nachernte und Vorsaats nicht immer sicher zu differenzieren. Im Folgenden werden die Vorernteverfahren mit „Sikkation“ und die Nachernteverfahren mit „Stoppel“ bezeichnet.

STEINMANN (2013a) und STEINMANN *et al.* (2012) beschreiben, dass Glyphosat auf etwa 40% der deutschen Ackerfläche angewendet wird und dass das bedeutendste Anwendungsgebiet, mit auf 23% der Flächen, die Nacherntebehandlungen seien, die vorwiegend in Winterraps und in Körnerleguminosen sowie in geringerem Umfang auch in Wintergetreide erfolgen. Nach ihren Schätzungen finden Vorsaatanwendungen auf 7% der Ackerfläche statt. Nach DICKEDUISBERG *et al.* (2012) werden große Flächenanteile von Raps (87,2%), Körnerleguminosen (72,1%) und Wintergerste (65,9%) mit Glyphosat behandelt. Wesentliche Anwendungsgebiete sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung die Stoppelbehandlung, Vorsaatsbehandlung und Sikkation. Neue Erhebungsdaten zur Anwendung von Glyphosat von STEINMANN *et al.* (2015) und SCHULTE *et al.* (2015) bestätigen die Zahlen aus 2012: die von den Autoren befragten Landwirte (rund 2.000) wenden Glyphosat auf einer Ackerfläche von 37% an. Auf rund 22% der Ackerfläche handelt es sich dabei um eine Nachernte- oder Stoppelbehandlung, während Vorsaatsbehandlungen auf rund 13% der Ackerfläche durchgeführt werden. Zudem konnten die Autoren regionale Unterschiede in der Anwendung von Glyphosat feststellen. Während in der Region Ost (neue Bundesländer) der Anteil der Stoppelanwendung mit 28% behandelte Fläche etwa doppelt so hoch war, wie in den Regionen Nord-West und Süd (jeweils rund 14%), spielte die Vorsaatsbehandlung vor allem in der Region Nord-West mit 18% eine besondere Rolle (Region Süd: rund 15%; Region Ost: rund 11%)

Große Bedeutung hat die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide beim pfluglosen Ackerbau, wodurch es ermöglicht wird, vor der Aussaat den kompletten Unkrautbesatz abzutöten. Anhand von Expertenbefragungen leiteten SCHMITZ und GARVERT (2012) ab, dass Glyphosat vor allem für die konservierende Bodenbearbeitung in vielen Regionen eine Standardmaßnahme sei. Weiter führten sie aus, dass der Wirkstoff auf insgesamt 30% bis 35% der Wintergetreidefläche und 50% der Winterrapsfläche angewendet wird. ANDERT *et al.* (2015) untersuchten strukturelle Einflüsse auf die Anwendung von Glyphosat. Sie zeigten, dass die Anwendung von Glyphosat und der Anteil pfluglos bewirtschafteter Fläche mit der Betriebsgröße zunahm. Auf pfluglos bewirtschafteten Flächen wurde zudem generell mehr Glyphosat angewendet als im pfluglosen Anbau. Außerdem stellten sie fest, dass im Osten Deutschlands mehr Glyphosat angewendet wird als im Westen.

Glyphosatanwendung zur Sikkation

Aus den beim JKI erhobenen PAPA-Daten zur Pflanzenschutzmittelanwendung lassen sich keine Rückschlüsse auf die mengenmäßige Anwendung in diesem Bereich ziehen.

STEINMANN (2013a) ermittelte, dass Sikkation als Vorerntebehandlung mit Glyphosat in Deutschland auf nur 4% der Ackerfläche angewendet wird. STEINMANN *et al.* (2015) und SCHULTE *et al.* (2015) fanden hingegen, dass auf lediglich 2% der Ackerfläche Vorerntebehandlungen erfolgen und dies in der Regel teilflächen- bzw. schlagspezifisch.

Glyphosatanwendung im Vorsaatsverfahren

Glyphosat wird im Vorsaatsverfahren angewendet, um Begrünungspflanzen (Durchwuchs) im Mulchsaatsverfahren und resistente Unkräuter wie Acker-Fuchsschwanz zu bekämpfen.

JKI-Untersuchungen am Standort Dahnsdorf (Bundesland Brandenburg) ließen einen starken Effekt des Jahres (Witterung) und der damit verbundenen Keimbedingungen auf die Glyphosatanwendung, bzw. die Durchwuchsbekämpfung in Winterraps erkennen (SCHWARZ und PALLUTT, 2014). Ferner legten die Versuche den Schluss nahe, dass eine pfluglose Bodenbearbeitung nicht mit verminderten Herbizidaufwandmengen kombiniert werden kann, ohne dass der Unkrautdruck ansteigt.

STEINMANN *et al.* (2015) und SCHULTE *et al.* (2015) ermittelten einen Anteil an Vorsaatsbehandlungen an den Glyphosatbehandlungen bei den befragten Betrieben von rund 34%.

Glyphosatanwendung zur Stoppelbehandlung

Zur Stoppelbehandlung, d.h. nach der Ernte, werden glyphosathaltige Herbizide angewendet, um die Bodenbearbeitungsintensität zu reduzieren. Nach STEINMANN *et al.* (2012) sind 68% der Glyphosatbehandlungen Stoppelanwendungen und damit das bedeutendste Anwendungsge-

biet. In jüngsten Untersuchungen von STEINMANN *et al.* (2015) und SCHULTE *et al.* (2015) betrug der Anteil der Stoppelbehandlungen noch rund 60%.

Glyphosatanwendung für die Ackerhygiene

Im Raps wird Glyphosat im Nachernteverfahren zur Vorbeugung eines Befalls mit Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) angewendet. Das frühzeitige Abtöten von Ausfallsraps ist eine anerkannte Managementmaßnahme, um einer Verbreitung des pflanzenpathogenen Inokulums entgegenzuwirken. Stoppelbearbeitungsmaßnahmen zu diesem frühen Zeitpunkt werden nicht empfohlen, da dadurch die ausgefallenen Rapsamen in tiefere Bodenschichten gelangen, damit dem Samenpotential zugeführt werden und für mehrere Jahre überdauern können.

3.4.1.2 Anwendung und Verbleib der abgesetzten Mengen

Die Anwendung von Glyphosat im Ackerbau in Deutschland lässt sich anhand von Daten der statistischen Erhebungen zur Pflanzenschutzmittelanwendung (PAPA-Daten) für die Jahre 2011 bis 2013 sowie Daten aus dem Netz der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz darstellen. Eine Unterscheidung in die oben beschriebenen Anwendungsbereiche ist jedoch anhand dieser Daten nur teilweise möglich.

So ergab eine Auswertung der Daten aus dem Netz der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz von 2007 bis 2013, dass rund 25% der im Datensatz enthaltenen Getreideschläge mit Glyphosat behandelt wurden. Aus der zeitlichen Zuordnung der Behandlungen wurde abgeleitet, dass in Wintergerste, Winterweizen und Winterraps ca. 10% der Schläge vor der Ernte behandelt (sikkiert) wurden. Im Winterweizen wurde auf rund 20% der Schläge eine Stoppelbehandlung durchgeführt, jedoch auf nur 6% eine Vorsaatbehandlung. Bei Wintergerste überwog der Anteil der Vorsaatbehandlungen mit 12% gegenüber 8% Stoppelbehandlung.

Seit dem Jahr 2000 werden regelmäßig Erhebungen zur Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) in den wichtigsten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen Deutschlands durchgeführt (NEPTUN-Erhebungen). Diese werden seit 2011, unter veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen, als PAPA-Erhebungen fortgesetzt. Das heißt, es wurden kulturspezifische Netze von Erhebungsbetrieben geschaffen, in denen die Pflanzenschutzmittel-Anwendungsdaten detailliert erfasst und in anonymisierter Form an das JKI weitergeleitet werden. Alle Erhebungen und Auswertungen beziehen sich auf die Bundesrepublik Deutschland und werden jährlich durchgeführt. Auf der Grundlage der erhobenen Daten werden u.a. eine Kennziffer für die Intensität der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel (Behandlungsindex) und Rangfolgen zur Bedeutung der verschiedenen Wirkstoffe für den praktischen Pflanzenschutz in den einzelnen Kulturen, die in die Erhebung einbezogen sind, abgeleitet. Eine umfassende Beschreibung zu Methodik und Zielen dieser Erhebungen findet sich unter <http://papa.jki.bund.de> bzw. bei ROßBERG (2013).

Die Daten der PAPA-Erhebungen wurden im Rahmen dieser Studie genutzt, um die Anwendungshäufigkeit von Glyphosat in sechs ackerbaulichen Hauptkulturen für die Jahre 2011, 2012 und 2013 zu analysieren. Es zeigte sich, dass der Wirkstoff in Winterweizen und Wintergerste in ca. 40% aller PAPA-Erhebungsbetriebe mindestens einmal auf den entsprechenden Flächen ausgebracht wurde. Vergleicht man diesen Prozentsatz mit der Anwendungshäufigkeit der anderen herbiziden Wirkstoffe, die in Winterweizen bzw. Wintergerste angewendet werden, so belegt Glyphosat damit in einem entsprechenden Ranking Platz 3 (bzw. 5 und 6 in 2013, Tabellen 3 bis 5).

Tab. 3: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2011

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Winterweizen	44	3	8	3	38
Wintergerste	35	5	10	4	29
Winterraps	28	5	6	7	19
Zuckerrüben	32	8	2	8	16
Kartoffeln	12	8	2	9	15
Mais	24	8	3	12	25

Quelle: PAPA-Erhebungen

Tab. 4: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2012

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Winterweizen	35	5	6	4	40
Wintergerste	40	3	10	4	30
Winterraps	21	11	3	10	19
Zuckerrüben	28	9	2	10	17
Kartoffeln	17	6	4	7	16
Mais	24	8	4	10	28

Quelle: PAPA-Erhebungen

Tab. 5: Anwendung von Glyphosat in Prozent (%) aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen im Ackerbau im Jahr 2013

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Winterweizen	32	5	6	4	39
Wintergerste	30	6	6	5	27
Winterraps	20	9	2	12	23
Zuckerrüben	32	8	2	8	16
Kartoffeln	15	7	4	7	15
Mais	22	10	5	10	24

Quelle: PAPA-Erhebungen

Ein ähnliches Bild ergibt sich aus dem Vergleich der Anteile der einzelnen herbiziden Wirkstoffe am „Behandlungsindex Herbizide (BI-Herbizide)“ (Beschreibung siehe Kapitel 3.4.1.3) in den genannten Kulturen. In Winterraps, Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln ist die Anwendung von Glyphosat deutlich seltener. Hier ist Glyphosat im Hinblick auf die Anwendungshäufigkeit „lediglich ein Wirkstoff unter vielen“. In den Tabellen 3 bis 5 werden die entsprechenden Werte detailliert für die drei Jahre aufgelistet.

Auf der Grundlage der PAPA-Daten wurden auch die angewendeten Wirkstoffmengen für Deutschland in den betrachteten Ackerbaukulturen abgeschätzt. Dazu wurden zunächst die Auf-

wandmengen von Glyphosat aus allen Einzelanwendungen aufsummiert und somit die Gesamtmenge Glyphosat berechnet, die in allen Erhebungsbetrieben der jeweiligen Kultur in der betrachteten Vegetationsperiode ausgebracht wurde. Gleichzeitig wurde die Gesamtanbaufläche der betrachteten Kultur in den Erhebungsbetrieben ermittelt. Der Quotient aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes und der Gesamtanbaufläche wurde als mittlere Wirkstoff-Aufwandmenge [kg/ha] bezeichnet. In diese Mittelwertberechnungen gingen auch die Flächen ein, auf denen kein Glyphosat ausgebracht wurde. Das Produkt aus dieser mittleren Wirkstoff-Aufwandmenge und der Anbaufläche der jeweiligen Kultur in Deutschland ergab schließlich die Schätzung der Gesamtanwendungsmenge in Deutschland.

Zum besseren Verständnis des in diesem Zusammenhang verwendeten Begriffes „mittlere Wirkstoffaufwandmenge“ soll das folgende fiktive Beispiel beitragen.

Die Stichprobe umfasste drei Winterweizenschläge unterschiedlicher Größe. Auf Schlag A (20 ha) wird zur Saatbettvorbereitung das Herbizid Roundup Ultra ausgebracht (Aufwandmenge 4 l/ha). Das ist die einzige Anwendung des Wirkstoffes Glyphosat auf diesem Schlag. Auf Schlag B (10 ha) wird zweimal das Herbizid Taifun forte ausgebracht (jeweils mit 3 l/ha). Die Anwendung erfolgt einmal vor der Saat und beim zweiten Mal kurz vor der Ernte gegen Spätverunkrautung. Auf Schlag C (40 ha) gibt es keine Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden. Damit ergibt sich:

- a) Schlag A, Roundup Ultra enthält 360 g Glyphosat pro Liter →
 $4 \text{ l/ha} * 0,36 \text{ kg/l} * 20 \text{ ha} = 28,8 \text{ kg Glyphosat}$
- b) Schlag B, Taifun forte enthält ebenfalls 360 g Glyphosat pro Liter →
 $2 * 3 \text{ l/ha} * 0,36 \text{ kg/l} * 10 \text{ ha} = 21,6 \text{ kg Glyphosat}$
- c) Schlag C, 0 kg Glyphosat
- d) Gesamtanwendungsmenge von Glyphosat in der Stichprobe: 50,4 kg
- e) Anbaufläche Winterweizen in der Stichprobe: 70 ha
- f) Mittlere Wirkstoff-Aufwandmenge: $50,4/70 = 0,72 \text{ kg Glyphosat/ha}$

Für die Schätzung der ausgebrachten Wirkstoffmengen in weiteren Ackerbaukulturen („Nicht-PAPA-Kulturen“) und im Grünland (Wiesen und Weiden) wurden folgende Annahmen für die mittlere Wirkstoffaufwandmenge getroffen:

- Winterroggen, Triticale, Sommergerste:
Für diese Kulturen wurde unterstellt, dass die Glyphosatanwendungen ähnlich wie bei Wintergerste erfolgten.
- Ackerbohnen, Futtererbsen, Lupinen:
Für diese Kulturen wurde unterstellt, dass auf 70% der Schläge eine Glyphosat-anwendung mit der vollen zugelassenen Aufwandmenge erfolgte (Sikkation; Herbizid Roundup Ultra Max).
→ $0,7 * 3,2 \text{ l/ha} * 0,45 \text{ kg/l}$ → mittlere Wirkstoffaufwandmenge: ca. 1 kg Glyphosat/ha
- Wiesen und Weiden:
Hier wurde unterstellt, dass pro Jahr alternierend jeweils ca. 3% der Grünlandfläche mit einem gängigen zugelassenen glyphosathaltigen PSM behandelt wurden (vgl. STEINMANN, 2013a) → $0,03 * 4 \text{ l/ha} * 0,36 \text{ kg/l}$ → mittlere Wirkstoffaufwandmenge: ca. 0,04 kg Glyphosat/ha

Die hochgerechneten Glyphosat-Wirkstoffmengen sind detailliert im Anhang A_3.4 in den Tabellen A_3.4-1 bis A_3.4-4 dargestellt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass laut der oben beschriebenen Hochrechnungen im Ackerbau jährlich etwas mehr als 4.000 t Glyphosat ausgebracht werden, rund ein Drittel davon in der Ackerbaukultur mit der größten Anbaufläche, im Winterweizen. Im Vergleich zu den Absatzmengen von rund 5.000 t verbleibt also eine Differenz von rund 1.000 t, die sich aus den geschätzten Anwendungsdaten nicht erklären lässt.

3.4.1.3 Glyphosatanteil am Behandlungsindex (BI) in den Vergleichsbetrieben Pflanzenschutz

Im Netz der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz werden ebenfalls Daten zu PSM-Anwendungen in der Praxis erfasst. Seit 2011 werden diese Daten im Bereich Ackerbau gleichzeitig auch als PAPA-Daten genutzt. Allerdings gehen die Daten des Netzes der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz zeitlich weiter zurück (bis 2007). Eine wesentliche Kennzahl zur Bewertung der Pflanzenschutzintensität in den Vergleichsbetrieben ist der Behandlungsindex, der wie folgt definiert ist:

„Der Behandlungsindex (BI) stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen auf einer betrieblichen Fläche, in einer Kultur oder in einem Betrieb unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandsmengen und Teilflächenbehandlungen dar, wobei bei Tankmischungen jedes Pflanzenschutzmittel gesondert zählt“ (BMELV, 2008).

FREIER *et al.* (2015) beschreiben, dass der Anteil glyphosathaltiger Herbizide am Gesamtbehandlungsindex der Herbizide in den 3 Hauptkulturen der Vergleichsbetriebe (Winterweizen, Wintergerste und Winterraps) relativ gering war - im Durchschnitt der 7 Jahre (2007 bis 2013) lag dieser im Winterweizen bei 12%, in Wintergerste bei 10% und im Winterraps bei 8%. Damit war der Anteil glyphosathaltiger Herbizide im Mittel der Jahre 2007 bis 2013 gleich hoch (Wintergerste) bzw. zum Teil geringfügig höher verglichen mit den Ergebnissen der PAPA-Erhebungen für die Jahre 2011, 2012 und 2013. Dies entsprach einer Erhöhung der Behandlungsindices von 0,2 für Winterweizen und Wintergerste sowie 0,1 für Winterraps (siehe Abbildung 2). Eine Tendenz über die Jahre war nicht erkennbar.

Die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide steht im Zusammenhang mit der Art der Grundbodenbearbeitung (Einsatz des Pfluges bzw. pfluglose Bodenbearbeitung). Abbildung 3 zeigt die Mittelwerte der Behandlungsindices der Herbizide auf den Winterweizen-, Wintergerste und Winterrapsflächen, klassifiziert nach Bodenbearbeitung (mit bzw. ohne Pflug). Der Anteil glyphosathaltiger Herbizide wurde dunkelgrau hervorgehoben. Demnach sind die bei Winterweizen um ca. 0,2, bei Wintergerste um 0,3 und bei Winterraps um ca. 0,5 höheren Behandlungsindices in der Gruppe „pfluglos“, der zusätzlichen Anwendung glyphosathaltiger Herbizide zuzuschreiben.

Ein Vergleich der abgesetzten Glyphosatzmengen (Tabelle 2) mit den BIs für Herbizide in den Vergleichsbetrieben (Abbildung 2) zeigt, dass sowohl der BI für glyphosathaltige Herbizide als auch für sonstige Herbizide, trotz stark schwankender Absatzzahlen seit dem Jahr 2007 in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps recht konstant blieb.

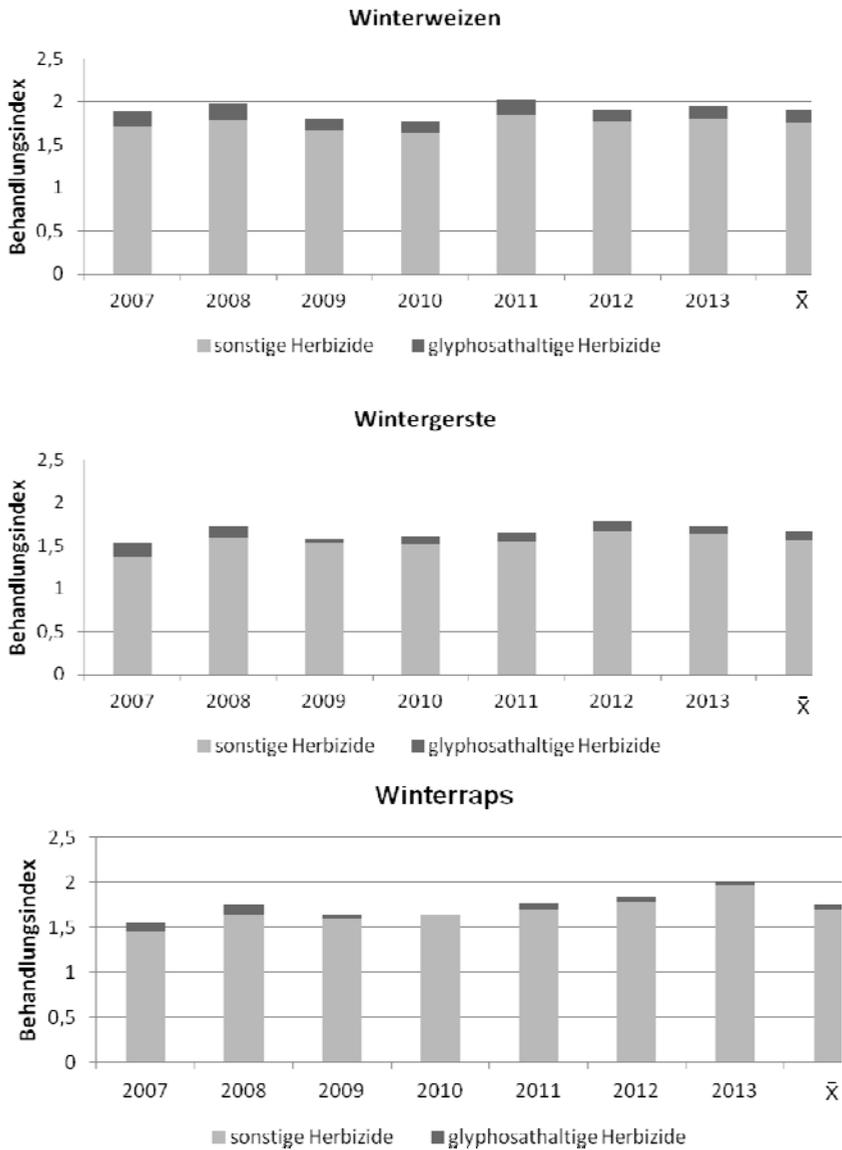


Abb. 2: Anteil glyphosathaltiger und sonstiger Herbizide an den Behandlungsindices der Herbizide in Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Vergleichsbetrieben in Deutschland in den Jahren 2007 bis 2013 (Quelle: FREIER *et al.* (2015))

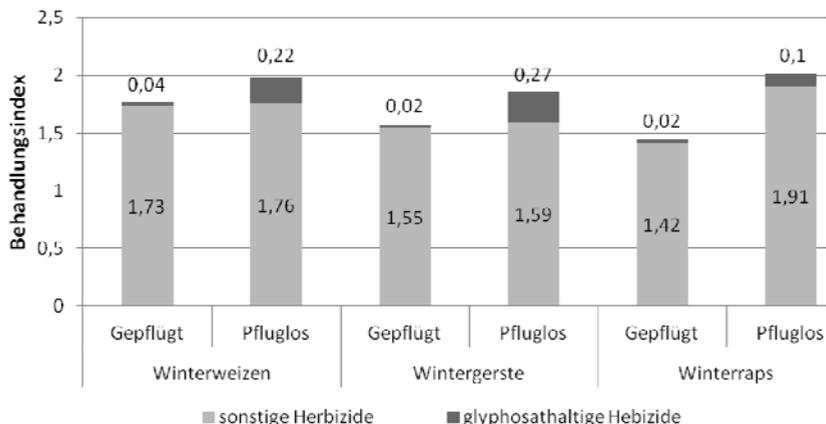


Abb. 3: Anteil glyphosathaltiger und sonstiger Herbizide an den Behandlungsindizes der Herbizide in Winterweizen, Wintergerste und Winterraps bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in den Vergleichsbetrieben in Deutschland in den Jahren 2007 bis 2013 (Quelle: FREIER *et al.* (2015))

Eine Erklärung dafür liegt in der im Vergleich zu anderen Herbiziden relativ großen Wirkstoffmenge von glyphosathaltigen Herbiziden. Wird ein glyphosathaltiges Herbizid mit 5,0 l/ha ausgebracht, z. B. Durano, so ergeben sich bei einem Wirkstoffgehalt von 360 g je l, 1.800 g/ha Wirkstoff und ein Behandlungsindex von 1,0.

Vergleicht man dies mit einem Herbizid aus der Wirkstoffgruppe der Sulfonylharnstoffe (HRAC Code B) z. B. Pointer SX (Wirkstoff Tribenuron), welches mit 30 g/ha ausgebracht wird, so ergeben sich bei einem Wirkstoffgehalt von 482 g/kg 14,46 g/ha Wirkstoff und ein Behandlungsindex von 1,0. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

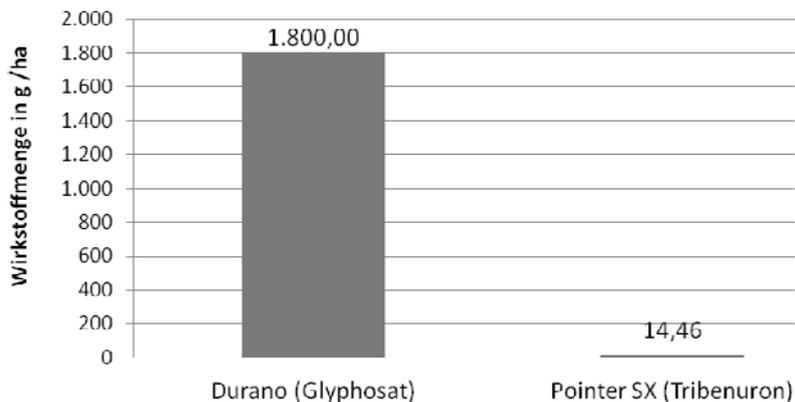


Abb. 4: Ausgebrachte Wirkstoffmengen in g/ha von Glyphosat und Pointer SX bei gleichem Behandlungsindex von 1,0

3.4.2 Dauerkulturen

3.4.2.1 Einsatzgebiete

In Dauerkulturen (Obst- und Weinbau) wird Glyphosat zur Unkrautbekämpfung in den Baumreihen bzw. Rebenzeilen angewendet. Dabei handelt es überwiegend bis ausschließlich um Teilflächenbehandlungen (im Unterschied zum Ackerbau etwa auf nur einem Drittel der Anbaufläche).

3.4.2.2 Anwendung und Verbleib der abgesetzten Mengen

Tabellen 6 bis 8 fassen die Anwendungshäufigkeit von Glyphosat im Wein- und Apfelanbau für die Jahre 2011, 2012 und 2013 auf der Grundlage der PAPA-Erhebungen zusammen. Im Hopfenanbau wurde in den PAPA-Betrieben kein Glyphosat angewendet. Anders als im Ackerbau wurden in den Dauerkulturen nur wenige unterschiedliche Herbizide angewendet (weniger, als in diesen Kulturen zugelassen sind). Der Wirkstoff Glyphosat spielte hier eine besondere Rolle, da er im Apfelanbau in fast allen Erhebungsbetrieben angewendet wurde und hier sowohl hinsichtlich der Anwendung als auch hinsichtlich des Anteils am Behandlungsindex auf Platz 1 stand. Auch im Weinbau hatte Glyphosat eine große Bedeutung und nahm ebenfalls Platz 1 unter den angewendeten Herbiziden ein.

Tab. 6: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2011

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Wein	68	1	63	1	5
Hopfen	-		-		6 (kein Glyphosat)
Apfel	94	1	53	1	6

Quelle: PAPA-Erhebungen

Tab. 7: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2012

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Wein	65	1	67	1	5
Hopfen	-		-		5 (kein Glyphosat)
Apfel	97	1	37	1	7

Quelle: PAPA-Erhebungen

Tab. 8: Anwendung von Glyphosat in Prozent aller Erhebungsbetriebe und Anteil am Behandlungsindex bezogen auf alle Herbizid-Anwendungen in Dauerkulturen im Jahr 2013

	Anwendung in [%] aller Erhebungsbetriebe der jew. Kultur		Anteil am Behandlungsindex der eingesetzten Herbizide der jew. Kultur		Anzahl eingesetzter unterschiedlicher herbizider Wirkstoffe [Anzahl]
	[%]	[Platz]	[%]	[Platz]	
Wein	79	1	60	1	6
Hopfen	-		-		6 (kein Glyphosat)
Apfel	97	1	44	1	6

Quelle: PAPA-Erhebungen

Gemäß der Daten aus dem Netz der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (FREIER *et al.*, 2014) wurden Herbizide in den Apfelbaubetrieben auf ca. 33% der Gesamtfläche (Baumstreifen) angewendet und dort zumeist mit der vollen Aufwandmenge. Dabei handelte es sich vor allem um glyphosathaltige Herbizide. Bei gelegentlichen Tankmischungen wurde oft der zweite Mischungspartner mit reduzierter Aufwandmenge angewendet. Der Apfel gehört neben Wein zu den wenigen Kulturen, in denen regelmäßig gezielte Teilflächenapplikationen mit Herbiziden stattfanden. Die Maßnahmen erfolgten in der Regel zweimal im Laufe der Vegetationsperiode. Diese relativ geringe und mehrheitlich auf die Baumstreifen reduzierte Anwendung von Herbiziden entsprach nach Ansicht der Experten der Pflanzenschutzdienste im Wesentlichen dem notwendigen Maß. Im Apfelanbau lag der Behandlungsindex für Herbizide im Mittel der Jahre 2007 bis 2013 bei 0,9 mit einer Spanne von 0,6 bis 1,0.

Im Weinbau betrug der Behandlungsindex für Herbizide im Mittel der Jahre 2007 bis 2013 0,3 mit einer Spanne von 0,2 bis 0,3 (FREIER *et al.*, 2014). Die Behandlungen fanden als Unterstockanwendungen statt, die Aufwandmenge wurde hier nicht reduziert.

Auf der Grundlage der PAPA-Daten wurden die angewendeten Wirkstoffmengen für Deutschland insgesamt in den betrachteten Dauerkulturen in den Jahren 2011 und 2012 abgeschätzt und finden sich im Anhang A_3.4 in den Tabellen A_3.4-5 und A_3.4-6. Danach wurden im Wein- und Apfelanbau in 2011 rund 90 t und in 2012 rund 70 t Glyphosat angewendet.

3.4.3 Nicht-berufliche Anwender (Haus- und Kleingarten)

Im Bereich der nicht-beruflichen Anwender werden vergleichsweise wenig glyphosathaltige Herbizide angewendet. NOLTING (2014) nennt für 2012 eine Absatzmenge von ca. 40 t für diesen Bereich (<1% der verkauften Gesamtmenge), für 2013 wurden rund 70 t angegeben (BVL, 2014a). Der Unterschied zwischen den beiden Jahren ist auf methodische Unterschiede bei der Erhebung zurückzuführen.

Befragungen zur Anwendung von PSM in Haus- und Kleingärten wurden 1991 von ALVENSLEBEN und BRINKMANN (1991) und SERMANN *et al.* (2002) durchgeführt. Eine weitere Befragung wird derzeit von der HU Berlin im Rahmen eines Projektes erarbeitet. Die bisher vorliegenden Erhebungen fragten allerdings nicht nach angewendeten Wirkstoffen, sondern lassen allenfalls Rückschlüsse auf den Anteil der Befragten zu, die chemische Unkrautbekämpfungsmittel anwenden und in welchen Bereichen (siehe Tabellen A_3.4-7 und A_3.4-8 aus SERMANN *et al.* (2002) im Anhang). Danach verwendeten weniger als 10% der befragten Haushalte chemische Mittel gegen Unkräuter, rund 90% gaben an, mechanische Maßnahmen anzuwenden. Chemische Mittel wurden danach hauptsächlich auf Wegen, Terrassen, an Kanten und Zäunen (rund 25% der Befragten) sowie im Rasen (10% der Befragten) genutzt. Glyphosathaltige Herbizide sind im Haus- und Kleingartenbereich für die Bekämpfung ein- und zweikeimblättriger Unkräuter und für die Rasenerneuerung zugelassen (siehe Kapitel 3).

Der Bereich der nicht-beruflichen Anwender wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

4. Ökonomische Aspekte der Glyphosatanwendung

Im Folgenden werden in der Literatur beschriebene ökonomische Aspekte der Anwendung glyphosathaltiger Herbizide zusammengefasst.

4.1 Nutzen und Vorteilswirkungen

Vorteilswirkungen

Für glyphosathaltige Herbizide sind vorteilhafte Wirkungen vor allem für den Ackerbau zu erwarten, wie Ertragswirkungen, Bekämpfung perennierender Unkräuter, Ernteerleichterungen durch Sikkation, Arbeitszeitersparnis und Begünstigung der Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren.

Ertragswirkungen

Durch die Bekämpfung von Unkräutern und Ausfallkulturen und damit die Beseitigung deren Konkurrenzwirkung, haben alle Herbizide einschließlich der glyphosathaltigen Herbizide, auch eine ertragssichernde Wirkung. Anders als andere Herbizide besitzt Glyphosat eine besondere Kombination von Eigenschaften (einzigartiger Wirkmechanismus, breites Wirkungsspektrum als reines Blattherbizid mit einer guten Wirkung gegen ein- und mehrjährige Arten, siehe auch Kapitel 2), die zu positiven Wirkungen auf den Ertrag beitragen.

SCHMITZ und GARVERT (2012) heben besonders die ertragssichernde Wirkung bei Problemen mit Unkräutern, die gegen andere Herbizide resistent sind, hervor. Ohne Glyphosat sind nach Angaben der Autoren trotz zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge und alternativer Pflanzenschutzmaßnahmen Ertragsreduktionen um bis zu 10% möglich.

COOK *et al.* (2010) gehen für Großbritannien bei einem Verzicht auf Glyphosat am Beispiel einer Raps-Weizen-Weizen Fruchtfolge sogar von Ertragsseinbußen von bis zu 20% aus.

Bekämpfung perennierender Unkrautarten

Durch die Minimalbodenbearbeitung werden ausdauernde (perennierende) Unkräuter begünstigt, was durch die Anwendung von Glyphosat auf der Stoppel vermindert werden kann (AUGUSTIN, 2013). Auch STEINMANN (2013a) spricht von der gezielten Bekämpfung von Problemunkräutern und dem Management perennierender Unkräuter.

Ernteerleichterung durch Sikkation

Durch die Anwendung von Glyphosat im Vorernteverfahren werden sowohl grüne Pflanzenteile als auch Unkräuter abgetötet, so dass weniger feuchtes Pflanzenmaterial mit der Ernte erfasst wird.

FEIFFER *et al.* (2005) ermittelten eine um 30% höhere Mähdruschleistung durch eine Vorerntesikkation mit Glyphosat und berichteten über eine um ca. 2% reduzierte Kornfeuchte. Ferner gingen die Gesamternteverluste des Druschs nach Angabe der Autoren von ca. 10% auf ca. 5% zurück.

Arbeitszeitersparnis

Große Vorteile bei der Anwendung von Glyphosat resultieren aus der Reduzierung des Maschinenbesatzes und des Arbeitskraftbedarfs, da bestimmte Arbeitsgänge (z. B. mechanische Stoppelbearbeitung) eingespart werden können (STEINMANN, 2013a).

Erleichterung der konservierenden Bodenbearbeitung

Die DLG (2013) sieht bei der Anwendung von Glyphosat besondere Vorteile für den Erosionsschutz mit Hilfe der pfluglosen Bodenbearbeitung. Auch STEINMANN (2013a) sieht die Anwendung von Glyphosat bei der reduzierten Bodenbearbeitung ohne Pflug und damit beim Erosionsschutz als besonders wichtig an, da die Anwendung nicht-selektiver Herbizide beim pfluglosen Ackerbau es ermöglicht, vor der Aussaat den kompletten Unkrautbesatz abzutöten. Die Vorsaatanwendung

zur Vorbereitung der pfluglosen Bodenbearbeitung auf erosionsgefährdeten Standorten hat laut STEINMANN (2013a) aus Gründen des Bodenschutzes eine hohe Priorität.

SCHMITZ *et al.* (2015) und MAL *et al.* (2015) zeigten, dass der pfluglosen Bodenbearbeitung auf erosionsgefährdeten Flächen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit eine besondere Bedeutung zukommt. Die Anwendung von Glyphosat halten die Autoren dabei für unverzichtbar. Auf erosionsgefährdeten Flächen sehen die Autoren ohne konservierende Bodenbearbeitung die Gefahr, dass die Humusschicht über die Zeit so sehr degradieren kann, dass Flächen aufgrund geringer Produktivität in Grasland umgewidmet werden müssten. Neben dem Erosionsschutz sehen SCHMITZ *et al.* (2015) weitere Vorteile der konservierenden Bodenbearbeitung im geringeren Arbeitsaufwand und Dieserverbrauch bei gleichbleibenden Erträgen (mit Ausnahme von Mais). Die Autoren ermittelten eine Arbeitseinsparung von ca. 1,5 Arbeitsstunden je Hektar, wenn die Bodenbearbeitung ohne Pflug und stattdessen konservierend erfolgt.

Für eine Untersuchung der produktionstechnischen und ökonomischen Effekte der Anwendung von Glyphosat führten GARVERT *et al.* (2012) 14 Expertengespräche mit Officialberatern aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands durch. Die Ergebnisse zeigten, dass der Wirkstoff Glyphosat vor allem für die konservierende Bodenbearbeitung in vielen Regionen eine Standardmaßnahme ist. Ein generelles Problem beim Pflugverzicht ist das vermehrte Auftreten von Ausfallkulturen in der Nachfrucht. Die Ausfallkulturen und auch die Altverunkrautung können nach PALLUTT (2011) bei Mulchsaaten von Zuckerrüben und Mais nur durch die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide vor der Aussaat bekämpft werden.

Auch SCHWARZ und PALLUTT (2014) beobachteten nach pflugloser Bodenbearbeitung in Verbindung mit der Anwendung von um ca. 20% reduzierten Herbizidaufwandmengen einen stetigen Anstieg der Verunkrautung. Eine reduzierte Bodenbearbeitung ist aus ihrer Sicht mit einer verstärkten Herbizidanwendung verbunden. Sollen hingegen reduzierte Herbizidaufwandmengen erfolgreich angewendet werden, kann auf eine Pflugfurche grundsätzlich nicht verzichtet werden.

SCHULTE und THEUVSEN (2015) stellten in einer Literaturübersicht zum ökonomischen Nutzen von Herbiziden unter besonderer Berücksichtigung von Glyphosat folgende, größtenteils hier oder weiter oben bereits erwähnte Vorteilswirkungen zusammen: (1) Nutzung konservierender und Minimalbodenbearbeitung, (2) Ackerbau auf Grenzstandorten (Erosionsgebiete), (3) Reduzierung von Maschinenkosten, (4) Reduzierung der Arbeitserledigungskosten, (5) Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, (6) Anti-Resistenzmanagement, (7) Ackerhygiene (Unterbrechung der grünen Brücke) und (8) Erntesicherheit (Lagergetreide).

Ökonomische Studien mit monetären Ergebnissen für Deutschland

Vorliegende ökonomische Studien betrachteten den Nutzen meist ausschließlich auf der betriebswirtschaftlichen Ebene. Dabei blieben positive externe Effekte (wie Bodenschutz, Erosionsminderung) und negative externe Effekte (wie Verunreinigung von Umweltkompartimenten, Wirkungen auf Organismen) unberücksichtigt. SCHMITZ *et al.* (2015) befassten sich aktuell mit diesem Themenbereich (siehe oben). Unterschiedliche Studien kamen auf dieser Grundlage zu dem Ergebnis, dass der (Netto-) Nutzen (Leistungen erzielt mit Glyphosat abzüglich der Anwendungskosten) positiv ist.

SCHMITZ und GARVERT (2012) berechneten den betriebswirtschaftlichen Effekt eines Glyphosatverbotes. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Deckungsbeiträge in Ostdeutschland um bis zu 27%, in Norddeutschland um bis zu 3% und in den norddeutschen Küstengebieten um bis zu 36% zurückgehen würden. Dabei wurden Anstiege der Erzeugerpreise angenommen, die sich durch einen Rückgang der Produktion in der EU um 5% und durch höhere Produktionskosten ergeben würden. Durch Marktmodellierungen für die EU-27 kamen sie zu dem Ergebnis, dass der Verzicht auf die Anwendung der glyphosathaltigen Herbizide Wohlfahrtsverluste in Höhe von 1,4 Mrd. US\$ (bzw. rund 1,3 Mrd. €) hervorrufen könnte.

STEINMANN *et al.* (2012) basierten ihre Analyse auf der Annahme, dass es Landwirten durch die Glyphosatanwendung ermöglicht wird, andere ackerbauliche Maßnahmen wie die Bodenbearbei-

tung einzusparen. Bei einem Verzicht auf Glyphosat würden demnach diese Maßnahmen wieder verstärkt eingesetzt werden müssen. Über diese Ersatzkosten, angewandt auf die aktuelle Anwendungssituation, schätzten sie damit den Nutzen von Glyphosatanwendungen im Ackerbau ab. Sie errechneten einen jährlichen Nutzen der Anwendungen glyphosathaltiger Herbizide im deutschen Ackerbau von 80 Mio. € bei hohen Pflanzenschutzmittelpreisen und bis zu 200 Mio. € bei niedrigen Mittelkosten.

SCHMITZ *et al.* (2015) verglichen Deckungsbeiträge, Direkt- und Arbeitskosten unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren (konservierende Bodenbearbeitung und Pflugeinsatz) für unterschiedliche Fruchtfolgen in verschiedenen Anbauregionen. Die konservierende Bodenbearbeitung (mit Glyphosat) führte zu höheren Deckungsbeiträgen (5 bis 10%) aufgrund geringerer Kosten (20% geringere Produktionskosten, ca. 30% geringerer Dieselverbrauch, höhere Arbeitsproduktivität).

4.2 Kosten

Anwendungskosten

Die Kosten der Anwendung von Glyphosat sind dem Kapitel zur betriebswirtschaftlichen Bewertung zu entnehmen (Kap. 6.4).

Externe Kosten

Externe oder externalisierte (auch sozialisierte) Kosten sind Kosten, die zwar durch einzelwirtschaftliches Handeln entstehen, aber von der Allgemeinheit bzw. Dritten getragen werden. Dazu gehören beispielsweise Kosten, die durch Umweltwirkungen entstehen können. Solche Kosten können auch durch die Anwendung von Glyphosat entstehen (siehe Kapitel 2.2 zu den Umweltwirkungen).

Ökonomische Untersuchungen zu Glyphosat für Deutschland haben externe Kosten bisher nicht berücksichtigt oder gar quantifiziert. Auch im Rahmen dieser Folgenabschätzung ist eine solche Abschätzung nicht möglich.

5. Mögliche Alternativen für glyphosathaltige Herbizide

5.1 Ackerbau

5.1.1 Substitution durch andere Herbizide

Eine chemische „Alternative“ für die Anwendung auf der Stoppel und im Vorsaatterverfahren sollte für die Praxis **annähernd wirkungsäquivalent** zu dem zu ersetzenden Herbizid sein. Zudem muss das betreffende Herbizid **dafür zugelassen sein**. Auf der Grundlage dieser Festlegung gibt es zur Anwendung glyphosathaltiger Herbizide auf der Stoppel und im Vorsaatterverfahren keine chemische Alternative.

Für die Sikkation konnte lediglich für den Raps mit dem Wirkstoff Deiquat (z. B. in Reglone) eine chemische Alternative identifiziert werden.

Gemäß Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung (PflSchAnwV) sind deiquathaltige Herbizide zur Sikkation bei Raps, Ackerbohnen und Futtererbsen ohne die Beschränkung zur Erzeugung von Saatgut erlaubt. Für das Pflanzenschutzmittel Reglone z. B. gibt es eine Zulassung mit 2 l/ha für Winterraps und 3 l/ha für Sommerraps. Die übrigen Zulassungen der Sikkation (Futterleguminosen, Lein, Phacelia, Ölrettich) beschränken sich auf die Saatgutproduktion.

Für die Sikkation in Getreide gibt es außer dem Wirkstoff Glyphosat keine weitere Zulassung und somit keine Alternative.

5.1.2 Substitution durch mechanische Verfahren

(1) Alternativen zur Stoppelbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden:

Ziel: Beseitigung von Ausfallkulturen, Gemeiner Quecke, Unkräutern/Ungräsern durch 1 bis 3 **zusätzliche** mechanische Bodenbearbeitungsgänge

Unter der Annahme, dass bei Pflugeinsatz zur Folgekultur auf zusätzliche Bodenbearbeitungsgänge zur Beseitigung von unerwünschtem Bewuchs als Ersatzmaßnahme für die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden verzichtet werden kann und dass die Bewuchsbeseitigung durch die dann ohnehin durchgeführte wendende Grundbodenbearbeitung erreicht wird, wurden die in Tabelle 9 aufgeführten Alternativen zur Stoppelbehandlung identifiziert.

Tab. 9: Alternativen zur Stoppelbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden

Kultur-Kombination	Notwendigkeit/ Erfordernis	Zeitproblem	Bemerkung / Erklärung zum Einsatz der mechanischen Alternativen
WRaps-WW	ja	nein	Einsatz möglich (bis zu 3 mal)
WW-WRaps	nein		Bei dieser Kombination würde mit hoher Wahrscheinlichkeit auch kein Glyphosat angewendet
WW-WW	ja	nein	Einsatz möglich (bis zu 3 mal)
WW-WG	ja	ja	Einsatz möglich (bis zu 2 mal) => Bekämpfung des Ausfallweizens nicht optimal; ggf. Ertragseinbußen oder erhöhte Trocknungskosten
WG-WRaps	ja	ja	Einsatz möglich (bis zu 1 mal) => Bekämpfung der Ausfallgerste nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten in der Folgekultur Raps oder Ertragseinbußen
ZR/Mais-WW	nein		Bei dieser Kombination würde mit hoher Wahrscheinlichkeit auch kein Glyphosat angewendet
WW-ZR/Mais	ja	nein	Einsatz möglich (bis zu 3 mal)

WRaps: Winterraps, WW: Winterweizen, WG: Wintergerste, ZR: Zuckerrübe

2) Alternativen zur Vorsaatbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden:

Ziel: Beseitigung von Ausfallkulturen, Unkräutern/Ungräsern, insbesondere auch resistente Acker-Fuchsschwanz und/oder Windhalm-Pflanzen, Mulch-/Begrünungspflanzen (Zwischenfrüchte) durch 1 bis 3 **zusätzliche** Arbeitsgänge

Für die Vorsaatbehandlung konnten die in Tabelle 10 aufgelisteten Möglichkeiten identifiziert werden.

Tab. 10: Alternativen zur Vorsaatbehandlung mit glyphosathaltigen Herbiziden

Kultur	Notwendigkeit/ Erfordernis	Zeitproblem	Bemerkung / Erklärung zum Einsatz der mechanischen Alternativen
Winterraps	nein		Vor dieser Kultur würde mit hoher Wahrscheinlichkeit auch kein Glyphosat angewendet
Wintergerste (WG)	ja	ja	Ausfallkulturen: Einsatz möglich (bis zu 1 mal) => Bekämpfung der Ausfallkultur nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten in der Folgekultur WG oder Ertrags-einbußen oder erhöhte Trocknungskosten Resistente Ungräser: Einsatz möglich (bis zu 1 mal) => Bekämpfung der Ungräser nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten in der Folgekultur Wintergerste oder Ertragseinbußen
Winterweizen (Stoppelweizen)	ja	ja	Ausfallkulturen: Einsatz möglich (bis zu 2 mal) => Bekämpfung der Ausfallkultur nicht optimal; Resistente Ungräser: Einsatz möglich (bis zu 2 mal) => Bekämpfung der Ungräser nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten oder Ertragseinbußen
Winterweizen (Spätsaat)	ja	nein	Einsatz möglich (bis zu 3 mal)
Zuckerrüben (ZR)	ja	ja	Mulch-/Begrünungspflanzen (Zwischenfrüchte): Einsatz möglich (bis zu 1 mal) => Bekämpfung der Mulchpflanzen und Rest-/ Altverunkrautung nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten in der Folgekultur ZR oder Ertragseinbußen durch Verlust von Vegetationszeit Zusätzlich: Verlust der Vorteilswirkungen der Mulchsaaten (Bodenstruktur; Erosion)
Mais	ja	nein	Mulchpflanzen: Einsatz möglich (bis zu 2 mal) => Bekämpfung der Mulchpflanzen und Rest-/Altverunkrautung nicht optimal; ggf. höhere Bekämpfungskosten in der Folgekultur Mais oder Ertragseinbußen durch Verlust von Vegetationszeit Zusätzlich: Verlust der Vorteilswirkungen der Mulchsaaten (Bodenstruktur; Erosion)

Grundsätzlich wurde keine Unterscheidung vorgenommen, ob der Pflug zum Einsatz kommt oder nicht.

Es bleibt als Alternative nur die ganzflächige ein- bis mehrmalige mechanische Bearbeitung der Fläche mit einem geeigneten Gerät oder einer Gerätekombinationen. Die **Wirkungsäquivalenz** wird **über das Wiederholen der Bearbeitungsgänge** angestrebt, wobei eine vollständige Äquivalenz nur annäherungsweise und unter ganz bestimmten Gegebenheiten zu erreichen ist.

Dabei ist davon auszugehen, dass zwischen 1 bis 3 **zusätzliche** Arbeitsgänge notwendig werden, um den unerwünschten Bewuchs effektiv beseitigen zu können. Ferner wird unterstellt, dass nach der Ernte mindestens immer ein Bodenbearbeitungsgang durchgeführt wird.

Als Restriktionen für die Einsatzmöglichkeit und die Arbeitsqualität (=Bekämpfungserfolg) der mechanischen Geräte - ausschließlich unter dem Blickwinkel der Beseitigung von unerwünschtem Pflanzenbewuchs - sind die zur Verfügung stehende Zeit sowie die Witterungsverhältnisse und der Bodenzustand zu sehen. Die zur Verfügung stehende Arbeitszeitspanne wird im Wesentlichen von der Fruchtfolge bestimmt. Je nach Vorfrucht - Folgefrucht - Kombination kann die verfügbare Zeitspanne für die zusätzlichen Arbeitsgänge nur wenige Tage bis mehrere Wochen betragen. Eine ausreichende Bekämpfung der Unkräuter mittels der mechanischen Geräte ist nur bei trockenen Bodenbedingungen möglich. Dies schränkt die Einsatzflexibilität erheblich ein, insbesondere beim Vorsaafverfahren für Zuckerrüben und Mais. Hier gilt es zudem auch noch, die weit entwickelten Unkrautpflanzen sowie ggf. die noch nicht durch die Winterkälte abgetöteten Mulchpflanzen zu zerstören.

Für die Anwendung von Glyphosat unter dem Gesichtspunkt der Ackerhygiene (Vermeidung der Übertragung von Kohlhernie) gibt es keine Alternativen.

Ergänzende Informationen zur Wirksamkeit mechanischer Bekämpfungsverfahren finden sich in Anhang A_5.1.

5.2 Dauerkulturen

5.2.1 Substitution durch alternative Wirkstoffe in Kernobst und Wein

Tabelle 11 gibt einen Überblick über alternative Wirkstoffe für die Anwendung zur Unkrautbekämpfung im Obstbau (Kernobst) und im Weinbau.

Die im Kernobst und Weinbau zugelassenen alternativen Herbizide stellen keine hinreichende Alternative zu Glyphosat dar. Lediglich Glufosinat zeigte in der Experteneinschätzung noch gleichwertige bis schlechtere Eigenschaften hinsichtlich der Wirkung auf perennierende Unkräuter und des Anwendungszeitpunktes. Die Anwendung alternativer Herbizide wurde daher nicht weiter betrachtet.

Tab. 11: Alternative Wirkstoffe zu glyphosathaltigen Herbiziden im Obstbau (Kernobst) und Weinbau und Beurteilung von Wirksamkeit, Wirkungsäquivalenz und Anwendungszeitpunkt im Vergleich zu Glyphosat (Legende siehe unten)

Kultur	Wirkstoff	Mittel	Wirkungs- spektrum	Wirkung auf perennier- ende Un- kräuter	Anwendungs- zeitpunkt	Wirkungs- äquivalenz zu Glypho- sat
Kernobst	Pendimethalin	Stomp Aqua	-	-	-	-
Kernobst	Dimethenamid-P	Spectrum	--	- / --	-	- / --
Kernobst	Glufosinat ¹	Basta	-	0 / -	0 / -	- / 0
Kernobst	Isoxaben	FLEXIDOR	-	-	--	- / --
Kernobst	MCPA	U 46 M-Fluid	-	-	-	-
Kernobst	Propyzamid	Kerb 50 W	-	-	- / --	-
Kernobst	Propyzamid	Kerb-FLO	-	-	- / --	-
Weinrebe	Flazasulfuron	CHIKARA	-	-	-	-
Weinrebe	Napropamid	Devrinol FL	--	--	--	--
Weinrebe	Glufosinat ¹ (betr. Erdbeere)	Basta	-	0 / -	0 / -	-
Weinrebe	MCPA	U 46 M-Fluid	-	-	-	-
Weinrebe	Propyzamid	Kerb 50 W	-	-	- / --	-
Weinrebe	Propyzamid	Kerb-FLO	-	-	- / --	-

¹ Einschränkung: 750 g/ha Aktive Substanz, max. 2 Anwendungen/Jahr

Legende:

Wirkungsspektrum im Vergleich zu Glyphosat:

- + besser
- 0 gleichwertig
- schlechter
- deutlich schlechter

Wirkung auf perennierende Unkräuter im Vergleich zu Glyphosat:

- + besser
- 0 gleichwertig
- schlechter
- deutlich schlechter

Anwendungszeitpunkt im Vergleich zu Glyphosat:

- + flexibler
- 0 gleichwertig
- unflexibler
- deutlich unflexibler

Wirkungsäquivalenz zu Glyphosat (Zusammenfassung der Eigenschaften Wirkungsspektrum,

Wirkung auf perennierende Unkräuter und Anwendungszeitpunkt):

- + besser
- 0 gleichwertig
- schlechter
- deutlich schlechter

5.2.2 Substitution durch mechanische Methoden zur Unkrautbekämpfung

Apfelanbau

Bei mechanischen Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung wird im Apfelanbau zwischen Maßnahmen in den Fahrgassen und in den Baumreihen unterschieden. Die Fahrgassen sind überwiegend begrünt (vgl. FRIEDRICH, 1993), dies wird auch durch die Erhebungen im Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz bestätigt (FREIER *et al.*, 2015). In den Baumreihen werden, je nachdem ob diese

begrünt sind oder der Boden offen gehalten werden soll, unterschiedliche mechanische Maßnahmen vorgenommen. Die Baumreihenpflege dient dazu, Nährstoff- und Wasserkonkurrenz durch den unerwünschten Unkrautbewuchs zu unterbinden. Häufig erfolgt die Baumreihenpflege mit Hilfe von Unterstockräumern. Allerdings muss sie mit Blick auf das Zeitmanagement gut organisiert sein (ZIMMER, 2015). Mit der technischen Weiterentwicklung der einseitig arbeitenden Unterstockräumer wurde in den vergangenen Jahren ein enormer Fortschritt erlangt. Je nach Standort und Bodenbedingungen sind bis zu acht Bearbeitungsdurchgänge im Jahr erforderlich. Pro Bearbeitungsgang mit einem einseitig arbeitenden Unterstockräumer werden im Durchschnitt drei Stunden je Hektar (Bearbeitungsgerät mit Taster 3,5 bis 4,0 h/ha, ohne Taster 1,0 bis 1,5 h/ha) benötigt. Somit beläuft sich der Arbeitsbedarf für die mechanische Unkrautbekämpfung auf 18 bis 24 h/ha und Jahr.

In der Schweiz wird über eine zeitweise Begrünung der Baumreihen ohne Ertragsverlust berichtet (GUT *et al.*, 1997).

Weinbau

Tabelle 12 gibt nach DLR (2010) in eine Übersicht über Verfahren zur mechanischen Unterstockbodenpflege.

Tab. 12: Unterstockbodenpflegeverfahren

Mechanisch	Abdecken / Mulchen	Chemisch
Flachschar	Gras	Bandspritze
Raumschar	Stroh	ULV-Sprühgerät
Stammputzer	Rindenmulch	Punktspritze
Kreiselkrümler		
Mulcher		
Hacke		

Quelle: DLR (2010)

Als **mechanische Maßnahmen** kommen im Weinbau verschiedene Geräte zum Einsatz, z. B. Unterstockräumer, viele mit „Taster“ um bei den Reben und Befestigungsanlagen auszuschnellen (DLR, 2010). Diese mulchen den vorhandenen Aufwuchs oder es findet eine „Bodenbearbeitung“ statt, d.h. der Aufwuchs wird umgebrochen.

Daneben gibt es noch weitere Verfahren der „Bekämpfung“, z. B. **Abflammen** (eher selten) oder **Heißwasser** (eher Versuchsstadium). Auch das **Abdecken** (Mulchen) z. B. mit Stroh wird teilweise praktiziert. Eine weitere Möglichkeit ist die Einsaat oder Spontanbegrünung und das Kurzhalten/Mulchen dieser Einsaat, meist in Verbindung mit begrüntem Reihen. Dies ist ähnlich dem Mulchen des vorhandenen Aufwuchses.

HAUSER (2011) berichtet, dass der Herbizideinsatz zur Unterstockbodenpflege aus technischer und ökonomischer Sicht am günstigsten sei, da Herbizide meist in Kombination mit anderen Arbeitsgängen ausgebracht werden können. Ob die Unkrautbekämpfung mechanisch oder chemisch erfolgt, liegt im Ermessen des Betriebsleiters. Welche Variante jedoch mit geringeren Umweltfolgen verbunden ist, lässt sich derzeit nicht beurteilen.

Gemäß einer bereits länger zurück liegenden Praxisbefragung in den Weinanbaugebieten Nahe, Pfalz, Rheinhessen und Mosel-Saar-Ruwer wendeten 85% der Betriebe Herbizide an. Dabei kombinierten ca. 50% der Betriebe, die Herbizide anwendeten, diese mit einer mechanischen Maßnahme. Die Betriebe, die nur Herbizide anwendeten, fuhren durchschnittlich 1,9 bis 2,2-mal durch die Rebanlagen. Bei Kombination mit mechanischen Maßnahmen verringerten sich die Herbizidüberfahrten etwas, auf 1,5 bis 2,0-mal. Zusätzlich wurden 1,5 bis 2,2 Einsätze mit mechanischen Verfahren durchgeführt. Für Betriebe, die die Fahrgassen mechanisch offenhielten und den Unterstockbewuchs mulchten, wurden im Mittel 3,9 bis 5,3 Überfahrten angegeben. Bei Angaben zur Arbeitsqualität der Verfahren durch die Befragten, schnitt die Herbizidanwendung mit der Note 2 (gut) ab. Die mechanische Offenhaltung und das Mulchen des Bewuchses wurden im Mittel

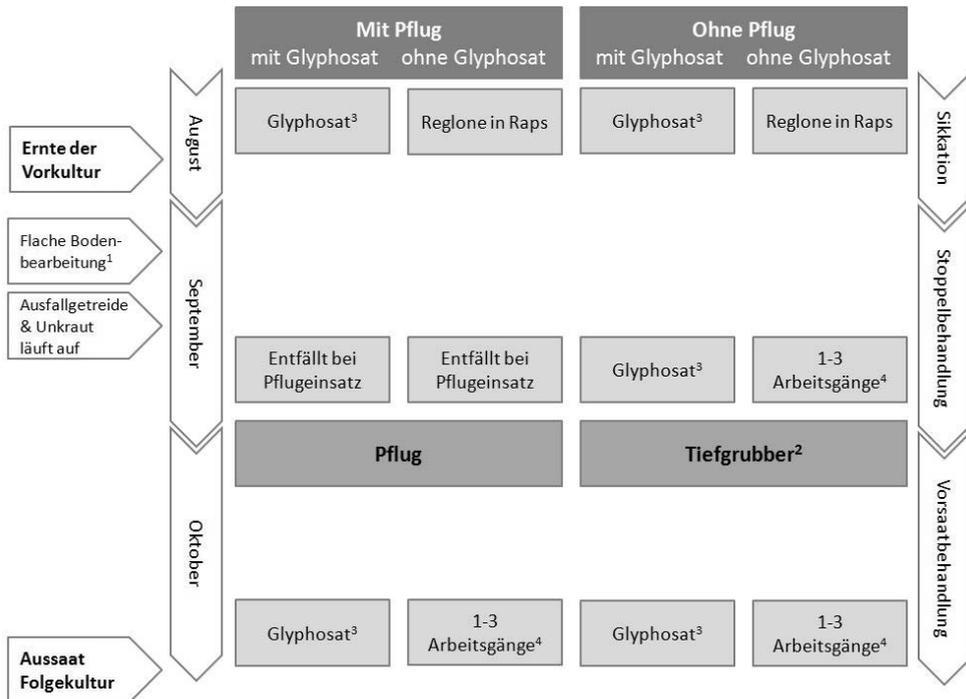
mit der Note 3 (befriedigend) beurteilt. Zu beachten ist, dass in die Notengebung subjektive Aspekte eingeflossen sind (INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG, 1998).

5.3 Auswahl exemplarischer Anwendungen

5.3.1 Ackerbau

Für den Ackerbau wurden die Anwendungsbereiche Voraufbau-, Stoppelanwendung und Sikkation für unterschiedliche Fruchtfolgen untersucht. In der Variante ohne Glyphosat wurde neben dem vollständigen Verzicht auf eine Sikkation im Raps alternativ das Mittel Reglone (Wirkstoff Deiquat) unterstellt.

Abbildung 5 zeigt schematisch, wie die glyphosathaltigen Herbizide bzw. bei Verzicht die mechanischen Alternativen zur Bekämpfung von Unkraut und Ausfallpflanzen im zeitlichen Verlauf angewendet werden können. Da die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden maßgeblich durch die Bodenbearbeitung beeinflusst wird, wurde nach Anbausystemen mit und ohne Pflugeinsatz unterschieden. In der Darstellung wurde davon ausgegangen, dass es sich bei der Folgekultur um eine Winterung handelt. Zulassungsbedingte Anwendungsbeschränkungen (siehe Kapitel 3.2) wurden in dieser schematischen Darstellung nicht berücksichtigt, jedoch in den weiteren Betrachtungen (siehe Abbildungen 9 bis 14).



¹ In jeder Berechnungsvariante wird von einer flachen Bodenbearbeitung (Stoppelgrubber flach) nach der Ernte der Vorkultur ausgegangen.

² Tiefgrubber

³ Maximal 2 Glyphosatbehandlungen im Jahr mit einem Abstand von mindestens 90 Tagen und maximal 3,6 kg Wirkstoff pro Hektar und Jahr

⁴ Stoppelgrubber flach

Abb. 5: Modellhafte Darstellung aller Anwendungsmöglichkeiten glyphosathaltiger Herbizide (Sikkation, Stoppel- und Vorsaatbehandlung) und deren Alternativen zur Bekämpfung von Unkraut und Ausfallpflanzen vor einer anschließenden Winterung ohne Berücksichtigung von Zulassungsbeschränkungen für Anbausysteme mit und ohne Pflug

5.3.2 Dauerkulturen (am Beispiel des Apfelanbaus)

Für die Dauerkulturen wurde exemplarisch der Apfelanbau für die Folgenabschätzung der Anwendung von Alternativen detaillierter betrachtet. Dabei wurde ein Vergleich zwischen der chemischen und der mechanischen Baumstreifenpflege, d.h. ein Vergleich zwischen „mit“ und „ohne“ Glyphosat vorgenommen.

6. Folgenabschätzung der Anwendung von Alternativen für glyphosathaltige Herbizide

Für die Abschätzung der Folgen der Anwendung alternativer Pflanzenschutzmaßnahmen wurden sowohl ökologische als auch ökonomische Wirkungen anhand von Literaturdaten bzw. eigenen Berechnungen betrachtet.

6.1 Mögliche Umweltwirkungen alternativer Verfahren

Die Umweltwirkungen der Alternativen wurden einerseits anhand von Daten aus der Literatur und zum anderen für die alternativen chemischen Pflanzenschutzmittel mittels einer vergleichenden Bewertung mit dem Risikoindikator SYNOPS abgeschätzt.

6.1.1 Ackerbau

6.1.1.1 Alternative chemische Wirkstoffe

Im Ackerbau ist als einziger alternativer chemischer Wirkstoff Deiquat (z. B. in Reglone) für die Sikkation im Raps (siehe Kapitel 5.1.1) möglich.

*Umweltwirkungen, die von **Deiquat** ausgehen können:*

(1) Nicht-Ziel-Organismen

ARENDE-PETER und TAUCHNITZ (1990) beschrieben die Auswirkungen von Deiquat auf Fische, Vögel und Säugetiere. Dabei wurde die Giftigkeit für Fische abhängig von Größe, Spezies und Wasserhärte als mäßig beschrieben, die für Vögel und Säugetiere dagegen als hochtoxisch. Widersprüchliches wurde zu Auswirkungen auf Schlangen (Adulte und Eier) publiziert. Während DRUART *et al.* (2010) eine hohe Toxizität feststellten, konnten DUCROT *et al.* (2010) keine signifikanten Einflüsse feststellen.

(2) Verhalten und Verlagerung im Boden

Deiquat bindet nach ARENDE-PETER und TAUCHNITZ (1990) stark an Bodenpartikel, so dass keine Nachteile für Folgekulturen, Bodenleben und Wasserhaushalt erwartet wurden. Auch JEZERSKA-TYS und RUTKOWSKA (2013) stellten fest, dass Bodenmikroorganismen nicht negativ von Reglone beeinflusst werden. Allerdings akkumuliert der Wirkstoff Deiquat im Boden.

(3) Wasser

Da Deiquat an Bodenpartikel bindet, gingen ARENDE-PETER und TAUCHNITZ (1990) nicht von einer Belastung des Grundwassers aus.

6.1.1.2 Alternative mechanische Maßnahmen

*Umweltwirkungen, die vom **Flachgrubber** ausgehen können:*

(1) Nicht-Ziel-Organismen

Beschriebene direkte Wirkungen der mechanischen Alternative „Flachgrubbern“ auf die Biodiversität waren meist vorwiegend positiv. Auf nicht gepflügten Böden vermehrten sich Collembolen und Raubmilben wesentlich stärker (KÖLLER und LINKE, 2001). Die nicht wendende Bodenbearbeitung wirkte sich auch positiv auf Populationen von Regenwürmern aus. Regenwurmbiomasse, Regenwurmbiomasse und Bioturbation lagen im Vergleich zwischen Grubber und Pflug in einem 3-jährigen Feldversuch in Rheinland-Pflanz deutlich höher. Zusätzlich nahm in diesen Versuchen die Besiedlungsdichte schädlicher Kleinarthropoden oder Nematoden deutlich ab (MULEWF, 2012).

Indirekte Wirkungen auf die Biodiversität können durch die Abtötung von Pflanzen, die Insekten und über trophische Interaktionen auch Agrarvögeln und Säugern Nahrung bieten, hervorgerufen werden.

(2) Boden

Flachgrubbern als Alternative zu Glyphosat wirkte sich vorwiegend positiv auf Bodenstruktur, Tragfähigkeit des Bodens und Erosion (KÖLLER und LINKE, 2001; STOATE *et al.*, 2001; OESAU, 2002; MULEWF, 2012; ANONYM, 2014), sowie auf Bodenfauna aus (MENTA, 2012). Der Boden ist feuchter, was einerseits gut für ein rasches Auflaufen der Saat sein kann, andererseits aber die Ernte verzögern kann (ANONYM, 2014).

(3) Klimawirkungen

Nach KTBL (2014, unveröffentlicht) können durch nicht wendende Bodenbearbeitung oder durch Verzicht auf eine Grundbodenbearbeitung (bei Direktsaatverfahren) CO₂-Emissionen aus dem Maschineneinsatz vermindert werden. Das Einsparpotential und der Anteil der Emissionen aus dem Maschineneinsatz an den Gesamtemissionen im Anbau von Feldfrüchten sind in der Regel gering. Hat die reduzierte Bodenbearbeitung auf ertragsschwächeren Standorten jedoch Ertragsseinbußen bzw. zu deren Kompensation einen höheren Düngemittelbedarf zur Folge, so sind die Emissionen je Ertragseinheit häufig höher, als bei einer Bodenbearbeitung mit Pflug. Dies kann zur Folge haben, dass bereits geringe Ertragsseinbußen oder ein geringfügig höherer Düngemittelaufwand bei Direktsaatverfahren die CO₂-Einsparungen kompensieren oder sogar zu höheren produktbezogenen Emissionen führen. Daher ist eine Emissionsminderung durch nicht wendende Bodenbearbeitung zwar möglich, für Direktsaatverfahren gilt dies jedoch nur auf ertragssicheren Standorten.

Untersuchungen des JKI auf dem Versuchsstandort Dahnsdorf zeigten bei Betrachtung des Pflanzenschutzes und der Bodenbearbeitung einen Energieeinsatz von 1.045 MJ/ha bei wendender Bodenbearbeitung (Pflug) im Vergleich zur nicht wendenden Bodenbearbeitung (pfluglos) von 510 MJ/ha SCHWARZ (2013). Die Einsparung von rund 500 MJ/ha ist jedoch im Vergleich zum Energieeinsatzes von Mineraldünger mit 4,53 GJ/ha (DEIKE *et al.*, 2008) eher geringer ausgeprägt und von untergeordneter Bedeutung.

Der reduzierten Bodenbearbeitung wird durch die Anreicherung von Humus im Boden häufig auch eine Wirkung bei der CO₂-Festlegung im Boden zugeschrieben, da Kohlenstoff im Boden gespeichert wird, was wiederum zur Minderung von CO₂ Emissionen beiträgt. Laut BAKER *et al.* (2007) könnte dies jedoch auch ein Artefakt der zu geringen Beprobungstiefe sein. In dieselbe Richtung gehen Aussagen des MULEWF (2012), dass eine verallgemeinernde Aussage über Wirkungen der Bodenbearbeitung auf die Freisetzung von Treibhausgasen nicht zu treffen sei, da die Bindung und Freisetzung von zu vielen Faktoren abhingen. MALLAST *et al.* (2015) werteten gemeinsam mit anderen Arbeitsgruppen im Rahmen eines EU-Projektes (Catch-C) fast 300 Langzeitversuche zur Bodenbearbeitung aus und kamen zu dem Ergebnis, dass die Humusspeicherung der konservierenden Bodenbearbeitung und damit der positive Effekt auf die CO₂ Speicherung eher moderat sei. PALM *et al.* (2014) geben in ihrer Übersichtsarbeit einen umfassenden Literaturüberblick über die Ökosystemdienstleistungen der konservierenden Bodenbearbeitung und kommen auf der Grundlage ihrer Literatúrauswertung ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Effekte oftmals nicht eindeutig sind und stark von regionalen Faktoren abhängen. Untersuchungen in Kanada von LEMKE *et al.* (1999) und ROCHETTE (2008) zeigten, dass der Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung sogar mehr Stickstoff (Lachgas N₂O) freisetzen kann. MALLAST *et al.* (2015) ermittelten für Lachgas im Durchschnitt keine höhere Freisetzung, jedoch große Schwankungsbreiten von -90% bis +400% im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit dem Pflug.

Umweltwirkungen, die vom Pflug ausgehen können:

(1) Nicht-Ziel-Organismen

Auswirkungen des Pflügens auf Nicht-Ziel-Organismen, wie Bodenfauna, Invertebraten, Springschwänze und Regenwürmer sind meist negativ (STOATE *et al.*, 2001; MENTA, 2012; MULEWF, 2012). So sind Regenwürmer geringer in Abundanz, Biomasse und Bioturbation (Aktivität), was sich vermutlich auch auf das verminderte Nahrungsangebot in gepflügten Böden im Vergleich zu

ungepflügten Böden zurückführen lässt (KÖLLER und LINKE, 2001; MULEWF, 2012). Der Einfluss des Pflügens auf Schadorganismen wie Rapsschadkäfer, Blattläuse oder Nematoden ist eher gering (MULEWF, 2012). Der Pflug bewirkt eine gute Unkrautbekämpfung (DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994). Diese hat eine Breitenwirkung und damit ähnlich wie die Anwendung breitwirksamer Herbizide auch indirekte Wirkungen auf die Biodiversität durch die Abtötung von Pflanzen, die Insekten oder anderen Tieren Nahrung bieten.

(2) Boden

Die wendende Bodenbearbeitung beeinträchtigt die Bodenstruktur und mindert damit die Tragfähigkeit des Bodens (KÖLLER und LINKE, 2001; MENTA, 2012). Die den Boden schützende Stoppeldecke wird nach unten gewendet und die Bodenmatrix zerstört. Eine neue Bodengeometrie mit einer veränderten Porenstruktur wird geschaffen mit nachteiligen Folgen für die Wasserrückhaltefähigkeit (GUZMÁN *et al.*, 2015). Dadurch kann die Erosion durch die Bodenbearbeitung mit dem Pflug gefördert werden. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat Karten der potentiellen Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind bzw. Wasser für Deutschland erstellt (siehe Abbildungen 6 und 7; BGR, 2015). Diese Daten geben einen Überblick über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Wind - bzw. Wassererosion in Deutschland. Potentielle Erosionsgefährdung bedeutet hier, dass nur natürliche Faktoren berücksichtigt werden, die die Anfälligkeit des Standortes charakterisieren, nicht aber die Auswirkungen durch Bodenbearbeitung. Für eine Regionalisierung und Quantifizierung der Aussagen auf Bundeslandebene wurden in eigenen Arbeiten 1,6 Mio. Ackerbauflächen¹ Deutschlands (Grundlage: ATKIS Basis-DLM; danach 13,2 Mio. ha Ackerfläche; Unterschiede zu den Daten des Statistischen Bundesamtes mit 11,8 Mio. ha Ackerfläche liegen in der Erhebungsmethode begründet) den Standorten der potentiellen Erosionsgefährdung zugeordnet. In den nachfolgenden Tabellen 13 und 14 sind die Flächen [ha] und Flächenanteile [%] für die höchsten Gefährdungskategorien pro Bundesland dargestellt.

¹ Vergleichbar mit Feldblöcken, d.h. diese stellen eine zusammenhängende landwirtschaftlich nutzbare Fläche dar, die von in der Natur erkennbaren Außengrenzen (beispielsweise Wald, Straßen, bebautes Gelände, Gewässer, Gräben) umgeben ist. Die Fläche kann von einem oder mehreren Landwirten bewirtschaftet werden und mit einer oder mehr Feldfrüchten bestellt sein.

Potentielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind in Deutschland

Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

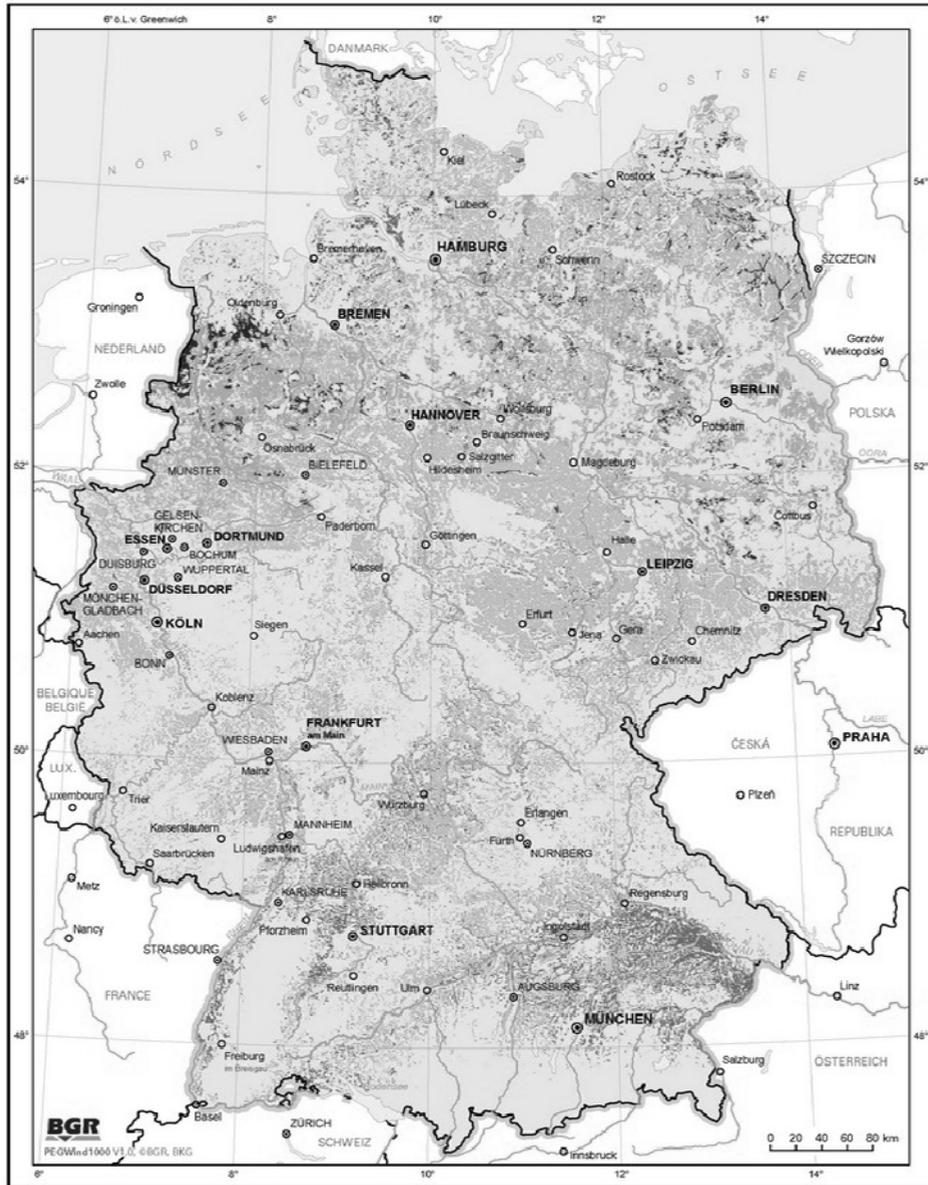


Abb. 6: Potenziell erosionsgefährdete Ackerflächen durch Wind in Deutschland (Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2015)

Potentielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wasser in Deutschland
 Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

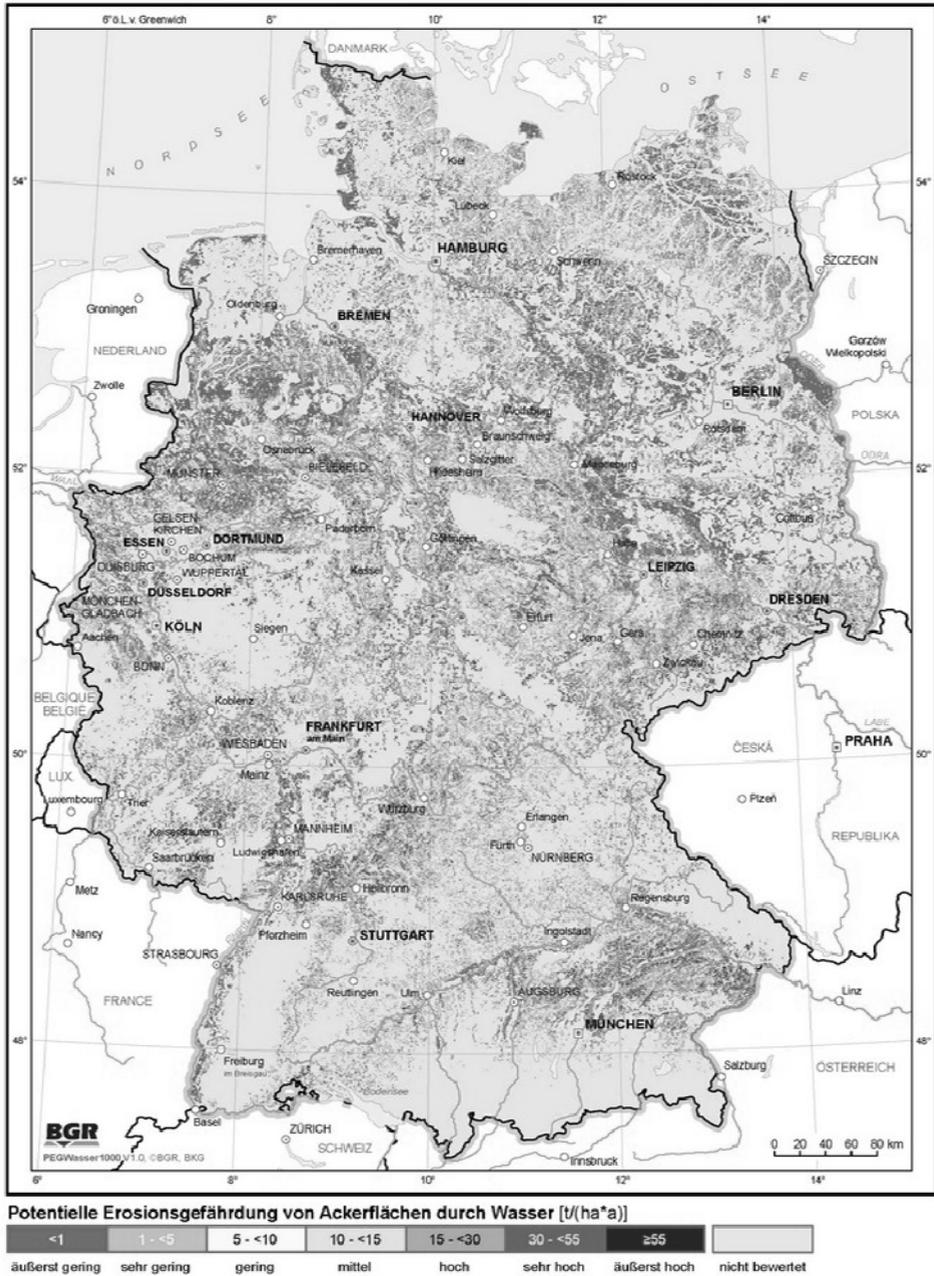


Abb. 7: Potenziell erosionsgefährdete Ackerflächen durch Wasser in Deutschland
 (Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2015)

Tab. 13: Fläche [ha] und Anteil an der Ackerfläche des Bundeslandes [%] der potentiell erosionsgefährdeten Ackerböden durch Wasser an der gesamten Ackerfläche je Bundesland (Flächenanteile > 10% an der Ackerfläche des Bundeslandes wurden **fett** hervorgehoben)

Bundesland	Gefährdungseinstufung nach BGR					
	Hoch (15 - < 30 [t/(ha*a)])		Sehr hoch (30 - < 55 [t/(ha*a)])		Äußerst hoch (> 55 [t/(ha*a)])	
	ha	%	ha	%	ha	%
BB	7.861	0,7	1.407	0,1	70	<0,1
BW	142.117	15,6	92.081	10,1	65.361	7,2
BY	307.371	13,9	211.749	9,6	133.489	6,0
HE	90.911	15,2	74.011	12,4	73.868	12,3
MV	30.772	2,0	4.544	0,3	284	<0,1
NI	79.840	4,2	48.677	2,5	37.461	2,0
NW	73.168	6,3	45.383	3,9	38.792	3,3
RP	67.042	15,5	55.673	12,9	50.608	11,7
SH	11.034	1,3	1.758	0,2	90	<0,1
SL	6.165	13,5	5.682	12,4	6.030	13,2
SN	124.663	17,4	80.545	11,2	44.859	6,3
ST	59.924	5,6	25.010	2,3	9.992	0,9
TH	131.448	20,2	66.322	10,2	34.595	5,3

Quelle: eigene Berechnungen

Tab. 14: Fläche [ha] und Anteil an der Ackerfläche des Bundeslandes [%] der potentiell erosionsgefährdeten Ackerböden durch Wind an der gesamten Ackerfläche je Bundesland (Flächenanteile > 5% an der Ackerfläche des Bundeslandes wurden **fett** hervorgehoben)

Bundesland	Gefährdungseinstufung nach BGR			
	Hoch		Sehr hoch	
	ha	%	ha	%
BB	1.148	0,1	76.842	7,1
BW	2.730	0,3	163	<0,1
BY	12.654	0,6	220	<0,1
HE	3.568	0,6	-	-
MV	1.931	0,1	127.415	8,1
NI	1.236	<0,1	151.733	7,9
NW	-	-	16.618	1,4
RP	777	0,2	134	<0,1
SH	27.081	3,2	24.491	2,9
SN	198	<0,1	1.270	0,2
ST	1.223	0,1	18.557	1,7

Quelle: eigene Berechnungen

Während in den nördlichen Bundesländern Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg Ackerflächen mit Winderosion überwiegen, sind in den südlichen Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen nennenswerte Ackerflächenanteile durch Wassererosion gefährdet.

Schließlich führt Verdichtung zu Pflugsohlenbildung, was wiederum konkurrenzstarke Wurzelunkräuter, wie Disteln fördert (ANONYM, 2014). Im Vergleich zum Pflugverzicht geht beim Pflügen Feuchtigkeit verloren, was sich je nach Wasserversorgung am Standort negativ oder auch positiv auswirken kann (KÖLLER und LINKE, 2001).

(3) Klimawirkungen

KTBL (2014, unveröffentlicht) beschreibt, dass durch pfluglose Bodenbearbeitung oder Verzicht auf eine Grundbodenbearbeitung (Direktsaatverfahren) CO₂-Emissionen aus dem Maschineneinsatz vermindert werden können (Je geringer die Intensität der Bodenbearbeitung, desto geringer in der Regel auch Kraftstoffverbrauch und Maschinennutzung im jeweiligen Anbauverfahren). Im Umkehrschluss ist davon auszugehen, dass bei Pflugeinsatz die Emissionen höher sind

SCHMITZ *et al.* (2015) ermittelten für eine Zuckerrüben-Winterweizen-Wintergerste-Fruchtfolge jährlich um 0,065 t höhere CO₂-Emissionen pro Hektar durch einen höheren Dieserverbrauch, wenn die Bodenbearbeitung mit dem Pflug und nicht konservierend (mit zusätzlicher Anwendung von Glyphosat) erfolgte.

6.1.2 Vergleichende Bewertung der Umweltwirkungen

Betrachtet man die oben und in Kapitel 2.2 dargestellten Umweltwirkungen von Glyphosat und der alternativen Methoden in vergleichender Weise, so kann es sowohl bei der Glyphosatanwendung als auch bei den nichtchemischen Alternativen (Flachgrubbern, Pfluganwendung) nachteilige Umweltwirkungen geben.

Für Glyphosat wurden toxische Wirkungen vor allem auf Amphibien und Algen beschrieben. Regenwürmer werden durch zugelassene Aufwandmengen eher nicht beeinträchtigt, wohingegen für den Pflugeinsatz eine geringe Abundanz, Biomasse und Bioturbation (Aktivität) beschrieben wurden. Dies kann teilweise auch auf das verminderte Nahrungsangebot in gepflügten Böden zurückgeführt werden. Durch das Pflügen können auch andere Bodenorganismen, wie Invertebraten oder Springschwänze beeinträchtigt werden. Zudem kann das Pflügen die Bodenstruktur beeinträchtigen und somit die Erosion begünstigen.

Hinsichtlich indirekter Wirkungen auf die Biodiversität ist für alle Maßnahmen festzustellen, dass die breitwirksame Unkrautbekämpfung auf der Ackerfläche mögliche Wirkungen über trophische Interaktionen auf andere Organismengruppen wie Vögel oder Säugetiere haben kann.

Wird der Wirkstoff Deiquat als chemische Alternative zur Sikkation im Raps zu Glyphosat angewendet, können nachteilige Umweltwirkungen auf Fische, Vögel und Säugetiere auftreten.

Indirekte nachteilige Wirkungen infolge der Bodenbearbeitung (pflügen oder konservierend mit Glyphosatanwendung) hinsichtlich CO₂-Emissionen sind in der Tendenz geringer bei der konservierenden Bodenbearbeitung (durch Bindung von Kohlenstoff, Einsparung an Emissionen aus dem Maschineneinsatz). Ausmaß und Bedeutung lassen sich aber nicht eindeutig beschreiben.

6.2 Vergleichende Risikoabschätzung mit dem Indikator SYNOPS

Die vergleichende Risikoabschätzung für die Anwendung von Glyphosat bzw. alternativer Wirkstoffe wurde mit Hilfe des Risikoindicators SYNOPS (SYNOPS-WEB) durchgeführt. Die Berechnung der Risikoindizes mit SYNOPS-WEB erfolgt auf Kachel-Ebene (1 * 1 km). Dabei werden umweltrelevante Einträge und Konzentrationen für drei Nichtziel-Kompartimente (Boden, Saumbiotope, Oberflächengewässer) berechnet, die durch Pflanzenschutzmittel über unterschiedliche Wege befrachtet werden können. Als hauptsächliche Eintragspfade werden dabei für den Boden die direkte Befrachtung unter Berücksichtigung der Interzeption, für das Saumbiotop die Abtrift und für das Oberflächengewässer Abtrift, Run-off, Erosion und Drainage betrachtet. Die Risikoindizes werden als Quotient der Umweltkonzentration und der Toxizität des Wirkstoffes (EC/LC50 bzw. NOEC) für aquatische und terrestrische Referenzorganismen angegeben und im folgenden Text als sogenannte *Exposure-Toxicity-Ratios* (ETR) dargestellt. Zu den aquatischen Referenzorganismen gehören Wasserfloh (*Daphnia*), Fisch, Algen, Wasserlinse (*Lemna*) und Sedimentorganismen (*Chironomus*). Bei den terrestrischen Referenzorganismen sind Regenwurm und Biene berücksichtigt. Je Flächenstück werden alle angewandten Wirkstoffe bewertet und über Risikoaddition als Risikopotential für das gesamte Anwendungsszenario aggregiert.

Dieser Bewertungsansatz wird in dem Online-Werkzeug SYNOPS-WEB umgesetzt. Über einfache grafische Eingabeoberflächen wird dem Nutzer ermöglicht, Feldszenarien und Applikationsmuster

von Pflanzenschutzmitteln einzugeben. Die notwendigen Boden-, Gewässer- und Klimadaten werden aus umfangreichen Geodatenbanken entnommen und können einfach per Mausklick auf eine Karte selektiert werden. Die Eingabemaske für die PSM-Anwendungen ist mit der BVL-Mitteldatenbank und einer umfangreichen Wirkstoffdatenbank verknüpft. Die Berechnung der aquatischen und terrestrischen Risikoindizes der eingegebenen PSM-Anwendungsmuster erfolgt online und die Ergebnisse werden grafisch und tabellarisch dargestellt. Die berechneten Risikoindizes werden dabei entsprechend Tabelle 15 eingestuft.

Tab. 15: Kategorisierung der mit SYNOPS-WEB berechneten Risikoindizes

	akutes Risiko	chronisches Risiko
sehr niedriges Risiko	ETR < 0,01	ETR < 0,1
niedriges Risiko	0,01 < ETR < 0,1	0,1 < ETR < 1
mittleres Risiko	0,1 < ETR < 1	1 < ETR < 10
hohes Risiko	ETR > 1	ETR > 10

6.2.1 Ackerbau

Die Risikoindizes von Glyphosat und die alternativen Anwendungen der Sikkation im Raps wurden mit SYNOPS-WEB für zwei unterschiedliche Umweltszenarien berechnet. Als erste einfache Abschätzung der Anwendungen wurden die im Pflanzenschutzmittelverzeichnis aufgeführten Indikationen von Glyphosat und der möglichen alternativen Anwendung von Deiquat (Reglone) in Raps verglichen (vgl. Anhang A_6.2). Die Stoppel- und Vorsaatsbehandlungen wurde mit SYNOPS-WEB nur für Glyphosat berechnet.

Die Indikationen für Glyphosat und dessen chemische Alternative mit Reglone wurden als Einzelanwendungen betrachtet und verglichen. Die entsprechenden Abstandsauflagen wurden dabei berücksichtigt. Als Aufwandmengen wurden die jeweils zugelassenen Aufwandmengen verwendet und eine Behandlungsfläche von 50% der Anbaufläche für Sikkation und 100% für Stoppel- bzw. Vorsaatsbehandlungen angenommen. Das Applikationsdatum wurde für Sikkations-Anwendungen, für Stoppelbehandlungen und für Vorsaatanwendung auf einen festen Termin gelegt. Die mit SYNOPS-WEB analysierten Anwendungen sind für den Ackerbau in Tabelle A_6.2-1 im Anhang zusammengefasst. Als Umweltszenarien wurden die Bodenparameter und Klimadaten aus zwei unterschiedlichen Regionen verwendet (Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern). Als Szenario für Oberflächengewässer wurde der Standardgraben (1 m breit; 0,3 m tief) und ein Abstand von 1 m zum Oberflächengewässer angenommen. In Tabelle A_6.2-4 im Anhang sind alle notwendigen Umweltparameter für die Risikoanalyse mit SYNOPS-WEB angegeben.

Die Ergebnisse der Risikoberechnungen wurden in Tabelle 16 zusammengefasst. Für beide Umweltszenarien wiesen die Anwendungen von Glyphosat sowohl für die chronischen als auch für die akuten Risikoindizes sehr niedrige Risikowerte (ETR < 0,01) auf. Die Alternative Anwendung von Deiquat (z. B. Reglone) hatte Risikowerte in der niedrigen Risikokategorie (ETR < 0,1) und lag damit deutlich über den Werten der Glyphosat-Anwendung. Die Anwendung von Glyphosat bei Stoppel- bzw. Vorsaatsbehandlungen zeigte ebenfalls nur sehr niedrige Risikowerte.

Tab. 16: Risikoindizes von Glyphosat und Deiquat für Raps und Winterweizen (WW) für Sikkation, Vorsaathandlungen (Vorsaat) und Stoppelbehandlungen (Stoppel), berechnet mit SYNOPSIS-WEB für Umweltszenarien in Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern

			akut		chronisch		Grundwasser
			aquatisch	terrestrisch	aquatisch	terrestrisch	
Mecklenburg-Vorpommern							
Sikkation	Raps	Glyphosat	0,0003	0,0013	0,0008	0,0085	0
Sikkation	Raps	Deiquat	0,0880	0,0027	0,0842	0,0273	0
Vorsaat/Stoppel	Raps	Glyphosat	0,0004	0,0026	0,0012	0,0030	0
Sikkation	WW	Glyphosat	0,0004	0,0016	0,0010	0,0107	0
Vorsaat/Stoppel	WW	Glyphosat	0,0004	0,0026	0,0012	0,0030	0
Baden-Württemberg							
Sikkation	Raps	Glyphosat	0,0003	0,0028	0,0008	0,0085	0
Sikkation	Raps	Deiquat	0,0880	0,0072	0,0839	0,0430	0
Vorsaat/Stoppel	Raps	Glyphosat	0,0004	0,0070	0,0013	0,0082	0
Sikkation	WW	Glyphosat	0,0004	0,0035	0,0010	0,0106	0
Vorsaat/Stoppel	WW	Glyphosat	0,0004	0,0070	0,0013	0,0082	0

6.2.2 Dauerkulturen (Obst- und Weinbau)

Die Risikoindizes von Glyphosat und alternativen Anwendungen im Obst- und Weinbau (vgl. Tabelle 11) wurden mit SYNOPSIS-WEB für zwei unterschiedliche *worst-case*-Szenarien berechnet. Als erste einfache Abschätzung der Anwendungen wurden die im Pflanzenschutzmittelverzeichnis aufgeführten Indikationen von Glyphosat mit den möglichen Alternativen verglichen (vgl. Anhang A_6.2).

Die Indikationen für Glyphosat und dessen Alternativen wurden als Einzelanwendungen betrachtet und verglichen. Für die einzelnen Wirkstoffe wurde immer die PSM-Anwendung mit der höchsten Wirkstoffaufwandmenge selektiert und die entsprechenden Abstandauflagen berücksichtigt. Die ausgewählten Indikationen sind in Tabelle A_6.2-5 im Anhang farbig markiert. Als Aufwandmengen wurden immer die zugelassenen Aufwandmengen verwendet und eine Behandlungsfläche von 33% der Anbaufläche angenommen (Reihenbehandlung im Obst und Weinbau). Falls mehr als eine Applikation je Mittel möglich waren, wurden sie ebenfalls mit der zugelassenen Aufwandmenge berücksichtigt. Als Applikationsdatum wurde für alle Anwendungen ein fester Termin angenommen. Bei Mehrfachapplikationen wurde das 2. Applikationsdatum entsprechend der Wartezeit gesetzt. Die mit SYNOPSIS-WEB analysierten Anwendungen sind für den Obst- und Weinbau in den Tabellen A_6.2-2 und A_6.2-3 im Anhang angegeben.

Als Umweltszenarien wurden für jede Kultur die Bodenparameter und Klimadaten aus zwei unterschiedlichen Anbaugebieten verwendet (Bodensee und Altes Land für den Obstbau sowie Mosel und Mittelrhein für den Weinbau). Als Szenario für Oberflächengewässer wurde der Standardgraben (1 m breit; 0,3 m tief) und ein Abstand von 3 m zum Oberflächengewässer angenommen. Im Anhang in Tabelle A_6.2-4 sind alle notwendigen Umweltparameter für die Risikoanalyse mit SYNOPSIS-WEB angegeben.

Die Ergebnisse der Risikoberechnungen wurden in den Tabellen 17 und 18 zusammengefasst. Für beide im Obstbau betrachteten Umweltszenarien wiesen die Anwendungen von Glyphosat sowohl für die chronischen als auch für die akuten Risikoindizes die niedrigsten Werte auf. Nur geringfügig höhere Risikowerte hatte der Wirkstoff Glufosinat-ammonium.

Glyphosat wies auch im Obstbau (Kernobst) und Weinbau nur sehr niedrige Risikowerte, sowohl im Bereich des akuten, wie auch des chronischen Risikos, basierend auf den in SYNOPSIS berücksichtigten Organismen, auf.

Tab. 17: Risikoindizes herbizider Wirkstoffe für den Apfelanbau, berechnet mit SYNOPSIS-WEB für Umweltszenarien der Anbauggebiete „Bodensee“ und „Altes Land“

	akut		chronisch		Grundwasser
	aquatisch	terrestrisch	aquatisch	terrestrisch	
Bodensee					
Glyphosat	0,0004	0,0008	0,0001	0,0009	0,0000
Glufosinat-ammonium	0,0012	0,0005	0,0002	0,0005	0,0000
Propyzamid	0,0167	0,0062	0,0028	0,0242	0,0000
Pendimethalin	0,0437	0,0037	0,0061	0,0367	0,0000
Isoxaben	0,1031	0,0009	0,0182	0,0086	0,0091
MCPA	0,1700	0,0024	0,0864	0,0217	0,8203
Dimethenamid-P	0,6846	0,0017	0,3016	0,0038	0,0008
Altes Land					
Glyphosat	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
Glufosinat-ammonium	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Propyzamid	0,017	0,007	0,042	0,027	0,000
Isoxaben	0,035	0,001	0,095	0,010	0,000
MCPA	0,038	0,003	0,278	0,025	0,257
Pendimethalin	0,044	0,004	0,094	0,041	0,000
Dimethenamid-P	0,095	0,002	0,802	0,004	0,000

Quelle: eigene Berechnungen

Für beide im Weinbau betrachteten Umweltszenarien wiesen die Anwendungen von Glyphosat, Glufosinat-ammonium und Napropamid sowohl für die chronischen als auch für die akuten Risikoindizes die niedrigsten Werte auf (Tabelle 18).

Tab. 18: Risikoindizes herbizider Wirkstoffe für den Weinbau, berechnet mit SYNOPSIS-WEB für Umweltszenarien der Anbauggebiete „Mittelrhein“ und „Mosel“

	akut		chronisch		Grundwasser
	aquatisch	terrestrisch	aquatisch	terrestrisch	
Mittelrhein					
Glufosinat-ammonium	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Glyphosat	0,001	0,002	0,000	0,002	0,000
Napropamid	0,002	0,002	0,002	0,023	0,321
Propyzamid	0,017	0,006	0,002	0,025	0,000
MCPA	0,040	0,003	0,019	0,031	0,014
Flazasulfuron	5,827	0,001	0,712	0,014	3,019
Mosel					
Glufosinat-ammonium	0,0002	0,0007	0,0001	0,0007	0,0000
Glyphosat	0,0007	0,0024	0,0001	0,0028	0,0000
Napropamid	0,0020	0,0035	0,0017	0,0349	0,0018
Propyzamid	0,0167	0,0095	0,0021	0,0370	0,0000
MCPA	0,0343	0,0049	0,0166	0,0460	0,0000
Flazasulfuron*	6,1406	0,0021	0,7419	0,0207	0,8837

* Die Tox-Werte (NOEC und LC50) müssen für Flazasulfuron noch überprüft werden. Da keine Tox-Werte für die Wasserlinse vorhanden waren, wurde von SYNOPSIS der Mittelwert der Wirkstoffgruppe berechnet.
Quelle: eigene Berechnungen

6.3 Pflanzenbauliche Wirkungen alternativer Verfahren

Pflanzenbauliche Wirkungen betreffen nur den Ackerbau mit den vielfältigen Anwendungsbereichen glyphosathaltiger Herbizide.

6.3.1 Wirkungen auf Anbausysteme

Beim Verzicht auf Glyphosat ist mit Änderungen im Anbausystem und in der Fruchtfolge zu rechnen. Die Beseitigung des Aufwuchses der Vorkultur (Stoppel) wird dann nicht mehr durch Glypho-

sat erfolgen können, insofern könnten sich Saattermine verschieben oder Tendenzen zu anderen Kulturarten, z. B. Sommerungen, ergeben. In entsprechenden Jahren kann dem Aufwuchs mittels häufigerer Bodenbearbeitung beigegeben werden. Erfahrungen mit Dauerfeldversuchen aus dem ökologischen Landbau zeigten, dass bei Pflugverzicht eine weitgestellte Fruchtfolge und intensive mechanische Unkrautbekämpfung nötig sind (DITTMANN, 2012).

Im Rahmen des Resistenzmanagements, besonders bei Acker-Fuchsschwanz und Gemeinem Windhalm, können sich ebenfalls Änderungen im Saattermin (später) oder der Fruchtfolge (Sommerungen) ergeben (HERRMANN *et al.*, 2014; LANDSCHREIBER, 2014).

6.3.2 Konservierende Bodenbearbeitung

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung kann teilweise auf Glyphosat verzichtet werden. Dies bedingt jedoch eine intensivere Bodenbearbeitung, wie in Kapitel 5.1.2 (Substitution durch mechanische Verfahren) und bei STEINMANN (2013a) ausgeführt wurde.

Dennoch ist es wahrscheinlich, dass der Anteil konservierender Bodenbearbeitung ohne die Verfügbarkeit von Glyphosat zurückgehen würde. Auf Grundlage von Befragungen (370 Betriebe) untersuchte STEINMANN (2013a) die voraussichtliche Entwicklung der Grundbodenbearbeitung in Folge eines Wegfalls von Glyphosat. Die Erhebung ergab, dass als Konsequenz wieder vermehrt der Pflug eingesetzt und sich der Anteil der gepflügten Fläche um 86% erhöhen würde.

Im Rahmen des Modell- und Demonstrationsvorhaben "Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz" im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern, werden bewusst die Glyphosat-Anwendungen auf das notwendige Maß beschränkt. Auf einem Praxisbetrieb, der seine Flächen pfluglos bewirtschaftet, wird Glyphosat nur in Ausnahmefällen nesterweise gegen Wurzelunkräuter und -gräser angewendet, da diese selbst durch eine mehrmalige Bodenbearbeitung nicht ausreichend bekämpft oder durch diese sogar gefördert werden (PETERS und HOLST, 2015).

Die strikte Trennung, kein Pflug versus jedes Jahr pflügen scheint etwas aufzuweichen, da es inzwischen Betriebe gibt, die innerhalb einer Rotation (3 bis 5 Jahre) einmal pflügen (REICH *et al.*, 2006). Ob neue Verfahren, z. B. Strip-till (z. B. KÜPER, 2012; ENGBERINK, 2013) oder Vertical Tillage (STEINERT, 2013) hier eine Reduzierung der Anwendung von Herbiziden, besonders von Glyphosat erbringen, ist derzeit noch nicht endgültig abzusehen, aber eher nicht zu erwarten.

6.4 Ökonomische Wirkungen alternativer Verfahren

Die ökonomischen Wirkungen der Anwendung von Glyphosat und alternativen Verfahren wurden betriebswirtschaftlich für beispielhafte Fruchtfolgen im Ackerbau und für den Apfelanbau bewertet und die durch den Glyphosatverzicht zu erwartenden zusätzlichen (oder entfallenden) betrieblichen Kosten und Erlöse ermittelt. Im Folgenden werden zunächst die Grundlagen und Annahmen der Berechnungen ausführlich dargestellt, um anschließend die Ergebnisse nachvollziehen und einordnen zu können.

6.4.1 Methodische Grundlagen

Welchen betriebswirtschaftlichen Einfluss der Verzicht auf die Anwendung von Glyphosat hat, wurde durch den Vergleich der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit eines Anbausystems mit Glyphosat und eines ohne Glyphosat berechnet. Da lediglich der Einfluss von Glyphosat bzw. dessen Ersatz bestimmt werden sollte, eignete sich die Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) als Kenngröße der Kosten-Leistungsrechnung. Die PSKFL umfasst die Erlöse und alle Kosten, die in direktem Zusammenhang mit der Anwendung von Glyphosat bzw. mit dessen Ersatz stehen. Darüberhinausgehende Aufwendungen für Pflanzenschutz wurden nicht berücksichtigt. Im Ackerbau erfolgte die Berechnung der PSKFL für jedes Fruchtfolgeglied (es wurden dreigliedrige Fruchtfolgen, bestehend aus den Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps und Körnermais unterstellt, siehe dazu Kapitel 6.4.2.1). Im Apfelanbau wurde die PSKFL für jedes Standjahr berechnet. Im nächsten Schritt wurden die PSKFL der Einzeljahre zum Nettobarwert (NBW) abgezinst. Der NBW ermöglicht es, die in unterschiedlichen Jahren anfallenden PSKFL der Fruchtfolgeglieder zu einer ökonomischen Kenngröße zusammenzufassen, Julius-Kühn-Archiv, 451, 2015

um so die ökonomische Vorzüglichkeit der Fruchtfolgen miteinander zu vergleichen. Der NBW wurde im Ackerbau für die Laufzeit der Fruchtfolgen (3 Jahre) bzw. im Obstbau für die Standzeit der Anlagen (20 Jahre) berechnet. Anhand der Annuitätenmethode wurde der NBW anschließend, zur besseren Vergleichbarkeit, in eine jährliche Größe umgerechnet. Die Differenz der Annuitäten eines Anbausystems mit und eines ohne Glyphosat gab schließlich Aufschluss darüber, welche betriebswirtschaftlichen Folgen der Verzicht auf Glyphosat hatte. Die methodischen Grundlagen der verwendeten ökonomischen Kenngrößen finden sich in der nachfolgenden Übersicht.

Übersicht: Verwendete ökonomische Kenngrößen

Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL)

Zur Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung wurden alle Betriebsmittelkosten berücksichtigt, die direkt mit der Glyphosatbehandlung bzw. mit deren mechanischer oder chemischer Substitution assoziiert waren, sowie alle Maßnahmen die Einfluss auf den Pflanzenschutz hatten. Die PSKFL umfasste folglich nicht alle Kosten des Pflanzenschutzes, sondern lediglich die Kosten der Glyphosatbehandlungen oder deren Alternativen.

Darunter fielen in den **Glyphosatvarianten** die Kosten der Pflanzenschutzmaßnahme (Mittelkosten; Ausbringungskosten: Maschinenkosten, Lohnkosten), die Kosten der flachen Bodenbearbeitung nach der Ernte, die Kosten der Grundbodenbearbeitung (Pflug oder Tiefgrubber), ggf. die Kosten der Trocknung des Erntegutes sowie die Zinskosten des gebundenen Kapitals.

In den **Varianten ohne Glyphosat** wurden die Kosten der mechanischen bzw. chemischen Glyphosatalternativen, die Kosten der flachen Bodenbearbeitung nach der Ernte, die Kosten der Grundbodenbearbeitung, ggf. die Kosten der Trocknung des Erntegutes sowie die Zinskosten des gebundenen Kapitals berücksichtigt.

Die Summe dieser pflanzenschutzassoziierten Kosten wurde vom Erlös der Kultur subtrahiert. Die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung ergab sich folglich aus:

$$PSKFL = \text{Erlös} - (\text{Pflanzenschutzassoziierte Kosten} + \text{Zinskosten})$$

Nettobarwert (NBW)

Mit Hilfe des NBW können bei Fruchtfolgen bzw. Obstanlagen trotz der in unterschiedlichen Jahren anfallenden PSKFL (Zahlungsströme zu unterschiedlichen Zeitpunkten) die einzelnen Jahren miteinander vergleichbar gemacht werden. Dabei werden die PSKFL eines jeden Fruchtfolgejahres bzw. Standjahres auf das Anfangsjahr abgezinst. Die Summe der einzelnen diskontierten Beträge nennt man NBW oder Kapitalwert (z.B. in HANUSCH *et al.*, 1994).

$$NBW = \sum_{t=1}^T \left(\frac{PSKFL_t}{(1+i)^t} \right)$$

NBW: Nettobarwert (auch Kapitalwert genannt)

T: Gesamtbetrachtungszeitraum (hier: 3 Jahre im Ackerbau bzw. 20 Jahre im Obstbau)

t: jeweiliges Jahr

i: Diskontierungsfaktor/ Zinsansatz (hier: 4%)

Annuität (A)

Die Annuitätenmethode ermöglicht die gleichmäßige Verteilung des NBW über einen festgelegten Zeitraum hinweg (WÖHE und DÖRING, 2010). Dadurch kann eine Aussage getroffen werden, welche jährlichen Kosten durch einen Verzicht auf Glyphosat entstehen.

$$A = NBW * ANF_{T,i}$$

$$ANF_{T,i} = \frac{(1+i)^T * i}{(1+i)^T - 1}$$

A: Annuität

ANF: Annuitätenfaktor (auch Kapitalwiedergewinnungsfaktor genannt)

T: Gesamtbetrachtungszeitraum (hier: 3 Jahre im Ackerbau bzw. 20 Jahre im Obstbau)

i: Zinsansatz (hier: 4%)

6.4.2 Ackerbau

Für den Ackerbau erfolgte die Berechnung der betriebswirtschaftlichen Folgen eines Glyphosatverzichts auf Basis dreigliedriger Fruchtfolgen. Im Folgenden werden die zugrundeliegenden Annahmen und Rechenschritte erläutert. Eine zusammenfassende Übersicht der Annahmen zur Berechnung des Glyphosatverzichts im Ackerbau, findet sich im Anhang A_6.4-1.

6.4.2.1 Vorgehensweise und Annahmen

Für die betriebswirtschaftliche Bewertung mussten zunächst die Anwendungsmöglichkeiten der glyphosathaltigen Herbizide und ihrer Alternativen in den zu untersuchenden Kulturen bzw. Fruchtfolgen im Detail bekannt sein, um möglichst viele Kosten und Ertragswirkungen möglichst eindeutig zuordnen zu können. Im Ackerbau gibt es die drei Anwendungsbereiche (1) Sikkation, (2) Stoppelbehandlung und (3) Vorsaatsbehandlung (siehe Kapitel 3). In Abbildung 7 wurden bereits die Anwendungsmöglichkeiten glyphosathaltiger Herbizide schematisch dargestellt.

Folgende Annahmen wurden für die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide und deren Alternativen getroffen:

Die **Sikkation** mit Glyphosat erfolgt laut auf lediglich 2% (SCHULTE *et al.* 2015) bis 4% STEINMANN (2013a) der Ackerfläche und hat einen Anteil von 11,2% an allen Glyphosatbehandlungen (STEINMANN *et al.*, 2012). Eine Alternative zur Sikkation existiert nur für Raps (Wirkstoff: Deiquat). Da Sikkation in Getreide nur auf Teilflächen zulässig ist, wurde in den Varianten mit Sikkation von einem sikkatierten Flächenanteil von 50% ausgegangen. Dies wurde zur besseren Vergleichbarkeit auch beim Winterraps unterstellt.

Laut STEINMANN (2013a) erfolgen 68% der Glyphosatbehandlungen auf der Stoppel. Es wurde davon ausgegangen, dass Glyphosat zur **Stoppelbehandlung** durch 1 bis 3 zusätzliche mechanische Arbeitsgänge annähernd wirkungsgleich substituiert werden kann. Die Anwendung von Glyphosat zur Stoppelbehandlung beim gleichzeitigen Einsatz des Pfluges ist selten.

21% der Glyphosatbehandlungen erfolgen laut STEINMANN (2013a) zur Vorsaatsbehandlung. Die Glyphosatanwendung zur **Vorsaatsbehandlung** kann ebenfalls durch 1 bis 3 zusätzliche mechanische Arbeitsschritte substituiert werden.

Aufgrund der vorgeschriebenen 90 Tage zwischen zwei Glyphosatanwendungen ist die Anwendung in Winterungen in der Regel entweder auf der Stoppel oder zur Vorsaatsbehandlung möglich. Wurde die Kultur vor einer Winterung sikkatiert, so ist zudem eine anschließende Stoppelbehandlung kaum möglich. Eine anschließende Vorsaatsbehandlung kann nur bei einer späten Folgekultur erfolgen.

Unter Berücksichtigung dieser zulassungsbedingten Einschränkungen wurden **sechs Anwendungsvarianten** für Glyphosat gewählt und berechnet (Tabelle 19).

Die in Tabelle 19 aufgeführten Varianten wurden jeweils mit einem Anbausystem verglichen, in dem die entsprechenden Glyphosatbehandlungen, sofern ackerbaulich sinnvoll, mechanisch ersetzt wurden.

Die Varianten mit anschließender Winterung (Varianten 1, 2 und 3) sind auf winterungsdominierte **Fruchtfolgen** anwendbar. Für die Varianten, deren Glyphosat-anwendung eine anschließende Sommerung vorsah, wurden Beispielfruchtfolgen verwendet, die mindestens ein Sommergetreide beinhalten.

Tab. 19: Anwendungsvarianten von Glyphosat unter Berücksichtigung zulassungsbedingter Einschränkungen

Variante	Sikkation	Stoppel	Vorsaat	Folgekultur	Beschreibung der Glyphosatvarianten
Variante 1 "Sikkation und Vorsaat"	x		x (spät)	W (spät)	In dieser Variante wurde unterstellt, dass in der Vorkultur sikkirt wird. Bei anschließender Winterung, kann Glyphosat aufgrund der 90 Tage, die zwischen zwei Behandlungen liegen müssen, lediglich als Vorsaatbehandlung in einer späten Folgekultur angewendet werden.
Variante 2 "Stoppel"		x		W*	Wurde Glyphosat in der Stoppel verwendet, war bei anschließender Winterung keine weitere Glyphosatbehandlung möglich. Diese Variante ließ eine Winterung oder Sommerung im Anschluss zu.
Variante 3 "Vorsaat"			x	W*	In Variante 3 wurde unterstellt, dass lediglich eine Vorsaatbehandlung durchgeführt wird. Es konnte sowohl eine Winterung als auch eine Sommerung anschließen.
Variante 1a "Sikkation und Vorsaat"	x		x	S	Glyphosat wurde zur Sikkation in der Vorkultur sowie zur Vorsaatbehandlung bei anschließender Sommerung angewendet.
Variante 1b "Sikkation, Stoppel und Vorsaat"	x	x	x	S	Nach Sikkation der Vorkultur wurde Glyphosat sowohl auf der Stoppel als auch zur Vorsaat bei anschließender Sommerung angewendet. Zwischen den Behandlungen liegen mindestens 90 Tage. Die Vorsaatbehandlung erfolgte im nächsten Kalenderjahr, da sie nach frühestens 90 Tagen möglich ist.
Variante 2a "Stoppel und Vorsaat"		x	x	S	In Variante 2a wurde von einer anschließenden Sommerung ausgegangen, sodass Glyphosat in der Stoppel und im darauffolgenden Frühjahr zur Vorsaatbehandlung angewendet werden konnte.

W = Winterung; S = Sommerung; * Sommerung möglich, wird jedoch nicht berechnet

Die Varianten 1, 2 und 3 wurden jeweils für drei winterungsdominierte Beispielfruchtfolgen berechnet:

- Fruchtfolge 1 „Winterung“: Winterraps – Winterweizen – Winterweizen
- Fruchtfolge 2 „Winterung“: Mais – Winterweizen – Winterweizen
- Fruchtfolge 3 „Winterung“: Winterraps – Winterweizen – Wintergerste

In den Varianten 1a, 1b und 2a wurden zwei Beispielfruchtfolgen gewählt, die mindestens ein Sommergetreide beinhalten:

- Fruchtfolge 1 „Sommerung“: Mais – Winterweizen – Sommergerste
- Fruchtfolge 2 „Sommerung“: Winterraps – Winterweizen – Sommergerste

Weiterführende Informationen zur Auswahl der Fruchtfolgen finden sich im Anhang in A_6.4-2.

Zusätzlich wurde jede Variante für ein Anbausystem mit und ohne Pflug sowie mit und ohne Trocknung des Erntegutes berechnet. Eine schematische Darstellung der sechs Varianten findet sich in den Abbildungen 8 bis 13. Darin werden für alle Varianten die den Berechnungen zugrunde liegenden Arbeiten im Kulturverlauf aufgezeigt.

Aus der Kombination aller sechs Anwendungsvarianten von Glyphosat, jeweils mit Pflug- und ohne Pflugeinsatz sowie mit und ohne Trocknung des Erntegutes berechnet, bei jeweils drei bzw. zwei Fruchtfolgen, ergaben sich die in Tabelle 20 dargestellten Berechnungskombinationen.

Tab. 20: Berechnete Varianten

	Bodenbe- arbeitung	Trocknung (wenn nicht sikkiert)	Sikkation	Stoppel	Vorsaat	Folge- kultur	Anzahl FF
Variante 1	Pflug	ja	x		x	W (spät)	3
“Sikkation & Vorsaat”	Pflug	nein	x		x	W (spät)	3
	Pfluglos	ja	x		x	W (spät)	3
	Pfluglos	nein	x		x	W (spät)	3
Variante 2	Pflug	ja		x		W*	3
“Stoppel”	Pflug	nein		x		W*	3
	Pfluglos	ja		x		W*	3
	Pfluglos	nein		x		W*	3
Variante 3	Pflug	ja			x	W*	3
“Vorsaat”	Pflug	nein			x	W*	3
	Pfluglos	ja			x	W*	3
	Pfluglos	nein			x	W*	3
Variante 1a	Pflug	ja	x		x	S	2
“Sikkation & Vorsaat”	Pflug	nein	x		x	S	2
	Pfluglos	ja	x		x	S	2
	Pfluglos	nein	x		x	S	2
Variante 1b	Pflug	ja	x	x	x	S	2
“Sikkation, Stoppel & Vorsaat”	Pflug	nein	x	x	x	S	2
	Pfluglos	ja	x	x	x	S	2
	Pfluglos	nein	x	x	x	S	2
Variante 2a	Pflug	ja		x	x	S	2
“Stoppel & Vorsaat”	Pflug	nein		x	x	S	2
	Pfluglos	ja		x	x	S	2
	Pfluglos	nein		x	x	S	2
						Summe	60

FF = Fruchtfolge, W = Winterung, S = Sommerung

* Sommerung möglich, wird jedoch nicht berechnet

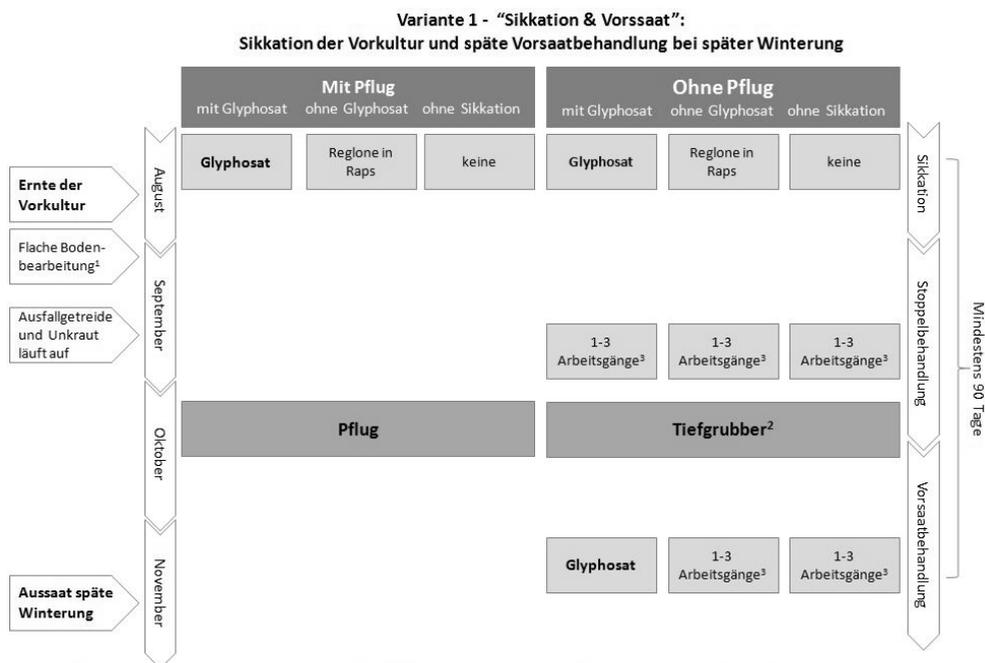


Abb. 8: Schematische Darstellung der Variante 1 – „Sikkation und Vorssaat“ bei anschließender Winterung

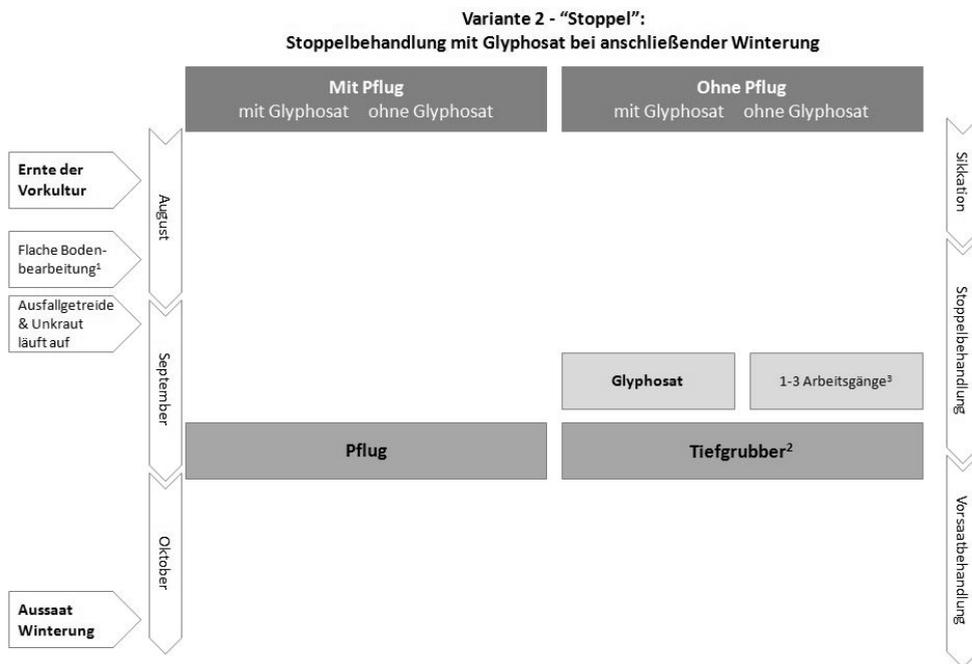


Abb. 9: Schematische Darstellung der Variante 2 – „Stoppel“ bei anschließender Winterung

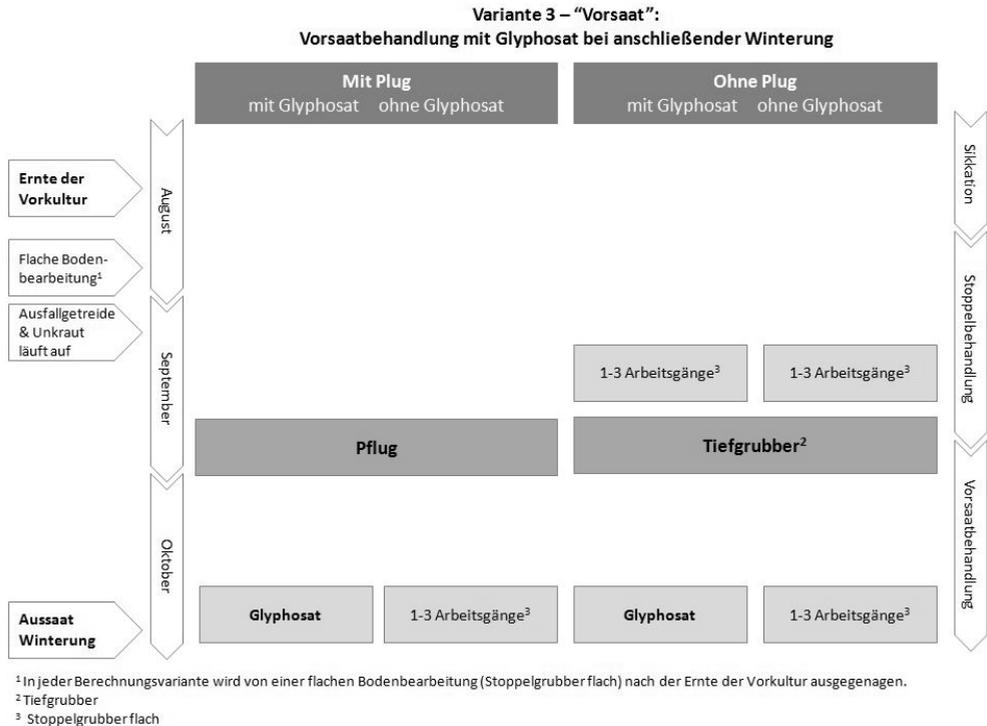


Abb. 10: Schematische Darstellung der Variante 3 – „Vorsaat“ bei anschließender Winterung

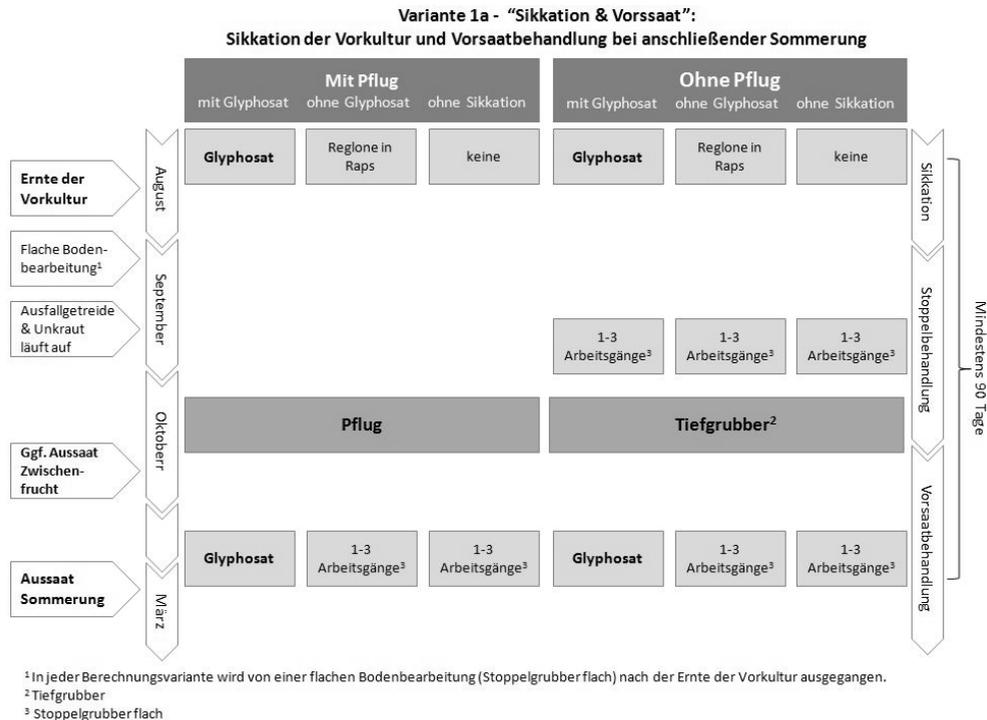


Abb. 11: Schematische Darstellung der Variante 1a – „Sikkation & Vorsaat“ bei anschließender Sommerung

6.4.2.2 Berechnung von Erlös, Kosten und Pflanzenschutzkostenfreier Leistung

Berechnung des Erlöses

Der Erlös wurde auf Basis der durchschnittlichen Erzeugerpreise in Deutschland und den durchschnittlichen Erträgen zwischen 2007 und 2012 - siehe Tabelle 21 - berechnet (AMI, verschiedene Jahrgänge; STATISTISCHES BUNDESAMT, verschiedene Jahrgänge). Eine ausführliche Darstellung der Erzeugerpreise und Erträge ist im Anhang in A_6.4-3 und Tabelle A_6.4-4 zu finden.

Der Erzeugerpreis von Winterweizen wurde mit 18,32 €/dt veranschlagt. Bei einem mittleren Ertrag von 74,5 dt/ha lag der Erlös je Hektar bei 1.365 €. Die Hektarerlöse von Wintergerste, Sommergerste, Winterraps bzw. Körnermais liegen unterhalb dieser Preis- und Ertragsannahmen bei 1.006 €, 957 €, 1.320 € und 1.717 €.

Tab. 21: Ertrags- und Erzeugerpreisannahmen (Mittelwerte der Jahre 2007-2012) sowie die Ausgangerlöse

	Winterweizen	Wintergerste	Sommer-gerste	Winterraps	Mais
Erzeugerpreis (€/dt)	18,32	15,80	19,46	36,06	17,27
Ertrag (dt/ha)	74,5	63,7	49,2	36,6	99,4
Erlös (€/ha)	1.365	1.006	957	1.320	1.717

Quelle: AMI und Statistisches Bundesamt (verschiedene Jahrgänge)

Ertragsrelevante Anbautechniken wurden durch Ertragsauf- bzw. Ertragsabschläge ausgehend von den in Tabelle 21 dargestellten Durchschnittserträgen berücksichtigt. Ertragsabschläge in Höhe von 0 bis 5% wurden kalkuliert, wenn kein Glyphosat angewendet wurde und stattdessen eine mechanische Unkraut- und Durchwuchsbekämpfung erfolgte (die in ihrer Wirkungsäquivalenz nach Experteneinschätzung meist geringer ist) sowie bei pflugloser Bodenbearbeitung (siehe SCHWARZ und PALLUTT, 2012). Bei Sikkation wurde ein Ertragsaufschlag einkalkuliert. Dabei wurde unterstellt, dass durch Sikkation die Ernteverluste um 0 bis 5% reduziert werden können. Die Sikkation ist lediglich auf Teilflächen zulässig (vgl. Kapitel 6.4.2.1). In den hier vorgenommenen Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass die Hälfte des Schlages behandelt wird. Die Annahmen zur Berechnung des Ertrags sind Tabelle 23 zu entnehmen.

Tabelle A_6.4-5 im Anhang veranschaulicht am Beispiel Winterraps in einer Glyphosat- und einer pfluglosen Variante mit alternativer Sikkation durch Reglone, wie sich der Ertrag berechnet.

Berechnung der Kosten der Anwendung von Glyphosat bzw. dessen Alternativen

Zur Berechnung der PSKFL wurden die Kosten der Arbeitsgänge, Pflanzenschutzmittelkosten und Trocknungskosten berücksichtigt.

Die veranschlagten Kosten der hier kalkulierten Arbeitsgänge (Ausbringung von Herbiziden, flache Bodenbearbeitung nach der Ernte, mechanische Pflanzenschutzmaßnahmen, Einsatz von Pflug bzw. Tiefgrubber), setzten sich aus den fixen und variablen Maschinenkosten und den Lohnkosten von 17,50 €/Akh zusammen. In den fixen Maschinenkosten sind Abschreibung, Zinsansatz für das gebundene Kapital (4% p.a.), Versicherungskosten und Wartung enthalten. Die variablen Maschinenkosten beinhalten die Kosten der Betriebsstoffe und Reparaturen. Tabelle 22 gibt eine Übersicht der Arbeitsgänge und der kalkulierten Kosten.

Tab. 22: Kosten der Arbeitsgänge Pflanzenschutzmittelausbringung (PSM-Ausbringung) und Bodenbearbeitung auf einem 10 ha Schlag und einer Feld-Hof-Entfernung von 1 km

		PSM-Ausbringung	Flache Bodenbearbeitung/ Mech. Unkrautbekämpfung	Pflug	Tiefgrubber
Beschreibung des Arbeitsganges		Anhängepflanzen- schutzspritze 27 m, 3000 l, 67 kW, 200 l/ha	Stoppelgrubber flach 4 m, 83 kW	Beetpflug, aufgesattelt 120 kW, 2,8 m, 8 Schare	Schwergrubber 4,5 m, 120 kW
Arbeitsaufwand je Überfahrt	Akh/ha	0,11	0,31	0,85	0,52
Lohnansatz	€/Akh	17,5	17,5	17,5	17,5
Flächenleistung	ha/h	10	3,7	1,35	2,13
Maschinenkosten (fix und variabel)	€/ha	6,65	18,68	52,12	34,88
Kosten je Überfahrt	€/ha	8,58	24,11	67,00	43,98

Quelle: KTBL (Feldarbeitsrechner, Stand 11.11.2014)

Die Berechnung der **Pflanzenschutzmittelkosten** erfolgte auf Grundlage der Preise von Roundup Power Flex (9,9 €/l) als glyphosathaltiges Herbizid und von Reglone (14,5 €/l) als deiquathaltige Sikkationsalternative im Raps. Die Pflanzenschutzmittelpreise stammten aus der Agravis Preisliste 2014 (Roundup Power Flex) bzw. von der Raiffaisenhandelsgenossenschaft Nord AG in Groß Kreuz (telefonische Auskunft zum Preis von Reglone 2014). Für die Stoppel- bzw. Glyphosatanwendungen mit Roundup Power Flex beliefen sich die Mittelkosten bei voller Aufwandmenge gemäß Zulassung in diesen Indikationen (3,75 l/ha) auf 37,13 €/ha. Die Kosten der Sikkation mit Roundup Power Flex lagen trotz gleicher Aufwandmenge im Getreide bei 18,56 €/ha, da die Behandlung einer Teilfläche von 50% unterstellt wurde. In Raps ist die zulässige maximale Aufwandmenge mit 3 l/ha etwas geringer als in Getreide, so dass sich bei Sikkation der Hälfte der Fläche Mittelkosten in Höhe von 14,85 €/ha ergaben. Die Mittelkosten bei Sikkation mit Reglone lagen bei 14,50 €/ha. Eine Auflistung der der Berechnung zugrunde liegenden Indikationen findet sich im Anhang in A_6.4-6 und in Tabelle A_6.4-7.

Die **Trocknungskosten** des Erntegutes entsprechen den Angaben der KTBL Datensammlungen 2014. Unterstellt wurde die Trocknung durch einen Lohnunternehmer. Je getrocknete Dezitonne wurden 1,73 € bei Getreide und 1,14 € bei Raps als Grundbetrag zuzüglich 0,27 € (Getreide) bzw. 0,22 € (Raps) je dt und %-Punkt Feuchteentzug veranschlagt. Ferner wurde davon ausgegangen, dass durch die Trocknung die Kornfeuchte um 0 bis 2% im Getreide und 0 bis 1% im Raps reduziert werden soll.

Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung

Die PSKFL berechnete sich aus dem Erlös unter Berücksichtigung anbautechnischer Ertragsauf- und -abschläge, abzüglich der Kosten der Glyphosatbehandlungen bzw. deren mechanischer Ersatzmaßnahmen, den Kosten für den Pflug bzw. Tiefgrubbereinsatz und ggf. den Trocknungskosten. Der Vollständigkeit halber wurden auch die Kosten einer flachen Bodenbearbeitung nach der Ernte berücksichtigt. Diese unterschieden sich zwischen den Varianten nicht, wurden aber als Grundvoraussetzung für die anschließende Pflanzenschutzmaßnahme gesehen. Wie die PSKFL im Ackerbau berechnet wurde, kann Tabelle 23 entnommen werden.

Tab. 23: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung im Ackerbau

	Glyphosatvarianten	Glyphosatfreie Varianten	Quellen
Leistungen der Beispielpflanzenkulturen			
Ausgangsertrag	Mittlerer Ertrag in Deutschland in den Jahren 2007-2012		Statistische Jahrbücher und AMI Marktbilanzen (verschiedene Jahrgänge)
Abschläge	0-5% Ertragsreduktion bei pflugloser Bewirtschaftung	0-5% Ertragsreduktion bei glyphosatsfreier Variante 0-5% Ertragsreduktion bei pflugloser Bewirtschaftung	Expertenschätzung; SCHWARZ und PALLUTT (2012)
Aufschläge	0-5% geringere Ernteverluste auf sikkierter Fläche	0-5% geringere Ernteverluste auf der sikkierter Teilfläche (nur bei Sikkation mit Wirkstoff Deiquat in Raps relevant)	FEIFFER <i>et al.</i> (2005) FEIFFER (2007)
Erzeugerpreise	Mittlere Erzeugerpreise in Deutschland in den Jahren 2007-2012		Statistische Jahrbücher und AMI Marktbilanzen (verschiedene Jahrgänge)
Erlös	(Ausgangsertrag – Abschläge + Aufschläge) * Erzeugerpreis		
Pflanzenschutzassoziierte Kosten			
Sikkation	Ggf. mit Glyphosat Raps: 14,85 €/ha (=3 l Roundup Power Flex/ha * 9,9€/l 50% der Fläche) Getreide: 18,56 €/ha (=3,75 l Roundup Power Flex * 9,9 €/l x 50% der Fläche)	Ggf. in Raps mit Wirkstoff Deiquat Raps: 29 €/ha (=2l Reglone/ha * 14,50 €/l * 50% der Fläche)	Indikationen gemäß BVL-Zulassung, Stand 10.02.15; Pflanzenschutzmittelpreise: Raiffeisenhandelsgenossenschaft Nord AG in Groß Kreutz (Havel), Agravis Preisliste 2014, Preis je Liter im größtmöglichen Gebinde
Bodenbearbeitung	24,11 €/ha (Stoppelgrubber flach, 4m, 83 kW)		KTBL-Feldarbeitsrechner, Stand 11.11.2014
Stoppelbehandlung	37,13 €/ha (=3,75 l Roundup Power Flex * 9,9 €/l)	24,11 €/ha (Stoppelgrubber flach, 4 m, 83kW, meist 1-3 Maßnahmen notwendig)	Indikationen gemäß BVL-Zulassung, Stand 10.02.15; Pflanzenschutzmittelpreise: siehe oben Feldarbeitsrechner KTBL, Stand 11.11.2014
Bodenbearbeitung	Pflug: 67,00 € (Beetpflug, aufgesattelt, 120kW, 8 Schare, 2,8 m) Tiefgrubber: 43,98 € (Schwergrubber, 4,5 m, 120kW)		KTBL-Feldarbeitsrechner, Stand 11.11.2014
Vorsaat-behandlung	37,13 €/ha (=3,75 l Roundup Power Flex * 9,9 €/l)	24,11€/ha je Überfahrt (Stoppelgrubber flach, 4 m, 83 kW, meist 1-3 Maßnahmen notwendig)	Indikationen gemäß BVL-Zulassung, Stand 10.02.15 Pflanzenschutzmittelpreise: siehe oben KTBL-Feldarbeitsrechner, Stand 11.11.2014
PSM-Ausbringung	8,58 €/ha je Überfahrt (Anhängerpflanzenschutzspritze, 27 m, 3.000 l, 67 kW, 200 l Wasser/ha)		KTBL-Feldarbeitsrechner, Stand 11.11.2014
Zinskosten	Verzinsung des gebundenen Kapitals mit 4% p.a. über 3 Monate		
Pflanzenschutzkostenfreie Leistung = Erlös - Σ Pflanzenschutzassoziierte Kosten			

Quelle: eigene Berechnungen

6.4.2.3 Ergebnisse

In Tabelle 24 sind die Differenzen der Annuitäten der Glyphosatvarianten und der glyphosatsfreien Varianten zusammengefasst. Dies entspricht den durchschnittlichen jährlichen Kosten je Hektar

durch den Verzicht auf Glyphosat. Oder genauer: die jährlichen Mehrkosten bzw. Verluste eines Betriebes, die durch die (mechanische) Substitution von Glyphosat gegenüber derzeit zugelassenen Anwendungsoptionen von Glyphosat in einer dreigliedrigen Fruchtfolge anfallen können.

Ökonomische Auswirkungen des Verzichts auf Glyphosat zur Sikkation und der mechanischen Substitution von Glyphosat zur Vorsaar

(Variante 1 - Winterungsdominierte Fruchtfolgen; Variante 1a – Fruchtfolgen mit Sommerungen)

- In den meisten Anbausystemen führte Variante 1 zu Verlusten, die sich im Mittel auf 10 bis 85 €/ha und Jahr beliefen (Zeilen 1-4, Spalten B, E, H). Bei Pflugeinsatz und zusätzlicher Trocknung des Erntegutes beliefen sich die Kosten bei Wegfall der Sikkation auf etwa 50 €/ha und Jahr (Zeile 1, Spalten B, E, H). Bei pflugloser Bodenbearbeitung in den winterungsdominierten Fruchtfolgen lagen die Kosten jährlich bei etwa 80 €/ha (Zeile 3 / Spalten B, E, H). In den Fruchtfolgen mit Sommerungen hingegen lagen die Kosten leicht darunter bei ca. 70 €/ha und Jahr, wobei die Bodenbearbeitung keinen Effekt hatte (Zeilen 13, 15 / Spalten B, E). Ökonomisch vorteilhaft war die mechanische Glyphosatsubstitution bei gleichzeitigem Verzicht auf Sikkation in einem gepflügten Bestand, der nicht getrocknet werden musste (Zeile 2 / Spalten B, E, H).
 - **Unter günstigen Bedingungen**, wenn trotz des Verzichts auf die Sikkation keine Trocknung notwendig war, und die mechanische Glyphosatsubstitution keine Ertragseinbußen zur Folge hatte, waren nur geringe Verluste, oder sogar zusätzliche Einnahmen das Ergebnis (Zeilen 1-4/ Spalten C, F, I). In den Fruchtfolgen mit Sommerungen war das Ergebnis mit 7 bis 19 €/ha und Jahr an zusätzlichen Einnahmen sogar durchweg positiv (Zeilen 13-16 / Spalten C, F).
 - **Unter ungünstigen Bedingungen**, wenn trotz mehrfacher zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge Ertragsverluste in Kauf genommen werden mussten, und der Verzicht auf Sikkation eine anschließende Trocknung zur Folge hatte, war der Betrieb mit hohen zusätzlichen Kosten konfrontiert. In den Beispielfruchtfolgen beliefen sich die maximalen zusätzlichen Kosten auf fast 100 bis 200 €/ha und Jahr (Zeilen 1, 3, 13, 15 / Spalten A, D, G).
- ➔ **Unter günstigen Bedingungen war der Verzicht auf Sikkation und die mechanische Substitution von Glyphosat zur Vorsaar betriebswirtschaftlich vorteilhafter als die Anwendung von Glyphosat. Weniger günstige Bedingungen können jedoch zu erheblichen Kosten führen.**

Ökonomische Auswirkungen der mechanischen Substitution von Glyphosat zur Stoppelbehandlung

(Variante 2 - Winterungsdominierte Fruchtfolgen)

- Bei Einsatz des Pfluges war eine **Stoppelbehandlung** mit Glyphosat meist verzichtbar (Variante 2). In Einzelfällen, z. B. auf erosionsgefährdeten Standorten, könnte die Vermeidung zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge und stattdessen die Anwendung von Glyphosat jedoch sinnvoller sein. Bei pflugloser Bodenbearbeitung war der Verzicht auf Glyphosat zur Stoppelbehandlung meist ökonomisch ungünstig.
 - **Unter günstigen Bedingungen**, wenn bereits mit einem zusätzlichen Bodenbearbeitungsgang eine Wirkungsäquivalenz erzielt wurde, war die mechanische Stoppelbehandlung auch bei pflugloser Bodenbearbeitung vorteilhaft. In diesem Fall konnten Mehreinnahmen in Höhe von 14 bis 30 €/ha und Jahr erzielt werden (Zeilen 7, 8/Spalten C, F, I).
 - **Unter ungünstigen Bedingungen**, wenn trotz 2 bis 3 zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge Ertragseinbußen auftraten, führte der Verzicht auf Glyphosat zur Stoppelbehandlung zu jährlichen Kosten in Höhe von 55 bis 89 €/ha (Zeilen 7, 8/Spalten A, D, G).
- ➔ **Bei Einsatz des Pfluges ist eine Stoppelbehandlung mit Glyphosat meist verzichtbar. Bei pflugloser Bodenbearbeitung sind nur unter günstigen Bedingungen Mehreinnahmen realisierbar.**

Ökonomische Auswirkungen der mechanischen Substitution von Glyphosat zur Vorsaarbehandlung

(Variante 3 – Winterungsdominierte Fruchtfolgen)

- Meist war der Verzicht auf Glyphosat zur Vorsaatbehandlung mit Verlusten verbunden. Die mechanische Substitution der Vorsaatbehandlung mit Glyphosat führte je nach Fruchtfolge im Durchschnitt zu Kosten in Höhe von 16 bis 35 €/ha und Jahr (Zeilen 9-12/ Spalten B, E, H). Die Art der Bodenbearbeitung hatte dabei keinen nennenswerten Einfluss auf die ökonomischen Auswirkungen des Glyphosatverzichts (Zeilen 9-12).
 - **Unter günstigen Bedingungen** (bei Wirkungsäquivalenz mit einem zusätzlichen Bearbeitungsgang) führte die mechanische Substitution der Vorsaatbehandlung mit Glyphosat zu einem Mehrerlös von bis zu 22 €/ha und Jahr (Zeilen 9-12/ Spalten C, F, I).
 - **Unter ungünstigen Bedingungen**, wenn keine Wirkungsäquivalenz erzielt werden konnte und mehrere zusätzliche Arbeitsgänge notwendig waren, führte die mechanische Vorsaatbehandlung zu Kosten von bis zu 100 €/ha und Jahr (Zeilen 9-12/ Spalten A, D, G).
- ➔ **Ein Glyphosatverzicht bei der Vorsaatbehandlung ist häufig schwierig, unter günstigen Bedingungen (Wirkungsäquivalenz der alternativen Maßnahmen) jedoch wirtschaftlich vorteilhaft. Trocknung des Erntegutes und Art der Bodenbearbeitung haben keinen Einfluss auf die ökonomischen Auswirkungen des Glyphosatverzichts.**

Ökonomische Auswirkungen des Verzichts auf Glyphosat zur Sikkation

(Variante 1 „Sikkation & Vorsaat“ in winterungsdominierten Fruchtfolgen; Variante 1a „Sikkation & Vorsaat“ und Variante 1b in Fruchtfolgen mit Sommerungen)

- Der ersatzlose Wegfall von Glyphosat zur Sikkation führte meist zu erheblichen Mehrkosten.
 - **Unter ungünstigen Bedingungen**, wenn aufgrund des Wegfalls der Sikkation das Erntegut getrocknet werden musste, fielen je nach Fruchtfolge Kosten von ca. 100 bis 200 €/ha und Jahr an (Zeilen 1, 3, 13, 15, 17, 19 / Spalten A, D, G).
 - **Günstige Bedingungen** für den Verzicht auf Sikkation waren lediglich dann gegeben, wenn durch die Sikkation keine nennenswerten Mehrerträge (keine Reduktion der Ernteverluste) erzielt wurden und im nicht sikkatierten glyphosatrauen Vergleichsbestand keine Trocknung des Erntegutes notwendig war. Unter diesen Bedingungen unterschieden sich die Varianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit kaum (Zeilen 1-4, 13-20/Spalten C, F, I). Tendenziell waren die Kosten des Glyphosatverzichts in den Sikkationsvarianten bei pflugloser Bodenbearbeitung höher als bei Pflugeinsatz, wobei die Fruchtfolgen mit vermehrten Sommerungen zeigten, dass dies nicht immer der Fall war (Zeilen 1, 3; 13, 15; 17, 19).
 - Ein Vergleich der Varianten 1 „Sikkation und Vorsaat“ und 3 „nur Vorsaat“ verdeutlichte, dass der Verzicht auf die Sikkation bei gleichzeitiger Trocknung gerade bei pflugloser Bodenbearbeitung erhebliche Mehrkosten verursachen kann (Vgl. Zeilen 3, 11/Spalten A, D, G).
- ➔ **Der ersatzlose Wegfall von Glyphosat zur Sikkation kann zu hohen Kosten führen. Von entscheidendem Einfluss auf die ökonomischen Folgen des Sikkationsverzichts war, ob das Erntegut stattdessen getrocknet werden musste.**

Ökonomische Auswirkungen des Verzichts auf Glyphosat zur Sikkation und der mechanischen Substitution von Glyphosat zur Vorsaat- und zur Stoppelbehandlung (Maximalvariante)

(Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ in Fruchtfolgen mit Sommerungen)

- Diese Variante verdeutlichte die intensive Anwendung von Glyphosat gemäß der derzeit zugelassenen maximalen Behandlungshäufigkeit. Da drei Anwendungen bei Einsatz des Pfluges in der Regel nicht sinnvoll waren, entspricht die Variante mit Pflug (Zeilen 17, 18) der Variante 1a (Zeilen 13, 14). Bei pfluglosem Anbau kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die dreimalige Anwendung von Glyphosat an besonders problematischen Standorten praktiziert wird. Ein Verzicht auf Glyphosat an solchen Standorten kann zu erheblichen Kosten von bis zu 190 €/ha und Jahr führen (Zeile 19 / Spalte A). Auch unter guten sonstigen Anbaubedingungen (Wirkungsäquivalenz bei nur einem zusätzlichen Bearbeitungsgang) sind Verluste wahrscheinlich (Zeilen 19, 20 / Spalten C, F). Ein Vergleich der Variante 1a mit Variante

2a zeigte, dass der Wegfall der Sikkation mit teilweise über 50% den Großteil dieser Kosten ausmachte (Zeilen 19, 23).

- **Auf Standorten, die auf eine intensive Glyphosatanwendung angewiesen sind, können durch den Wegfall von Glyphosat hohe Kosten anfallen. Der Wegfall von Glyphosat zur Sikkation hat einen erheblichen Anteil an den entstehenden Kosten.**

Tab. 24: Jährliche Kosten des Verzichts auf Glyphosat dargestellt als Differenz der Annuitäten in €/ha und Jahr eines Anbausystems mit Glyphosat und eines mit mechanischer Substitution. Negative Vorzeichen bedeuten Verluste, positive Vorzeichen zusätzliche Einnahmen durch die Substitution von Glyphosat.

Varianten	Jährliche Kosten des Verzichts auf Glyphosat in €/ha und Jahr (max/Ø/min)												Zeile			
	Boden- bearbei- tung	Trock- nung ¹	Sikka- tion	Stop- pel	Vor- saat	Folge- kultur	max	Ø	min	max	Ø	min		max	Ø	min
							FF1			FF2				FF3		
Fruchtfolgen mit hauptsächlich Winterungen:							WRA-WW-WW			Mais-WW-WW			WRA-WW-WG			
Variante 1	Pflug	ja	x		x	W	-103	-57	-11	-94	-50	-7	-95	-52	-8	1
	Pflug	nein			x	W	-11	7	26	-7	6	18	-8	9	26	2
“Sikkation & Vorsaat”	Pfluglos	ja	x		x	W	-172	-85	3	-172	-78	15	-144	-65	14	3
	Pfluglos	nein			x	W	-56	-26	3	-71	-28	15	-34	-10	14	4
Variante 2	Pflug	ja		x		W ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Pflug	nein			x	W ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
“Stoppel”	Pfluglos	ja			x	W ²	-76	-31	14	-83	-34	15	-55	-12	30	7
	Pfluglos	nein			x	W ²	-82	-34	14	-89	-37	15	-61	-15	30	8
Variante 3	Pflug	ja			x	W ²	-79	-32	14	-87	-33	22	-58	-18	22	9
	Pflug	nein			x	W ²	-85	-35	14	-93	-35	22	-64	-21	22	10
“Vorsaat”	Pfluglos	ja			x	W ²	-76	-31	14	-84	-31	22	-55	-16	22	11
	Pfluglos	nein			x	W ²	-82	-34	14	-89	-34	22	-61	-19	22	12
Fruchtfolgen mit mindestens einer Sommerung:							Mais-WW-SG			WRA-WW-SG						
Variante 1a	Pflug	ja	x		x	S	-157	-69	1	-157	-75	7				13
	Pflug	nein			x	S	-68	-25	19	-52	-23	7				14
“Sikkation & Vorsaat”	Pfluglos	ja	x		x	S	-149	-65	19	-149	-71	7				15
	Pfluglos	nein			x	S	-65	-23	19	-49	-21	7				16
Variante 1b	Pflug	ja	x	x	x	S	-157	-69	19	-157	-75	7				17
	Pflug	nein		x	x	S	-68	-25	19	-52	-23	7				18
“Sikkation, Stoppel & Vorsaat”	Pfluglos	ja	x	x	x	S	-189	-89	11	-165	-99	-33				19
	Pfluglos	nein		x	x	S	-105	-47	11	-65	-49	-33				20
Variante 2a	Pflug	ja			x	S	-82	-30	22	-73	-29	14				21
	Pflug	nein			x	S	-86	-32	22	-79	-32	14				22
“Stoppel & Vorsaat”	Pfluglos	ja			x	S	-96	-30	36	-96	-33	29				23
	Pfluglos	nein			x	S	-101	-32	36	-101	-36	29				24
Spalte:							A	B	C	D	E	F	G	H	I	

¹ Trocknung nur wenn nicht sikkert; ² Sommerung möglich, wird jedoch nicht berechnet

FF = Fruchtfolge; W = Winterung; S = Sommerung

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 25 fasst die Ergebnisse grafisch zusammen und gibt eine grobe Einschätzung der zu erwartenden ökonomischen Konsequenzen des Glyphosatverzichts je nach Bodenbearbeitung und Trocknung des Erntegutes. **Dunkelgrau** unterlegt sind Kombinationen, bei denen ökonomische Verluste kaum zu verhindern sind. **Mittelgrau** sind jene Kombinationen, die zwar im Mittel ökonomische Verluste zur Folge haben, in denen aber unter bestimmten Voraussetzungen keine ökonomischen Nachteile oder sogar eine ökonomische Besserstellung erzielt werden kann. **Hellgrau** unterlegt sind Varianten, in denen keine Verluste durch den Verzicht auf Glyphosat zu erwarten sind.

Tab. 25: Zu erwartende ökonomische Konsequenzen der Substitution von Glyphosat auf der Grundlage eigener Berechnungen

		Mit Pflug/ Mit Trocknung	Mit Pflug/ Ohne Trocknung	Ohne Pflug/ Mit Trocknung	Ohne Pflug/ Ohne Trocknung
Fruchtfolgen winterdominiert	Variante 1 "Sikkation & Vorssaat"				
	Variante 2 "Stoppel"				
	Variante 3 "Vorssaat"				
Fruchtfolgen mit Sommerung	Variante 1a "Sikkation & Vorssaat"				
	Variante 1b "Sikkation, Stoppel & Vorssaat"				
	Variante 2a "Stoppel & Vorssaat"				
Legende		Durch den Verzicht auf Glyphosat sind keine ökonomischen Nachteile zu erwarten.			
		Durch den Verzicht auf Glyphosat errechnen sich durchschnittlich mittlere Kosten von bis zu 40 € /ha und Jahr. Unter bestimmten Voraussetzungen sind keine ökonomischen Nachteile bzw. ökonomische Vorteile zu erwarten.			
		Die ökonomischen Verluste sind hoch (im Mittel über 40 € /ha und Jahr) und lassen sich auch unter guten Anbaubedingungen kaum verhindern.			

Quelle: eigene Berechnungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die mechanische Substitution von Glyphosat nicht in jedem Fall teurer ist. In fast allen Varianten kann unter günstigen Voraussetzungen, wenn z. B. durch eine einmalige zusätzliche Bodenbearbeitung eine Wirkungsäquivalenz zu Glyphosat erzielt wird, die mechanische Unkrautbekämpfung zu einem betriebswirtschaftlich identischen oder besseren Ergebnis führen. Standort, Witterung und Anbaupraxis sind dabei wichtige Einflussfaktoren für die ökonomischen Konsequenzen eines Verzichts auf Glyphosat. Schwierig ist der ersatzlose Wegfall von Glyphosat bei der Sikkation, wenn dadurch eine anschließende kostenintensive Trocknung nötig wird.

Die Berechnungen erfolgten unter der Annahme, dass 50% der Fläche sikkirt werden. Die Auswirkungen sikkierter Flächenanteile von 10 bis 100% zeigt Abbildung 14 am Beispiel der Variante 1 „Vorssaat und Sikkation“ mit Pflugeinsatz und Trocknung des Erntegutes in der nicht sikkirten Variante. Der obere Graph zeigt die geringstmöglichen Kosten, die beim Verzicht auf Glyphosat zu erwarten sind. Dies beinhaltet die Annahmen, dass in der Glyphosatvariante durch die Sikkation ein höherer Ertrag erzielt wird (infolge der Verlustminderung), und dass in der glyphosatfreien Variante nicht getrocknet werden muss. Die untere Linie zeigt die Kosten des Glyphosatverzichts für den Fall, dass kein höherer Ertrag durch die Sikkation erzielt wird, der glyphosatfreie Bestand jedoch getrocknet werden muss.

Je höher der sikkerte Flächenanteil, desto geringer werden die maximalen Verluste beim Verzicht auf Glyphosat. Gleichzeitig wird es aber unmöglich auch unter günstigen Bedingungen (das Erntegut muss nicht getrocknet werden), die Vorteile der Sikkation zu kompensieren.

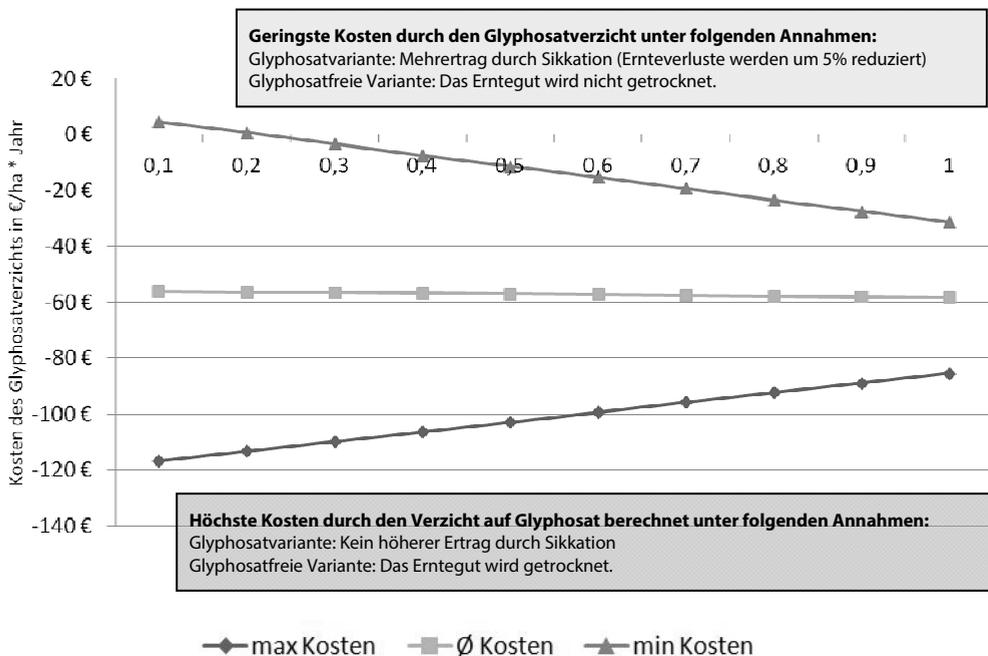


Abb. 14: Kosten des Glyphosatverzichts in Abhängigkeit des sikkerten Flächenanteils (10-100%) am Beispiel der Fruchtfolge 1 (Winterraps-Winterweizen-Winterweizen) in der Variante 1 „Sikkation & Vorsaart“ mit Pflugeinsatz und Trocknung des Erntegutes in der nicht sikkerten Vergleichsvariante (Glyphosatvariante: Glyphosatanwendung zur Sikkation und Vorsaart. Sikkert wird eine Teilfläche, das Erntegut des übrigen Bestandes wird nicht getrocknet; Glyphosatfreie Vergleichsvariante: Substitution der Vorsaartbehandlung durch mechanische Maßnahmen sowie Verzicht auf Sikkation, dafür schlechtestenfalls alternative Trocknung des gesamten Erntegutes; Quelle: eigene Berechnungen)

Die ökonomischen Auswirkungen des Glyphosatverzichts sind bei pfluglosem Anbau etwas größer und ungünstiger als bei Verwendung des Pfluges, jedoch sind sie geringer als erwartet. Unter günstigen Voraussetzungen ist ein Ersatz von Glyphosat durch verfügbare Alternativen auch bei pflugloser Bewirtschaftung ohne wesentliche ökonomische Verluste möglich.

Gute Voraussetzungen für die mechanische Substitution von Glyphosat zur Minimierung der wirtschaftlichen Nachteile für einen Betrieb sind:

- Es stehen ausreichend **Feldarbeitstage** zur Durchführung zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge zur Verfügung.
- Es ist ausreichend **Arbeitskraftkapazität** für zusätzliche Bodenbearbeitungsgänge vorhanden.
- Der Betrieb verfügt über die notwendige **Mechanisierung**.
- Die mechanischen Alternativen sind **wirkungsäquivalent** zur Glyphosatanwendung (= keine Ertragseinbußen)
- Nach der Ernte ist **keine Trocknung** des Erntegutes notwendig.
- Tendenziell ist der Verzicht auf Glyphosat bei Einsatz des Pfluges einfacher.

Im Anhang von A_6.4-8 bis A_6.4-87 findet sich eine ausführliche tabellarische und grafische Darstellung der errechneten Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen, der Nettobarwerte sowie der Annuitäten aller Fruchtfolgen.

6.4.3 Dauerkulturen (am Beispiel des Apfelanbaus)

6.4.3.1 Vorgehensweise und Annahmen

Die Darstellung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung der Glyphosatanwendung in Dauerkulturen erfolgte anhand des Apfelanbaus. Der Berechnung liegt das Produktionsverfahren für Äpfel der KTBL Datensammlung 2010 (KTBL, 2010) für Obstbau zugrunde. Berechnet wurden die Kosten des Verzichts auf Glyphosat in einer konventionellen Apfelplantage mit einer Standzeit von 20 Jahren bei 3.000 Bäumen je ha auf der Unterlage M9. Ab dem 5. Standjahr wurde Vollertrag unterstellt. Eine Übersicht aller der Berechnung zugrunde liegenden Annahmen, ist in Tabelle A_6.4-88 im Anhang aufgeführt.

Die Berechnung des Nettobarwertes und der jährlichen Annuitäten über die Standzeit von 20 Jahren erfolgte analog zum Vorgehen im Ackerbau. In Kapitel 6.4.1 und in Übersicht 1 werden die ökonomischen Kenngrößen und die Vorgehensweise beschrieben.

6.4.3.2 Berechnung von Erlös, Kosten und Pflanzenschutzkostenfreier Leistung

Berechnung des Erlöses

Erzeugerpreise und Erträge wurden gemäß KTBL (2010) mit 35 €/dt/ha bzw. 390 dt/ha ab dem ersten Vollertragsjahr (ab Jahr 5) veranschlagt. Die Erträge der ersten vier Jahre belaufen sich auf 30, 120, 260 bzw. 320 dt/ha. Der Erlös errechnet sich aus den Erträgen multipliziert mit dem Erzeugerpreis. Bei mechanischer Substitution von Glyphosat wurde in Junganlagen (Jahr 1 bis 4) aufgrund einer möglichen Schädigung der Jungpflanzen eine Ertragsreduktion von 0 bis 5% unterstellt. Ab dem 5. Standjahr wurde von voller Wirkungsäquivalenz ohne Ertragsverluste ausgegangen (Experteneinschätzung).

Berechnung der Kosten der Anwendung von Glyphosat bzw. dessen Alternativen

In der Variante mit Glyphosat wurden gemäß dem Produktionsverfahren Apfel nach KTBL (2010) zwei Herbizidbehandlungen und jährlich eine Mulchmaßnahme angenommen. Die Behandlung mit einem glyphosathaltigen Herbizid erfolgte in den Berechnungen mit dem Mittel Roundup Power Flex zu 9,9 €/l (Agrarvis Preisliste 2015, größtmögliches Gebinde). Gemäß Erhebungen in den Vergleichsbetrieben erfolgten 75% der Herbizidanwendungen in Apfelanlagen lediglich auf der Baumscheibe (FREIER *et al.*, 2014). In den Berechnungen wurde entsprechend von einem behandelten Flächenanteil von 33% ausgegangen. Bei einer zulässigen Aufwandmenge von 3,75 l/ha und der Behandlung von einem Drittel der Fläche beliefen sich die Kosten je Behandlung auf 12,25 €/ha. Die Annahmen zum Pflanzenschutz sind im Anhang in Tabelle A_6.4-89 aufgeführt.

In der Variante mit Glyphosat wurden entsprechend KTBL (2010) die Kosten der Pflanzenschutzmittelausbringung und die Kosten des Mulchens aufgrund dessen unkrautbekämpfender Wirkung berücksichtigt. In Tabelle 26 sind die Kosten der beiden Arbeitsverfahren inklusive der Lohnkosten aufgeführt.

Tab. 26: Annahmen zur Pflanzenschutzmittelausbringung und zum Arbeitsgang „Mulchen“ in der Glyphosatvariante für den Apfelanbau

	Herbizidausbringung		Mulchen	
	Akh/ha	€/ha	Akh/ha	€/ha
Arbeitskosten (Fest-AK)	1	17,50	7	122,50
variable Maschinenkosten				
Plantagentraktor, 49-59 kW		10,54		73,78
Pflanzenschutzspritze, angebaut, 600l		0,22		
Herbizidspritzbalken für Baumstreifen		0,80		
Kreisel-/Sichelmulcher, 2,0m				24,29
fixe Maschinenkosten				
Plantagentraktor, 49-59 kW		4,60		32,20
Pflanzenschutzspritze, angebaut, 600l		0,53		
Herbizidspritzbalken für Baumstreifen		2,24		
Kreisel-/Sichelmulcher, 2,0m				23,36
€ je Arbeitsgang		36,43		276,13
Arbeitsgänge Jahr 1		2		1
Arbeitsgänge ab Jahr 2		2		1

Quelle: KTBL (2010)

Bei Verzicht auf Glyphosat wurde eine mechanische Unkrautbekämpfung unterstellt. Diese beinhaltet alle Arbeitsschritte, die im ökologischen Apfelanbau gemäß KTBL (2010) zur Unkrautbekämpfung durchgeführt werden. In Tabelle 27 sind die Arbeitsschritte und die damit verbundenen Kosten in der glyphosاتفreien Variante beschrieben. Der Lohnansatz entspricht dem KTBL-Kostenansätzen von 17,50 € je Akh für fest beschäftigte Arbeitskräfte und 7,50 € für Saisonarbeitskräfte.

Tab. 27: Annahmen zur Unkrautbekämpfung und Mechanisierung in der glyphosاتفreien Variante im Apfelanbau

	Baumstreifenbearbeitung						Handhacke			
	mit		ohne		ohne		Variante I		Variante II	
	Grasmulch	Grasmulch I	Grasmulch I	Grasmulch II	Grasmulch II	Variante I	Variante I	Variante II	Variante II	
	Akh/ha	€/ha	Akh/ha	€/ha	Akh/ha	€/ha	Akh/ha	€/ha	Akh/ha	€/ha
Arbeitskosten (Fest-AK)	3	52,50			3	52,50				
Arbeitskosten (Saison-AK)			125	937,50			50	375,00	45	337,50
variable Maschinenkosten										
Plantagentraktor, 49-59 kW		31,62				31,62				
Stockräumer, Flachschar mit Krieselkrümmler, einseitig		0,90				0,90				
Kreisel-/Sichelmulcher, 2,0m		10,41								
Kleintransporter, 54 kW				16,00			8,00			8,00
fixe Maschinenkosten										
Plantagentraktor, 49-59 kW		13,80				13,80				
Pflanzenschutzspritze,angeb., 600l		8,40				8,40				
Herbizidspritzbalken Baumstreifen		10,44								
Kleintransporter, 54 kW				14,12			7,06			7,06
€ je Arbeitsgang		128,07		967,62		107,22		390,06		352,56
Arbeitsgänge Jahr 1		5		1		0		1		0
Arbeitsgänge ab Jahr 2		5		0		1		0		2

Quelle: KTBL (2010)

Bei den mechanischen Maßnahmen bleibt ein kleiner Teil um den Apfelstamm herum unbearbeitet und verunkrautet somit. Bei der Anwendung von Glyphosat würde die ganze Unterstockfläche behandelt werden.

Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung

Die Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung erfolgte analog zum Ackerbau. Berücksichtigt wurden die Erlöse der unterschiedlichen Standjahre, ggf. mit Ertragsabschlägen, und die Kosten für Maschinen, Lohn und Pflanzenschutzmittel. Die jährlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen wurden über die Standzeit der Anlage diskontiert und anschließend in eine jährliche Annuität umgerechnet. Die Differenz der Annuitäten beider Varianten, wurde als betrieblichen Kosten des Glyphosatverzichts interpretiert. Die Berechnungen der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung in den Varianten Apfelanbau „mit“ und „ohne Glyphosat“ sind in den Tabellen 28 und 29 aufgeführt.

Tab. 28: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) in der Variante „mit Glyphosat“ im Apfelanbau

		Jahr 1		Jahr 2		Jahr 3		Jahr 4		Jahr 5-20		Quelle
		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	
Erlös bei Anwendung von Glyphosat												
Erzeugerpreis	€/dt	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	KTBL (2010)
Ertrag	dt/ha	30	30	120	120	260	260	320	320	390	390	KTBL (2010)
Erlös m. Gly.	€/ha	1.050	1.050	4.200	4.200	9.100	9.100	11.200	11.200	13.650	13.650	
Pflanzenschutzkosten bei Unkrautbekämpfung mit Glyphosat (Roundup Power Flex)												
Behandlungen	Anz.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	KTBL (2010)
Menge	l/ha	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	BVL (03.03.15)
Mittelpreis	€/l	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	Agravis 2014
Fläche	Anteil	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	FREIER et al. (2014)
Glyphosat	€/ha	24,50	24,50	24,50	24,50							
Behandlungen	Anz.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	KTBL (2010)
€ je Überfahrt	€/ha	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	KTBL (2010)
Ausbringung	€/ha	72,86	72,86	72,86	72,86							
Mulchen	Anz:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	KTBL (2010)
€ je Überfahrt	€/ha	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	KTBL (2010)
Mulchen	€/ha	276	276	276	276							
PS-Kosten m. Gly.	€/ha	373	373	373	373							
PSKFL m. Gly.	€/ha	677	677	3.827	3.827	8.727	8.727	10.827	10.827	13.277	13.277	

Anz. = Anzahl; PS = Pflanzenschutz; m. Gly. = mit Glyphosat

Quelle: eigene Berechnungen

Tab. 29: Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) in der Variante „ohne Glyphosat“ im Apfelanbau

	Jahr 1		Jahr 2		Jahr 3		Jahr 4		Jahr 5-20		Quelle	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis		
Ertragsminderung	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	Schätzung	
Erlös ohne Glyphosat												
Erzeugerpreis	€/dt	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	KTBL (2010)
Ertrag	dt/ha	30	30	120	120	260	260	320	320	390	390	KTBL (2010)
Erlös o. Gly	€/ ha	998	1.050	3.990	4.200	8.645	9.100	10.640	11.200	13.650	13.650	
Pflanzenschutzkosten bei mechanischer Unkrautbekämpfung												
Arbeitsgänge	Anz.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	KTBL (2010)
€ je Überfahrt	€/ha	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	KTBL (2010)
m. Grasmulch¹	€/ha	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	
Arbeitsgänge	Anz.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	KTBL (2010)
€ je Überfahrt	€/ha	968	968	107	107	107	107	107	107	107	107	KTBL (2010)
o. Grasmulch²	€/ha	968	968	107	107	107	107	107	107	107	107	
Arbeitsgänge	Anz.	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	KTBL (2010)
€ je Überfahrt	€/ha	390	390	353	353	353	353	353	353	353	353	KTBL (2010)
Handhacke	€/ha	390	390	706	706	706	706	706	706	706	706	
PS-Kosten o. Gly	€/ ha	1.998	1.998	1.453	1.453	1.453	1.453	1.453	1.453	1.453	1.453	
PSKFL o. Gly	€/ ha	-1.001	-948	2.537	2.747	7.192	7.647	9.187	9.747	12.197	12.197	

¹ Baumstreifenbearbeitung mit Grasmulch; ² Baumstreifenbearbeitung ohne Grasmulch

PS = Pflanzenschutz; o. Gly. = ohne Glyphosat; Anz. = Anzahl

Quelle: KTBL (2010) und eigene Berechnungen

6.4.3.2 Ergebnisse

Die Erlöse lagen ab dem ersten Vollertragsjahr in beiden Varianten bei 13.650 €/ha. In den ersten vier Standjahren wurde von Ertragseinbußen durch die mechanische Unkrautbekämpfung ausgegangen. In diesen Jahren waren die Erlöse bei mechanischer Unkrautbekämpfung unter der Annahme von 5% Ertragsverlust zwischen 50 und 500 € geringer als in der Glyphosatvariante. Die Kosten für Pflanzenschutz in der Glyphosatvariante lagen jährlich bei 373 €/ha. Diese Kosten beinhalteten zwei Glyphosatapplikationen auf den Baumstreifen sowie das Mulchen der Plantage.

Der erheblich höhere Arbeitsaufwand in der glyphosاتفreien Variante führte im ersten Standjahr zu Kosten der mechanischen Unkrautbekämpfung in Höhe von 1.998 €/ha und in den Folgejahren zu Kosten in Höhe von 1.465 €/ha. Damit waren die Unkrautbekämpfungskosten ab dem 2. Standjahr viermal so hoch wie in der Glyphosatvariante. Die Tabellen 30 und 31 fassen die Erlöse und Kosten in den beiden Varianten zusammen.

Tab. 30: Erlöse, Pflanzenschutzkosten und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) in der Variante „mit Glyphosat“ im Apfelanbau in €/ha und Jahr

	Standjahr	1	2	3	4	5-20
Erlös		1.050	4.200	9.100	11.200	13.650
Pflanzenschutzkosten		373	373	373	373	373
PSKFL		677	3.827	8.727	10.827	13.277

Quelle: KTBL (2010) und eigene Berechnungen

Tab. 31: Erlöse, Pflanzenschutzkosten und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) bei mechanischer Substitution von Glyphosat im Apfelanbau in €/ha und Jahr

	Standjahr 1		2		3		4		5-20
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	
Erlös	998	1.050	3.990	4.200	8.645	9.100	10.640	11.200	13.650
Pflanzenschutzkosten	1.998		1.453		1.453		1.453		1.453
PSKFL	-1.001	-948	2.537	2.747	7.192	7.647	9.187	9.747	12.197

Quelle: KTBL (2010) und eigene Berechnungen

Der Nettobarwert über die 20 Standjahre war bei mechanischer Substitution von Glyphosat um 15.191 € bis 16.319 €/ha geringer. Das entsprach jährlichen Kosten durch den Verzicht auf Glyphosat von 1.118 € bis 1.201 €/ha. Im Vergleich dazu, lag der Deckungsbeitrag im konventionellen Apfelanbau gemäß der KTBL Datensammlung 2010 für Obstbau ab Jahr 6 bis zum Jahr 20 bei 5.071 €/ha. Eine Substitution der Glyphosatanwendung gemäß der Unkrautbekämpfung im ökologischen Apfelanbau würde den Deckungsbeitrag um ca. 20% reduzieren. Im ökologischen Landbau können die höheren Kosten der mechanischen Bodenbearbeitung durch höhere Deckungsbeiträge infolge höherer Erzeugerpreise kompensiert werden (die Deckungsbeiträge sind hier mit 10.479 €/ha fast doppelt so hoch wie im konventionellen Landbau).

7. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Folgenabschätzung zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden kommt zu folgenden Schlussfolgerungen:

(1) Einsparpotenziale für eine Mengenreduktion bei der Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden

Gemessen an der jährlichen Absatzmenge von durchschnittlich rund 5.000 t Wirkstoff ist das Einsparpotenzial im Wein- und Apfelanbau bei vollständigem Verzicht auf Glyphosat sehr gering. In 2011 wurden rund 90 t und in 2012 rund 70 t Glyphosat angewendet. Zudem zeigte die ökonomische Bewertung für den Apfelanbau, dass eine Substitution durch mechanische Bodenbearbeitung hier zu sehr hohen zusätzlichen Kosten führt und damit eine ökonomisch äußerst nachteilige Alternative darstellt. Andere herbizide Wirkstoffe bringen keine Wirkungsäquivalenz und wären damit bei gleichzeitig ungünstigeren Umwelteigenschaften in der Anwendung auch wesentlich teurer.

Im Haus- und Kleingartenbereich (nicht berufliche Anwender) liegt das Einsparpotenzial bei vollständigem Verzicht in einer ähnlichen Größenordnung bei etwa 90 t pro Jahr.

Das größte theoretische Einsparpotenzial liegt bei den Anwendungen im Ackerbau und hier insbesondere bei den Anwendungen in der Ackerbaukultur mit der größten Anbaufläche, dem Winterweizen, wo nach JKI Schätzungen rund ein Drittel der Glyphosatmenge angewendet wird. Problematisch ist der Verzicht von Glyphosatanwendungen jedoch vor allem in Kombination mit pflugloser Bodenbearbeitung. Neben möglichen negativen Folgen hinsichtlich Erosion wirkt sich ein Verzicht auch ökonomisch nachteilig aus.

Die hier vorgenommenen ökonomischen Abschätzungen berücksichtigten bereits die Mitte 2014 vom BVL festgesetzten Anwendungsbestimmungen für glyphosathaltige Herbizide. Ob sich daraus auch eine tatsächliche Minderung der Anwendungsmengen ergibt, lässt sich erst an den zukünftigen PAPA-Erhebungsdaten bzw. den vom BVL erfassten Absatzzahlen ablesen.

(2) Mögliche Umweltwirkungen eines Verzichts auf glyphosathaltige Herbizide

Im Apfelanbau sind nur chemische Alternativen zugelassen, die ungünstigere ökotoxikologische Eigenschaften und zudem keine Wirkungsäquivalenz aufweisen.

Für den Ackerbau konnte - mit Ausnahme des Wirkstoffes Deiquat für die Sikkation in Raps - keine chemische Alternative identifiziert werden.

Auch die nichtchemischen Alternativen weisen nachteilige Umweltwirkungen auf. Insbesondere hinsichtlich der indirekten Wirkungen auf die Biodiversität über trophische Interaktionen (s.o.) dürften auf den Zielflächen nur geringe Unterschiede zwischen nichtchemischer Unkrautbekämpfung und der Anwendung von Glyphosat zu erwarten sein. Was die Abwägung anderer Auswirkungen betrifft - wie ökotoxikologische Aspekte hinsichtlich Amphibien und Algen gegenüber Bodenleben und Erosion - so vermag diese Folgenabschätzung hier keine abschließende Beurteilung zu treffen.

(3) Anwendungsbereiche ohne äquivalenten Ersatz

Mulchsaat ist ohne die Anwendung von Glyphosat unter bestimmten Bedingungen bei wenig Pflanzenaufwuchs möglich. In vielen Fällen bedingt jedoch die Anwendung der Mulchsaat die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden.

Im Rahmen der Ackerhygiene wird Glyphosat zur Beseitigung des unerwünschten Aufwuchses (sog. „grüne Brücke“) angewendet. So ist frühzeitiges Abtöten von Ausfallsraps eine anerkannte Maßnahme, um der Verbreitung der Kohlhernie entgegenzuwirken. Stoppelbearbeitungsmaßnahmen zu diesem frühen Zeitpunkt sind nicht zielführend, da die ausgefallenen Rapsamen in tiefere Bodenschichten gelangen und das Samenpotential erhöhen.

Eine nachhaltige Bekämpfung der Gemeinen Quecke und einiger anderer perennierender Unkräuter ist ohne Glyphosat kaum möglich. Die Wirkungsgrade anderer herbizider Wirkstoffe reichen nicht aus. Über veränderte Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen sind bei den oben

genannten Unkrautarten in der Regel keine ausreichend wirkungsäquivalenten Erfolge zu erreichen. Ein Verzicht auf Glyphosat bei Einsatz des Pfluges hatte verglichen mit pflugloser Bearbeitung deutlich geringere nachteilige ökonomische Wirkungen, so dass bei Ersatz glyphosathaltiger Herbizide durch mechanische Maßnahmen eine zunehmende Bodenbearbeitung mit dem Pflug die Folge wäre. In stark erosionsgefährdeten Ackerbauregionen könnte eine Umstellung von pflugloser Bodenbearbeitung auf Bodenbearbeitung mit dem Pflug zu Erosionsproblemen führen. Auch andere Vorteile der bodenschonenden Bodenbearbeitung würden entfallen.

(4) Ökonomische Wirkungen eines Verzichts auf glyphosathaltige Herbizide

Die ökonomischen Folgen eines Verzichts auf die Anwendung von Glyphosat mit einem Ersatz der Maßnahmen durch mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen sind in Dauerkulturen besonders gravierend. Für den Apfelanbau würden durch den vollständigen Verzicht, aufgrund der teureren mechanischen Bodenbearbeitung erhebliche ökonomische Einbußen die Folge sein. Ein vollständiger Verzicht erscheint daher wirtschaftlich kaum vertretbar.

Im Ackerbau hängen die ökonomischen Folgen stark davon ab, ob durch eine einmalige zusätzliche Bodenbearbeitung eine Wirkungsäquivalenz zu Glyphosat erzielt werden kann. In diesem Fall kann die mechanische Unkrautbekämpfung durch eine einmalige Bodenbearbeitung zu einem betriebswirtschaftlich identischen oder sogar besseren Ergebnis führen. Standort, Witterung und Anbaupraxis sind dabei wichtige Einflussfaktoren für die ökonomischen Konsequenzen der Substitution von Glyphosat. Unter ungünstigen Bedingungen, wenn trotz 2 bis 3 zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge Ertragseinbußen aufgrund der Unkrautkonkurrenz auftreten, führte der Verzicht auf Glyphosat bei der Stoppelbearbeitung in winterungsbetonten Fruchtfolgen in den Berechnungen zu zusätzlichen jährlichen Kosten in Höhe von 55 bis 89 €/ha und der Verzicht auf Glyphosat bei der Vorsaatsbehandlung von bis zu 100 €/ha. Bei einem durchschnittlichen Deckungsbeitrag für Weizen (Brotweizen) von 600 bis 900 €/ha würden die zusätzlichen Kosten etwa 6 bis 17% des Deckungsbeitrages ausmachen.

Ob eine Preiserhöhung für Glyphosat einen Beitrag für eine größere Vorzüglichkeit alternativer Maßnahmen leisten könnte, lässt sich nur theoretisch abschätzen. Um eine Kostenäquivalenz von drei Bodenbearbeitungsgängen mit der Glyphosatanwendung zu erreichen, müssten die Glyphosat-Preise um ca. 75% ansteigen. Allerdings entscheiden weitere wichtige Faktoren, wie die Wirkungsäquivalenz oder das Ausschließen von Ertragsverlusten am Ende über die ökonomische Vorteilhaftigkeit. Auch wenn die Kosten der verschiedenen Maßnahmen vergleichbar wären, spielen zusätzlich noch betriebliche Kapazitäten und Voraussetzungen eine wesentliche Rolle. So sind die Verfügbarkeit ausreichender Feldarbeitstage, ausreichender Arbeitskraftkapazitäten und notwendiger Mechanisierung zur Durchführung zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge eine entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung der alternativen Maßnahmen. Weiterhin sollte nach der Ernte keine Trocknung des Erntegutes notwendig sein.

(5) Resistenzmanagement

Durch die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden vor allem bei einer Vorsaatsbehandlung kann die Ausbreitung und Entwicklung von resistenzgefährdeten Unkrautarten gezielt verhindert werden. Auf extremen Resistenzstandorten ist Glyphosat als Maßnahme im Resistenzmanagement zurzeit unverzichtbar.

(6) Empfehlungen

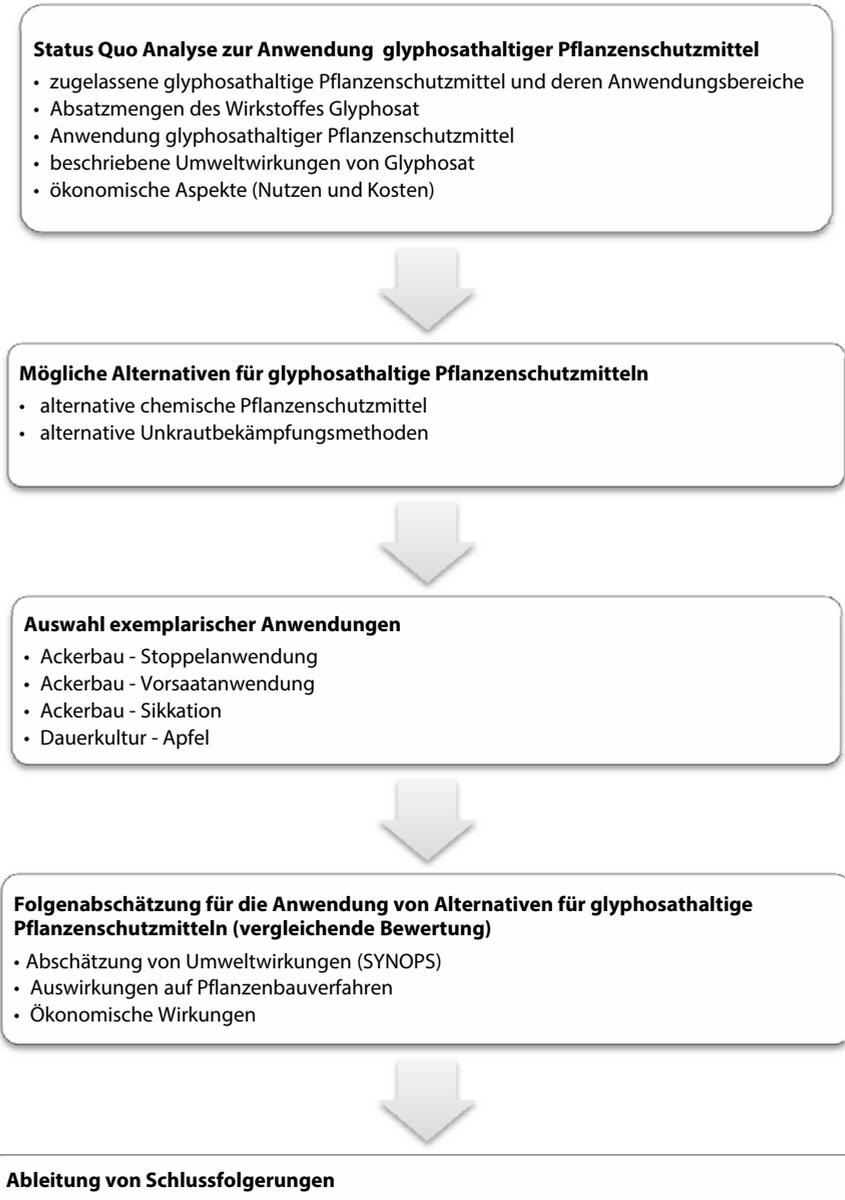
Die ökonomische Folgenabschätzung hat gezeigt, dass unter bestimmten Bedingungen auf Glyphosat verzichtet werden kann. Schlussfolgernd lässt sich daher feststellen, dass Glyphosat nicht von vornherein als Standardmaßnahme in ackerbaulichen Anbausystemen vorgesehen werden sollte. Vielmehr gilt es sorgfältig zu prüfen, ob Glyphosatanwendungen vor allem auf der Stoppel oder ggf. auch vor der Saat nicht durch mechanische Arbeitsgänge mit geeigneten Geräten ersetzt werden können. Dies würde eine Einsparung der Glyphosatmenge erwarten lassen. Insbesondere ist auch der Pflugeinsatz wieder häufiger in Betracht zu ziehen, vor allem auf Böden, die eine

Pflugbearbeitung zulassen und die nicht erosionsgefährdet sind. Ist dies nicht ganzflächig möglich, sollte zumindest in Betracht gezogen werden, nur eine teilflächenspezifische Glyphosatanwendung auf besonders kritischen Teilbereichen der Schläge (z. B. Queckenbesatz, Erosionsgefährdung) durchzuführen. Ferner sollte geprüft werden, ob eine Glyphosatanwendung im jährlichen Wechsel mit mechanischen Arbeitsgängen nicht auch ausreichende Ergebnisse liefert. Vorernteanwendungen sollten generell in Mähdruschfrüchten auf das notwendige Maß begrenzt werden.

8. Anhang

A_1.2 Konzeption der Folgenabschätzung zur Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden und möglichen Alternativen in Deutschland

A_1.2-1: Schematische Darstellung des Konzeptes dieser Folgenabschätzung zur Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden und möglichen Alternativen in Deutschland



A_3.4 Detaillierte Abschätzung der Glyphosat-Anwendungsmengen

A_3.4-1: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2011 in den PAPA-Ackerbaukulturen

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirk- stoffmenge in DE [t]²
Winterweizen	3.248,2	524	1.702,1
Wintergerste	1.177,7	457	538,0
Winterraps	1.307,4	290	379,3
Zuckerrüben	398,1	463	184,2
Kartoffeln	258,7	237	61,4
Mais	2.516,7	266	669,0
PAPA-Ackerbaukulturen (gesamt)			3.534,0

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-2: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2012 in den PAPA-Ackerbaukulturen

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirk- stoffmenge in DE [t]²
Winterweizen	2892,7	446	1.290,1
Wintergerste	1090,1	536	584,3
Winterraps	1299,5	184	239,1
Zuckerrüben	402,1	594	238,9
Kartoffeln	238,3	208	49,6
Mais	2564,2	248	635,9
PAPA-Ackerbaukulturen (gesamt)			3.037,9

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-3: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2011 in weiteren Ackerbaukulturen und auf Grünland (Nicht-PAPA-Kulturen)

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirk- stoffmenge in DE [t]²
Winterroggen³	613,7	457	280,4
Triticale³	383,4	457	175,1
Sommergerste³	420,3	457	192,0
Ackerbohnen⁴	17,3	1000	17,3
Futtererbsen⁴	55,8	1000	55,8
Lupinen⁴	21,5	1000	21,5
Weiden⁵	2630,5	40	105,2
Summe			847,2

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

³ Für diese Kulturen wird unterstellt, dass die Glyphosatanwendungen ähnlich wie bei Wintergerste erfolgen.

⁴ Für diese Kulturen wird unterstellt, dass auf 70% aller Schläge eine Glyphosatanwendung mit der vollen zugelassenen Aufwandmenge erfolgt (Sikkation).

⁵ Annahme: 3% der Grünlandfläche werden pro Jahr einmal mit Glyphosat behandelt (vgl. Steinmann, 2013).

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-4: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2012 in weiteren Ackerbaukulturen und auf Grünland (Nicht-PAPA-Kulturen)

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirkstoff- menge in DE [t]²
Winterroggen³	708,5	457	323,7
Triticale³	371,4	457	169,7
Sommergerste³	587,7	457	268,5
Ackerbohnen⁴	15,8	1000	15,8
Futtererbsen⁴	44,8	1000	44,8
Lupinen⁴	17,9	1000	17,9
Weiden⁵	2.599,1	40	104,0
Summe			944,4

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

³ Für diese Kulturen wird unterstellt, dass die Glyphosatanwendungen ähnlich wie bei Wintergerste erfolgen.

⁴ Für diese Kulturen wird unterstellt, dass auf 70% aller Schläge eine Glyphosatanwendung mit der vollen zugelassenen Aufwandmenge erfolgt (Sikkation).

⁵ Annahme: 3% der Grünlandfläche werden pro Jahr einmal mit Glyphosat behandelt (vgl. Steinmann, 2013).

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-5: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2011 in den PAPA-Obst- und Weinbaubetrieben

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirkstoff- menge in DE [kg]²
Wein	99,7	544	54.253
Hopfen	18,6	0	0
Apfel	31,6	1071	33.830
PAPA-Dauerkulturen (gesamt)			88.083

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-6: Abschätzung der Anwendungsmengen von Glyphosat in Deutschland im Jahr 2012 in den PAPA-Obst- und Weinbaubetrieben

	Anbaufläche [1.000 ha]	mittlere Wirkstoff- Aufwandmenge [g/ha]¹	ausgebrachte Wirkstoff- menge in DE [kg]²
Wein	99,6	544	54.198
Hopfen	17,3	0	0
Apfel	31,6	605	19.118
PAPA-Kulturen (gesamt)			73.316

¹ Die mittlere Wirkstoffaufwandmenge ergibt sich aus der ausgebrachten Gesamtmenge des Wirkstoffes in allen PAPA-Erhebungsbetrieben geteilt durch die Summe der kulturspezifischen Anbauflächen in den Betrieben. Es gehen in diese Mittelwertberechnungen also auch die Flächen ein, auf denen KEIN Glyphosat ausgebracht wurde.

² Grobe Schätzung!

Quellen: PAPA-Erhebungen und Anbaustatistik des Statistischen Bundesamtes

A_3.4-7: Maßnahmen gegen Unkräutern Moose und Algen im Haus- und Kleingarten

	gesamt	Haus- garten	Klein- garten	Ost	West	Stadt	Land
Stichprobenumfang	1.602	1.543		1.596		1.577	
	in %						
Mechanische Bekämpfung	90,9	89,5	93,1	91,6	90,8	93,0	88,6
Keine Maßnahmen	7,4	8,5	5,6	7,2	7,6	5,7	9,4
Chem. Bekämpfungsmittel	7,5	8,0	7,4	6,7	8,2	7,0	8,0

Quelle: aus Sermann et al. (2002, Frage 26)

A_3.4-8: Anwendungsorte von chemischen Mitteln gegen Unkräuter etc. im Haus- und Kleingarten

	gesamt	gesamt	Haus- garten	Klein- garten	Ost	West	Stadt	Land
Jahr	1991	2001	2001		2001		2001	
Stichprobenumfang	1.488	1.511	1.443		1.505		1.490	
	in %							
Auf Wegen und Terrassen, an Kanten und Zäunen	25,8	25,9	25,5	26,0	25,4	26,3	24,8	27,1
Im Gemüsebeet oder Blumenbeet	2,0	1,4	1,5	1,4	1,3	4,5	1,5	1,3
Unter Bäumen, Hecken und Ziergehölz	2,9	2,6	2,5	2,7	2,2	3,0	2,5	2,8
Im Rasen	8,9	7,9	8,8	6,8	6,6	9,1	7,5	8,2
kein chemischen Mittel verwendet	-	66,1	65,0	67,6	67,3	65,0	67,5	64,6

Quelle: aus Sermann et al. (2002, Frage 28)

A_5.1 Ergänzungen zu mechanischen Bodenbearbeitungsverfahren

A_5.1-1: Bekämpfungserfolg der Gemeinen Quecke durch mechanische und chemische Maßnahmen

Bekämpfungsmaßnahme	Bekämpfungserfolg (% zur unbehandelten Kontrolle)
mechanisch	
1 x Grubber	25
3 x Grubber	68
chemisch	
Glyphosat	98

Quelle: aus Hacker und Hess (1986)

A_6.2 Vergleichende Risikoabschätzung mit dem Indikator SYNOPSIS

A_6.2-1: SYNOPSIS Eingabe Tabellen - Glyphosat Anwendungen und Alternativen in Raps und Winterweizen

		Date	area [%]	bz [m]	drift red. [%]	PPP	PPP code	PPP rate [g/ha]	AI	CAS-number	AI rate [g/ha]	% of reg. rate	Content [g/kg]
Stoppel-behandl.	Winterweize	25.09.13	100	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3750	Glyphosat	1071-83-6	1800	100	480
Vorssat-behandl.	Winterweize	05.11.13	100	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3750	Glyphosat	1071-83-6	1800	100	480
Sikka-tion	Winterweize	01.08.14	50	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3750	Glyphosat	1071-83-6	1800	100	480
Stoppel-behandl.	Raps	25.09.13	100	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3750	Glyphosat	1071-83-6	1800	100	480
Vorssat-behandl.	Raps	05.11.13	100	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3750	Glyphosat	1071-83-6	1800	100	480
Sikka-tion	Raps	01.08.14	50	1	50	Roundup PowerFlex	006149-00	3000	Glyphosat	1071-83-6	1440	100	480
Sikka-tion	Raps	01.08.14	50	10	50	Reglone	040287-00	2000	Deiquat	85-00-7	400	100	200

A_6.2-2: SYNOPSIS Eingabe Tabellen - Glyphosat Anwendungen und Alternativen im Weinbau

Date	area [%]	bz [m]	drift red. [%]	PPP	PPP code	PPP rate [g/ha]	AI	CAS-number	AI rate [g/ha]	% of reg. rate	Content [g/kg]
13-02-28	33,3	1	0	PPP containing glyphosate		3600	Glyphosate	1071-83-6	3600	100	1000
13-03-01	33,3	10	0	CHIKARA	004837-00	200	Flazasulfuron	104040-78-0	50	100	250
13-03-01	33,3	5	90	U 46 M-Fluid	050939-00	4000	MCPA	94-74-6	2000	100	500
13-03-01	33,3	5	0	Devrinol FL	033916-00	2750	Napropamid	15299-99-7	1237,5	100	450
13-03-01	33,3	1	90	Basta	043570-00	3700	Glufosinat	77182-82-2	677,1	100	183
13-03-01	33,3	1	0	Kerb 50 W	062002-00	5000	Propyzamid	23950-58-5	2500	100	500
13-03-15	33,3	1	90	Basta	043570-00	3700	Glufosinat	77182-82-2	677,1	100	183

A_6.2-3: SYNOPSIS Eingabe Tabellen - Glyphosat Anwendungen und Alternativen im Obstbau

Date	area [%]	bz [m]	drift red. [%]	PPP	PPP code	PPP rate [g/ha]	AI	CAS-number	AI rate [g/ha]	% of reg. rate	Content [g/kg]
13-02-28	33,3	1	0	PPP containing glyphosate		1800	Glyphosate	1071-83-6	1800	100	1000
13-03-01	33,3	5	90	Stomp Aqua	005958-00	3500	Pendimethalin	40487-42-1	1592,5	100	455
13-03-01	33,3	1	90	Spectrum	004803-00	1400	Dimethenamid-P	163515-14-8	1008	100	720
13-03-01	33,3	1	90	Basta	043570-00	3700	Glufosinat	77182-82-2	677,1	100	183
13-03-01	33,3	1	90	FLEXIDOR	033673-00	1000	Isoxaben	82558-50-7	500	100	500
13-03-01	33,3	1	0	U 46 M-Fluid	040939-00	2000	MCPA	94-74-6	1000	100	500
13-03-01	33,3	1	0	Kerb 50 W	062002-00	5000	Propyzamid	23950-58-5	2500	100	500
13-03-15	33,3	1	90	Basta	043570-00	3700	Glufosinat	77182-82-2	677,1	100	183
13-05-01	33,3	1	0	U 46 M-Fluid	040939-00	2000	MCPA	94-74-6	1000	100	500

PPP = plant protection product; AI = active ingredient; CAS = chemical abstract service, internationale Registrierungsnummer von Chemicalen (einschließlich Pflanzenschutzmittelwirkstoffen)

A_6.2-4: SYNOPSIS Eingabeparameter für unterschiedliche Umweltszenarien

Name of the site	Ackerbau		Kernobst		Wein	
	Baden- Württemb.	Mecklenburg Vorp.	Altes Land	Bodensee	Mittelrhein	Mosel
Scenario for crop development (FOCUS)	2	2	3	3	2	3
Average slope [%]	4,5	1,5	1	4,5	1,91	4,5
Width of field margin [m]	2	2	2	2	2	2
Buffer zone (min. distance to surface water) [m]	1	1	3	3	3	3
Runoff filter strip	1	1	0	0	0	0
Width of surface water [m]	1	1	1	1	1	1
Depth of surface water [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Flowing surface waters	false	false	false	true	true	true
Existence of hedge between site and waterbody	false	false	false	false	false	false
Hydrologic soil class	C	D	B	B	D	B
Organic carbon content of top soil [%]	24,4	3,5	3,8	2,4	2,7	10,8
Organic carbon of soil profile [%]	13,1	1,9	2,1	1,3	1,5	5,8
Dry bulk density of top soil [t/m ³]	0,43	1,15	1,15	1,283	1,242	0,833
Water content at field capacity of top soil [m ³ /m ³]	0,67	0,35	0,31	0,35	0,35	0,35
Texture class	9	2	2	2	2	2
Drainage scenario	NONE	D4	D6	NONE	D4	NONE
pH of top soil	5,6	5,1	6,29	6,5	7,28	5,21
USLE K-factor	0,048	0,037	0,033	0,046	0,047	0,051
Precipitation in January [l/m ²]	49	42	80,09	47,87	43,82	63,63
Precipitation in February [l/m ²]	43	28	49,65	53,12	40,34	55,87
Precipitation in March [l/m ²]	43	33	66,53	53,46	51,32	64,23
Precipitation in April [l/m ²]	55	36	48,14	73,33	43,85	53,34
Precipitation in May [l/m ²]	80	48	55,64	91,05	58,16	61,73
Precipitation in June [l/m ²]	98	58	72,86	111,59	60,24	70,33
Precipitation in July [l/m ²]	89	61	76,74	103,36	65,28	64,78
Precipitation in August [l/m ²]	87	62	78,68	91,72	56,33	57,93
Precipitation in September [l/m ²]	62	52	86,2	73,61	53,74	62,78
Precipitation in October [l/m ²]	50	44	93,16	62,06	55,88	71,17
Precipitation in November [l/m ²]	52	47	81,68	65,28	48,49	66,11
Precipitation in December [l/m ²]	50	46	87,88	67,66	58,22	81,8
Temperature in January [°C]	-1,3	-0,1	1,275	0,35	1,46	0,965
Temperature in February [°C]	0,2	-0,3	1,485	1,565	2,24	1,81
Temperature in March [°C]	3,9	2,6	4,295	5,655	6,26	5,445
Temperature in April [°C]	8,1	6,6	7,515	8,72	9,255	8,285
Temperature in May [°C]	12,3	11,4	12,035	13,525	13,92	12,84
Temperature in June [°C]	14	13,5	14,955	16,62	17,09	15,75
Temperature in July [°C]	15,7	15,3	17,105	19,065	19,39	18,125
Temperature in August [°C]	16,9	16,8	17,245	18,61	19,06	17,83
Temperature in September [°C]	13,9	13,5	13,895	15,08	15,265	14,29
Temperature in October [°C]	8,9	9,3	9,86	10,205	10,34	9,825
Temperature in November [°C]	3,5	4,6	5,125	4,31	4,925	4,45
Temperature in December [°C]	-0,1	1,7	2,25	1,475	2,49	1,95

A_6.2-5: Aufstellung alternativer PSM-Anwendungen für Glyphosat in Wein und Apfel (Kernobst) mit NW Auflagen.

Die grau unterlegten Indikationen wurden bewertet. Dabei wurden die eingerahmten Abstandsauflagen berücksichtigt.

Kultur	W.-Nr.	Wirkstoff	Mittel	Kenn-Nr.	W-Gehalt	kg W./ha	Anz. Anw.	WT-Zeit [d]	g PSM/ha	Abstandsauflagen [m]				
										0%	50%	75%	90%	
Kernobst	404	Pendi-methalin	Stomp Aqua	005958-00/12-001	455	1,59	1		3500	x	x	x	5	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Kernobst	404	Pendi-methalin	Stomp Aqua	005958-00/12-003	455	0,80	2		1750	x	x	x	5	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Kernobst	404	Pendi-methalin	Stomp Aqua	005958-00/12-004	455	1,59	1		3500	x	20	10	5	Reihenbehandlung
Kernobst	988	Dimethenamid-P	Spectrum	024803-00/10-001	720	1,01	1		1400	x	x	x	1	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Kernobst	988	Dimethenamid-P	Spectrum	024803-00/10-003	720	1,01	1		1400	10	5	5	1	Reihenbehandlung
Kernobst	651	Glufosinat	Basta	043570-00/00-023	183	0,68	2	14	3700	x	x	x	1	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Kernobst	674	Isoxaben	FLEXIDOR	043673-00/00-005	500	0,50	1		1000	5	5	5	1	Reihenbehandlung
Kernobst	74	MCPA	U 46 M-Fluid	050939-00/00-009	500	1,00	2	60	2000	1	1	1	1	Reihenbehandlung
Apfel	350	Pro-pyramid	Cohort	007276-00/00-011	400	1,70	1		4250	1	1	1	1	Reihenbehandlung
Kernobst	350	Pro-pyramid	Kerb-FLO	006220-00/00-009	400	2,50	1		6250	1	1	1	1	Reihenbehandlung
Kernobst	350	Pro-pyramid	Kerb 50 W	062002-00/00-009	500	2,50	1		5000	1	1	1	1	Reihenbehandlung
Wein	952	Flaza-sulfuron	CHIKARA	004837-00/01-001	250	0,05	1		200	5	5	5	1	Reihenbehandlung
Wein	952	Flaza-sulfuron	CHIKARA	004837-00/02-001	250	0,05	1		200	10	5	5	1	Reihenbehandlung
Wein	350	Pro-pyramid	Kerb-FLO	006220-00/00-012	400	2,50	1		6250	1	1	1	1	Reihenbehandlung
Wein	367	Napropamid	Devrinol FL	033916-00/04-001	450	1,24	1		2751	5	1	1	1	Reihenbehandlung
Wein	651	Glufosinat	Basta	043570-00/00-032	183	0,68	2	14	3700	x	x	x	1	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Wein	74	MCPA	U 46 M-Fluid	050939-00/05-001	500	2,00	1		4000	x	x	x	5	Reihenbehandlung mit Abschirmung -->90%
Wein	350	Pro-pyramid	Kerb 50 W	062002-00/00-012	500	2,50	1		5000	1	1	1	1	Reihenbehandlung

W = Wirkstoff; WS = Wirkstoff; WT-Zeit = Wartezeit
* [g/L oder g/kg]

A_6.4 Betriebswirtschaftliche Bewertung der Anwendung von Alternativen in unterschiedlichen Fruchtfolgen

A_6.4-1: Ackerbau - Annahmen zu Anbauverfahren und Ertragswirkungen

Stoppelbehandlung

Wird zur Folgekultur der Pflug eingesetzt, so kann auf zusätzliche Bodenbearbeitungsgänge zur Beseitigung von unerwünschtem Bewuchs als Ersatzmaßnahme für die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden verzichtet werden. Die Bewuchsbeseitigung wird durch die dann ohnehin durchgeführte wendende Grundbodenbearbeitung erreicht, d.h. in den gepflügten Varianten entfallen eine Behandlung mit Glyphosat bzw. zusätzliche Arbeitsgänge in der Stoppel.

Vorsaatbehandlung

Wird Glyphosat zur Vorsaat angewendet, macht es keinen Unterschied, ob mit oder ohne Pflug gearbeitet wird.

Sikkation

Durch Sikkation können die Ernteverluste reduziert werden. Für Getreide sowie für Raps wird eine Reduktion der Ernteverluste von 0-5% angesetzt (FEIFFER *et al.*, 2005; FEIFFER, 2007).

Sikkation ist nur auf Teilflächen zulässig, sodass auch nur anteilig ein sikkationsbedingter Mehrertrag berücksichtigt wird. Der Mittelaufwand wird ebenfalls nur für den sikkiierten Flächenanteil kalkuliert. Die Kosten der Ausbringung beziehen sich hingegen auf die gesamte Fläche, da nicht von zusammenhängenden Teilflächen ausgegangen werden kann, sodass dennoch der ganze Schlag abzufahren ist. Es wird von einem sikkiierten Flächenanteil von 50% ausgegangen. Durch Sikkation möglicherweise erzielte höhere Druschleistungen und reduzierte Treibstoffaufwendungen bleiben unberücksichtigt.

Trocknung

In den Varianten mit sikkiierten Teilflächen wird angenommen, dass das gesamte Erntegut des Schlages nicht getrocknet werden muss. Alle glyphosatfreien Vergleichsvarianten werden einmal mit und einmal ohne Trocknung berechnet.

Mit Trocknung wird eine Kornfeuchtereduktion in Getreide von 16% auf 14% unterstellt. In Raps wird ohne Sikkation von einer Trocknung von 10% auf 9% ausgegangen (FEIFFER *et al.*, 2005; FEIFFER, 2007).

Bodenbearbeitung - Pflug/pfluglos

Eine pfluglose Bewirtschaftung kann gegenüber der Bewirtschaftung mit Pflug zu Ertragsverlusten führen. In den pfluglosen Varianten wird eine Ertragsreduktion von 0 bis 5% (SCHWARZ und PALLUTT, 2012) angenommen. Das Pflügen wird entsprechend dem KTBL-Arbeitsverfahren Pflügen mit Beetpflug, 8 Schare, 2,8 m, aufgesattelt, veranschlagt. In der pfluglosen Variante wird stattdessen tief gegrubbert. Als Kalkulationsgrundlage dient das KTBL-Arbeitsverfahren Schwergrubber, 4,5 m Arbeitsbreite, 120 kW (KTBL, Feldarbeitsrechner Stand 11.11.2014).

Glyphosat ja/nein

Wird kein Glyphosat angewendet und durch zusätzliche 1 bis 3 Arbeitsgänge ersetzt, so wird ein Ertragsverlust von 0 bis 5% (Experteneinschätzung) angenommen. Die Glyphosatausbringung erfolgt mit einer Anhängelpflanzenschutzspritze, die hinsichtlich der Kosten und Flächenleistung dem KTBL-Arbeitsverfahren Anhängelpflanzenschutzspritze, 27 m Arbeitsbreite, 3.000 l Fassungsvermögen, 67 kW bei 200 l Wasser/ha entspricht (KTBL, Feldarbeitsrechner Stand 11.11.2014).

Wird Glyphosat durch 1 bis 3 zusätzliche Arbeitsgänge ersetzt, werden diese mit einem Grubber, entsprechend dem KTBL-Arbeitsverfahren Stoppelgrubber (flach), Maschinenkombination ECODYN, 4 m Arbeitsbreite und 83 kW durchgeführt. Die Befahrbarkeit der Fläche wird vorausgesetzt (KTBL, Feldarbeitsrechner Stand 11.11.2014).

A_6.4-2: Auswahl relevanter ackerbaulicher Fruchtfolgen

Durch das Anbauverhältnis der Kulturarten bedingt sich weitgehend auch die Fruchtfolgegestaltung. Die Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Mais und Winterraps werden auf ungefähr 69% der Ackerfläche in Deutschland angebaut (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013).

SCHÄFER (2013) stellt fest, dass sich in der Praxis Fruchtfolgesysteme mit 2 bis 4 Kulturarten etabliert haben. Daneben gibt es jedoch auch den Daueranbau einer Kulturart, z. B. Mais von 1973 bis 2008 (KLINGENHAGEN *et al.*, 2012), oder sehr vielgestaltige, bis zu neungliedrige Fruchtfolgen (ANONYM, 2013).

Hinsichtlich typischer Fruchtfolgesysteme wird auf eine Umfrage der Kleffmann Group verwiesen (ANONYM, 2012), die angab, dass auf rund 19% der Weizenanbauflächen als Vorfrucht ebenfalls Weizen (Stoppelweizen) angebaut wurde. Dabei waren regionale Unterschiede auszumachen. In Niedersachsen und Schleswig-Holstein war diese Fruchtfolgekombination häufiger anzutreffen. Weiterhin wurde ausgeführt, dass vor Winterraps häufig Wintergerste als Vorfrucht angebaut wurde. Somit könnten beispielhaft typische Fruchtfolgen unterstellt werden (aus dem Anbauverhältnis abgeleitet und ohne Berücksichtigung regionaler Besonderheiten):

- Mais-WW-WW
- WRaps-WW-WG
- WRaps-WW-WW

Im Bundesland Niedersachsen wurden für die Jahre 2005 bis 2010 die InVeKos-Daten von STEINMANN und DOBERS (2013) hinsichtlich Fruchtfolgen Anbausystemen und Vor- und Nachfrüchten analysiert. Dabei fanden sich in der regionalen Verteilung der Fruchtarten deutliche Unterschiede: im nordwestlichen Teil Niedersachsen wird hauptsächlich Mais angebaut, im süd-östlichen Teil mehr Winterweizen, Zuckerrüben und Winterraps.

Der Anbau von Weizen 4- oder 5-mal im Zeitraum 2005 bis 2010 fand sich auf 14,8% der untersuchten Ackerfläche. Der drei-, vier- oder fünfmalige und Daueranbau von Mais fanden sich auf in Summe 26,6% der untersuchten Ackerfläche im Zeitraum 2005 bis 2010.

Als „Fruchtfolgen“ wurden unter anderem ZR-WW (3,5%); WRaps-WW-WW-WG (2,4%); WRaps-WW-WG (2,3%); WRaps-WW-WW (1,5%) genannt.

Auf etwa 50% der Anbaufläche fanden sich einfache, winterungsdominierte Fruchtfolgen nach STEINMANN und DOBERS (2013).

Sofern Zuckerrüben angebaut wurden, lautete die Fruchtfolge in Südniedersachsen nach PELKA (2009) hauptsächlich: ZR-WW-WW-WG oder ZR-WW-WW-WG.

Auf den leichten Böden, besonders in Ostdeutschland, wird Roggen in die Fruchtfolge integriert, meist als abtragende Frucht.

A_6.4-3: Ackerbau - Annahmen zu Preisen und Erträgen

Die Erzeugerpreise wurden mit den mittleren Erzeugerpreisen in Deutschland zwischen 2007 und 2012 veranschlagt. Aufgrund der Erzeugerpreisanstiege in den vergangenen Jahren, wurde für diese exemplarische Rechnung lediglich der Mittelwert dieses recht kurzen Zeitraums von 5 Jahren gewählt. Angesichts der starken Preisvolatilität wäre es für weitere Berechnungen sinnvoll, unterschiedliche Preisniveaus zu unterstellen.

Als Ausgangsertrag wurde der mittlere Ertrag in Deutschland zwischen 2007 bis 2012 angenommen. Durch das Mitteln der Erträge über einen Zeitraum von 6 Jahren wurde versucht, witterungsbedingten Ertragschwankungen Rechnung zu tragen. Die Berücksichtigung eines längeren Zeitraums als die vergangenen 6 Jahre wurde aufgrund des technischen Fortschritts (z. B. Verfügbarkeit von Hybridraps seit 1996, der sich in den vergangenen Jahren in Deutschland durchgesetzt hat) als nicht sinnvoll erachtet. Tabelle A_6.4-4 zeigt die Erzeugerpreise und Erträge in Deutschland für den Zeitraum 2007 bis 2012.

A_6.4-4: Erträge und Erzeugerpreise von Qualitätsweizen, Futtergerste, Raps (00-Qualität) und Körnermais für die Jahre 2007 bis 2012 in Deutschland

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Min - Mittelwert - Max 2007-2012
Erzeugerpreis (€/dt)							
Winterweizen	18,15	19,65	12,28	15,74	21,99	22,11	12,28 – 18,32 – 22,11
Wintergerste	16,66	16,80	9,72	12,58	18,47	20,55	9,27 – 15,80 – 20,55
Winterraps	28,58	38,19	25,97	32,80	44,61	46,20	25,97 – 36,06 – 46,20
Körnermais	17,19	17,88	12,11	15,11	20,62	20,71	12,11 – 17,27 – 20,71
Sommergerste (Braucherste)	23,13	22,41	11,49	14,41	23,00	22,32	11,49 – 19,46 – 23,13
Ertrag (dt/ha)							
Winterweizen	69,9	81,3	78,4	72,5	70,6	74,0	69,9 – 74,5 – 81,3
Wintergerste	58,1	66,1	69,5	66,6	56,7	64,9	56,7 – 63,7 – 69,5
Winterraps	34,4	37,6	42,9	39,0	29,1	36,9	29,1 – 36,6 – 42,9
Körnermais inkl. CCM	94,9	99,1	98,6	90,9	107,2	105,5	90,9 – 99,4 – 107,2
Sommergerste	40,9	47,8	51,7	49,2	49,0	56,4	40,9 – 49,2 – 56,4

Quelle: AML und Statistisches Bundesamt (diverse Jahrgänge)

A_6.4-5: Berechnung des Ertrags am Beispiel Winterraps bei Glyphosatverzicht, pflugloser Bodenbearbeitung und Sikkation mit Deiquat

	Annahmen	Maximaler Ertrag	Minimaler Ertrag
Ausgangsertrag	Als Kalkulationsgrundlage dienen die mittleren Erträge in Deutschland aus den Jahren 2007-2012	Winterraps: 36,6 dt/ha	
Ertragsabschläge			
Mechanisch statt Glyphosat	Ertragsreduktion bei Substitution von Glyphosat durch zusätzliche Arbeitsgänge : 0 bis -5%	$36,6 \text{ dt/ha} \cdot (1-0,0) = 36,6 \text{ dt/ha}$	$36,6 \text{ dt/ha} \cdot (1-0,05) = 34,77 \text{ dt/ha}$
Pfluglos statt Pflug	Ertragsreduktion bei konsequent pflugloser Bearbeitung : 0 bis -5%	$36,6 \text{ dt/ha} \cdot (1-0,0) = 36,6 \text{ dt/ha}$	$34,77 \text{ dt/ha} \cdot (1-0,05) = 33,03 \text{ dt/ha}$
Ertragszuschläge			
Sikkation	Gesamternteverluste bundesweit : 10% Minderung der Ernteverluste durch Sikkation : 0 bis 5% Sikkierter Flächenanteil : 50% (eigene Annahme)		
	Sikkationsbedingter Mehrertrag = Ausgangsertrag abzüglich Abschläge/(1-Gesamternteverluste) * Minderung Ernteverlust durch Sikkation * sikkierter Flächenanteil	$36,6 \text{ dt/ha} / (1-0,1) \cdot 0,05 \cdot 0,5 = 1,12 \text{ dt/ha}$	$33,03 \text{ dt/ha} / (1-0,1) \cdot 0,00 \cdot 0,5 = 0 \text{ dt/ha}$
	Gesamtertrag = Ausgangsertrag abzüglich Abschläge + Mehrertrag durch Sikkation	$36,6 \text{ dt/ha} + 1,12 \text{ dt/ha} = 37,72 \text{ dt/ha}$	$33,03 \text{ dt/ha} + 0 \text{ dt/ha} = 33,03 \text{ dt/ha}$

Quelle: eigene Berechnung

A_6.4-6: Ackerbau - Annahmen zum Pflanzenschutz

Die Glyphosatvarianten wurden mit dem tallowaminfreien Pflanzenschutzmittel Roundup Power Flex zu einem Literpreis von 9,9 Euro (Preis 2014, Raiffeisenhandelsgenossenschaft Nord AG in Groß Kreutz) berechnet. Dieses wurde gemäß der Zulassung angewendet. Im Raps bestand die Möglichkeit statt mit Glyphosat mit einem deiquathaltigen Mittel zu sikkieren. Hierfür wurde das Mittel Reglone mit einem Literpreis von 14,50 Euro (Agravis Preisliste 2014) angenommen. Eine Übersicht der unterstellten Anwendungen und Pflanzenschutzmittelkosten ist Tabelle A_6.4-7 zu entnehmen.

A_6.4-7 : Pflanzenschutzmittelpreise und Kosten für Sikkation, Stoppel- und Vorsaatbehandlungen für Getreide und für Raps (Indikationen gemäß BVL-Zulassung)

Pflanzenschutzmittel	Kultur	Wirkstoff	Wirkstoff- menge	Mittel- preis	Aufwand- menge	Behandelte Fläche	Kosten je Behandlung
Sikkation							
Reglone	Raps	Deiquat	200 g/l	14,50 €/l ¹	2,00 l/ha	50%	14,50 €/ha
Roundup Power Flex ⁵	Raps	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,00 l/ha	50%	14,85 €/ha
Roundup Power Flex ⁵	Getreide ³	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,75 l/ha	50%	18,56 €/ha
Stoppelbehandlung							
Roundup Power Flex ⁵	Getreide ³	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,75 l/ha	100%	37,13 €/ha
Roundup Power Flex ⁵	Raps	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,75 l/ha	100%	37,13 €/ha
Vorsaatbehandlung⁴							
Roundup Power Flex ⁵	Getreide ³	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,75 l/ha	100%	37,13 €/ha
Roundup Power Flex ⁵	Raps	Glyphosat	480 g/l	9,90 €/l ²	3,75 l/ha	100%	37,13 €/ha

¹ Telefonische Auskunft der Raiffeisenhandelsgenossenschaft Nord AG in Groß Kreutz (Havel), Pflanzenschutz-Zentrallager; Literpreis im Jahr 2014 im größtmöglichen Gebinde (20 l)

² Pflanzenschutzmittelpreis gemäß Agravis Preisliste 2014, Preis je Liter im größtmöglichen Gebinde (640l)

³ Gerste, Hafer, Roggen, Triticale, Weizen, Mais

⁴ Gemäß Zulassung ist eine Anwendung von Roundup Power Flex zur Vorsaat bis 2 Tage vor Aussaat möglich.

⁵ Gemäß Zulassung ist jeweils nur eine der hier aufgeführten Indikationen mit Roundup Power Flex je Kultur und Jahr zulässig. Eine weitere Indikation mit Glyphosat muss mit einem anderen Mittel erfolgen. Für den Wirkstoff gilt jedoch eine Höchstgrenze von 3,6 kg Glyphosat pro ha und Jahr. Aus Gründen der Praktikabilität wird hier die Verwendung desselben Mittels angenommen.

Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Winterraps-Winterweizen-Winterweizen

Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Variante 1 „Sikkation und Stoppel“

A_6.4-8: Fruchtfolge 1 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	38	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	1.365	1.403	1.320	1.356	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	169	0	169	0	50	0	169	0	169	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	116	116	119	119	119	119	115	115	263	92	263	92	142	92	263	92	263	92
PSKFL	1.204	1.241	1.245	1.283	1.245	1.283	1.204	1.241	1.102	1.273	1.102	1.273	1.178	1.228	1.102	1.273	1.102	1.273

A_6.4-9: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	38	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	1.297	1.403	1.191	1.356	1.232	1.365	1.232	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	153	0	45	0	153	0	153	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	4	1	4	1	1	1	4	1	4	1
Kosten	92	92	215	167	215	167	92	92	369	117	369	117	114	69	369	117	369	117
PSKFL	1.161	1.264	1.081	1.236	1.081	1.236	1.099	1.264	863	1.247	863	1.247	1.077	1.251	863	1.247	863	1.247

A_6.4-10: Fruchtfolge 1 "Winterung" – Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	38	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	1.365	1.403	1.320	1.356	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	116	116	119	119	119	119	115	115	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.204	1.241	1.245	1.283	1.245	1.283	1.204	1.241	1.273	1.273	1.273	1.273	1.228	1.228	1.273	1.273	1.273	1.273

A_6.4-11: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WAR		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	Von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	38	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	1.297	1.403	1.191	1.356	1.232	1.365	1.232	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fläche Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	92	92	215	167	215	167	92	92	215	117	215	117	69	69	215	117	215	117
PSKFL	1.161	1.264	1.081	1.236	1.081	1.236	1.099	1.264	1.017	1.247	1.017	1.247	1.122	1.251	1.017	1.247	1.017	1.247

Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Variante 2 „Stoppel“

A_6.4-12: Fruchtfolge 1 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	50	0	169	0	169	0	50	0	169	0	169	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	142	92	263	92	263	92	142	92	263	92	263	92
PSKFL	1.178	1.228	1.102	1.273	1.102	1.273	1.178	1.228	1.102	1.273	1.102	1.273

A_6.4-13: Fruchtfolge 1 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	47	0	161	0	161	0	45	0	153	0	153	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	116	69	277	115	277	115	114	69	296	93	296	93
PSKFL	1.137	1.251	1.019	1.250	1.019	1.250	1.077	1.251	936	1.272	936	1.272

A_6.4-14: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.228	1.228	1.273	1.273	1.273	1.273	1.228	1.228	1.273	1.273	1.273	1.273

A_6.4-15: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	69	69	115	115	115	115	69	69	142	93	142	93
PSKFL	1.185	1.251	1.182	1.250	1.182	1.250	1.122	1.251	1.090	1.272	1.090	1.272

Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Variante 3 „Vorsaat“

A_6.4.16: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	50	0	169	0	169	0	47	0	161	0	161	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	142	92	309	138	309	138	140	92	327	116	327	116
PSKFL	1.178	1.228	1.056	1.227	1.056	1.227	1.114	1.228	969	1.248	969	1.248

A_6.4-17: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	47	0	161	0	161	0	45	0	153	0	153	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	4	1	4	1
Kosten	116	69	350	139	350	139	114	69	369	117	369	117
PSKFL	1.137	1.251	946	1.226	946	1.226	1.077	1.251	863	1.247	863	1.247

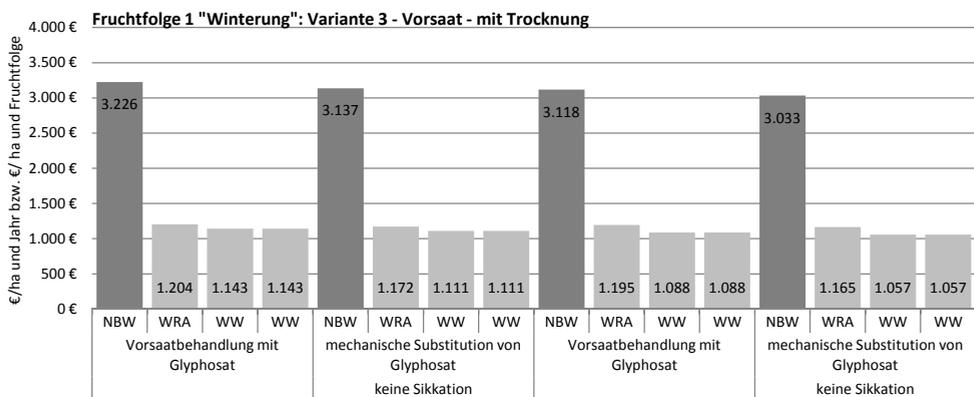
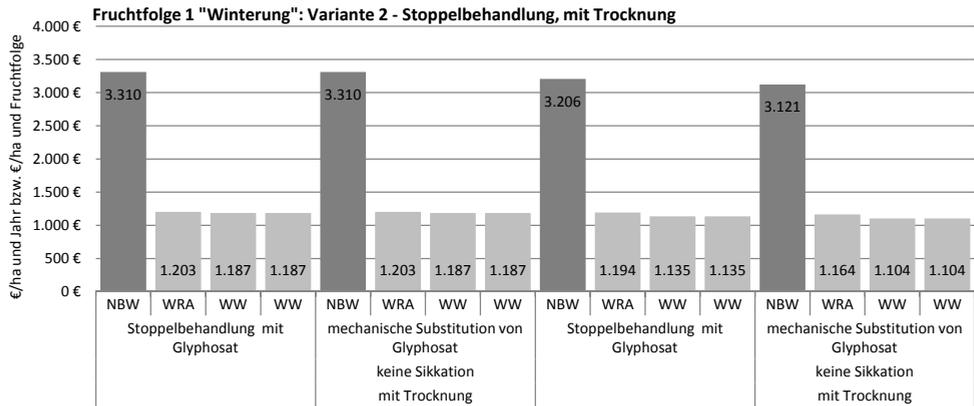
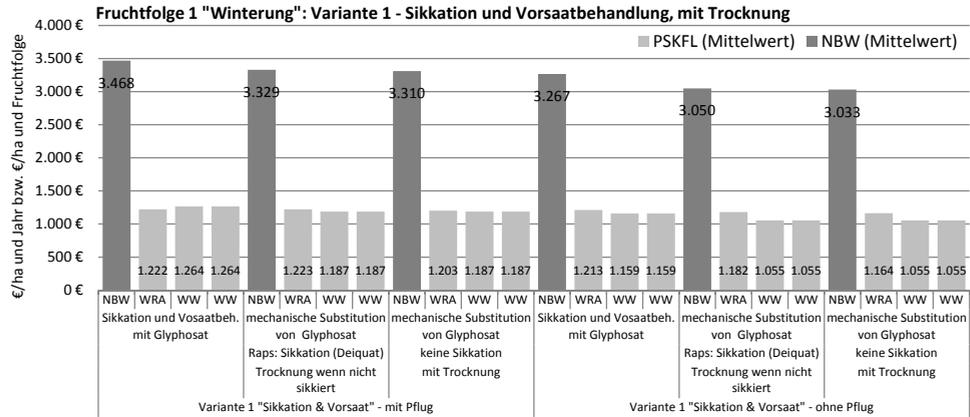
A_6.4-18: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha												
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.365	1.365	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	92	92	138	138	138	138	92	92	165	116	165	116
PSKFL	1.228	1.228	1.227	1.227	1.227	1.227	1.162	1.228	1.132	1.248	1.132	1.248

A_6.4-19: Fruchtfolge 1 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug

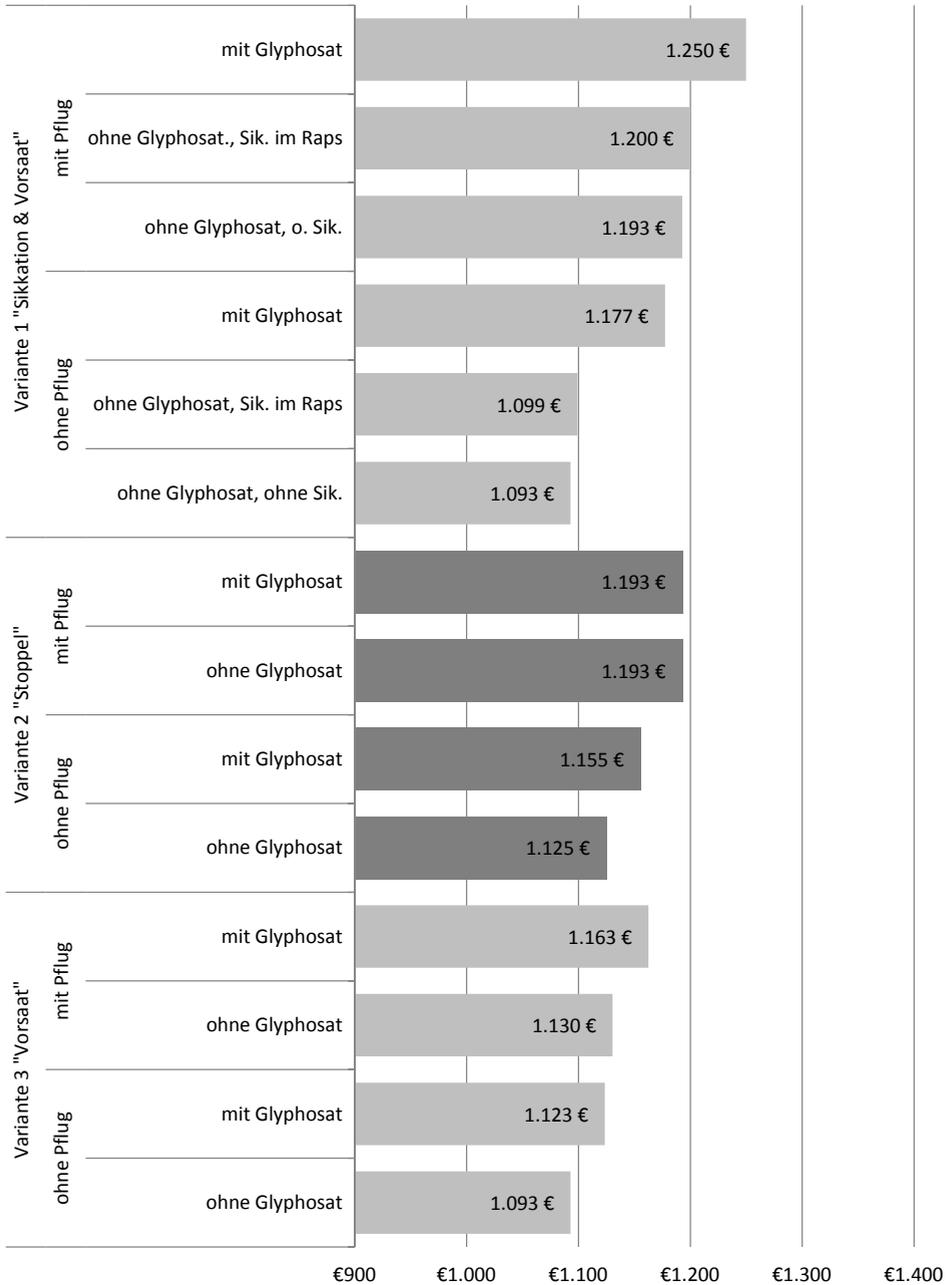
Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WW		WRA		WW		WW	
ohne Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha												
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	1.297	1.365	1.191	1.320	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel(chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel(mech.)	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat(chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat(mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	69	69	188	139	188	139	69	69	215	117	215	117
PSKFL	1.185	1.251	1.109	1.226	1.109	1.226	1.122	1.251	1.017	1.247	1.017	1.247

Fruchtfolge 1 „Winterung“ – Zusammenfassung aller Varianten

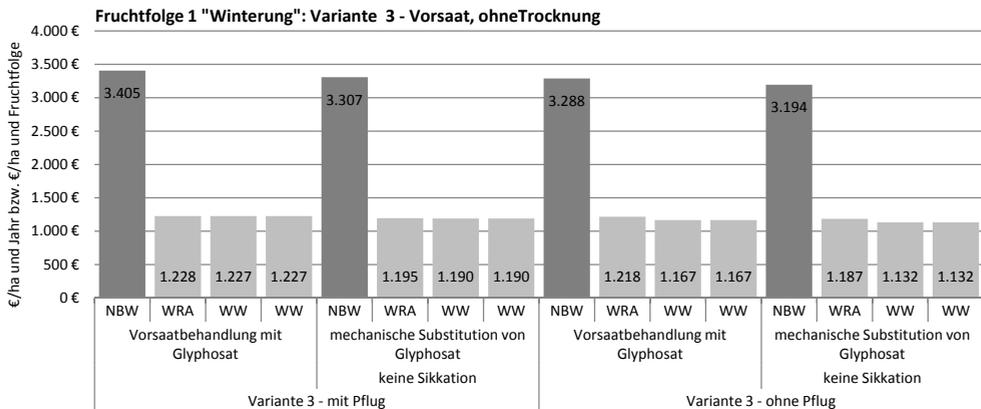
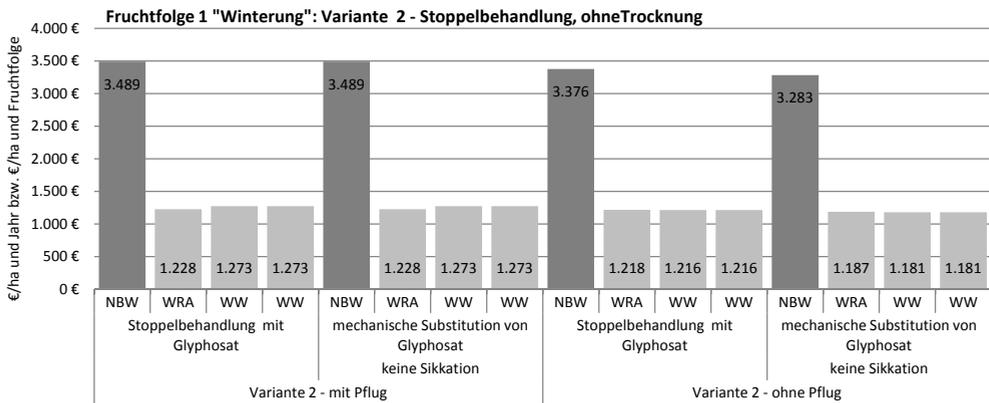
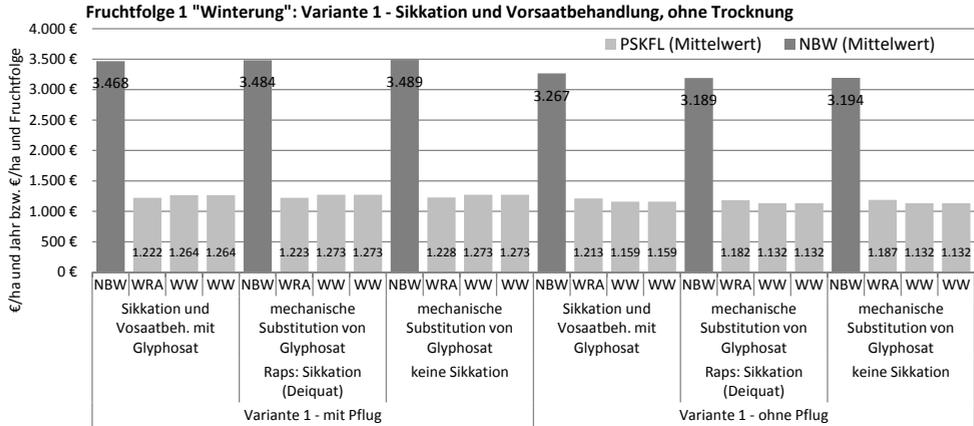


A_6.4-20: Fruchtfolge 1 WRA-WW-WW, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW; dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **mit** Trocknung

**Fruchtfolge 1 "Winterung" (WRA-WW-WW), Trocknung wenn nicht sikkiert
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)**

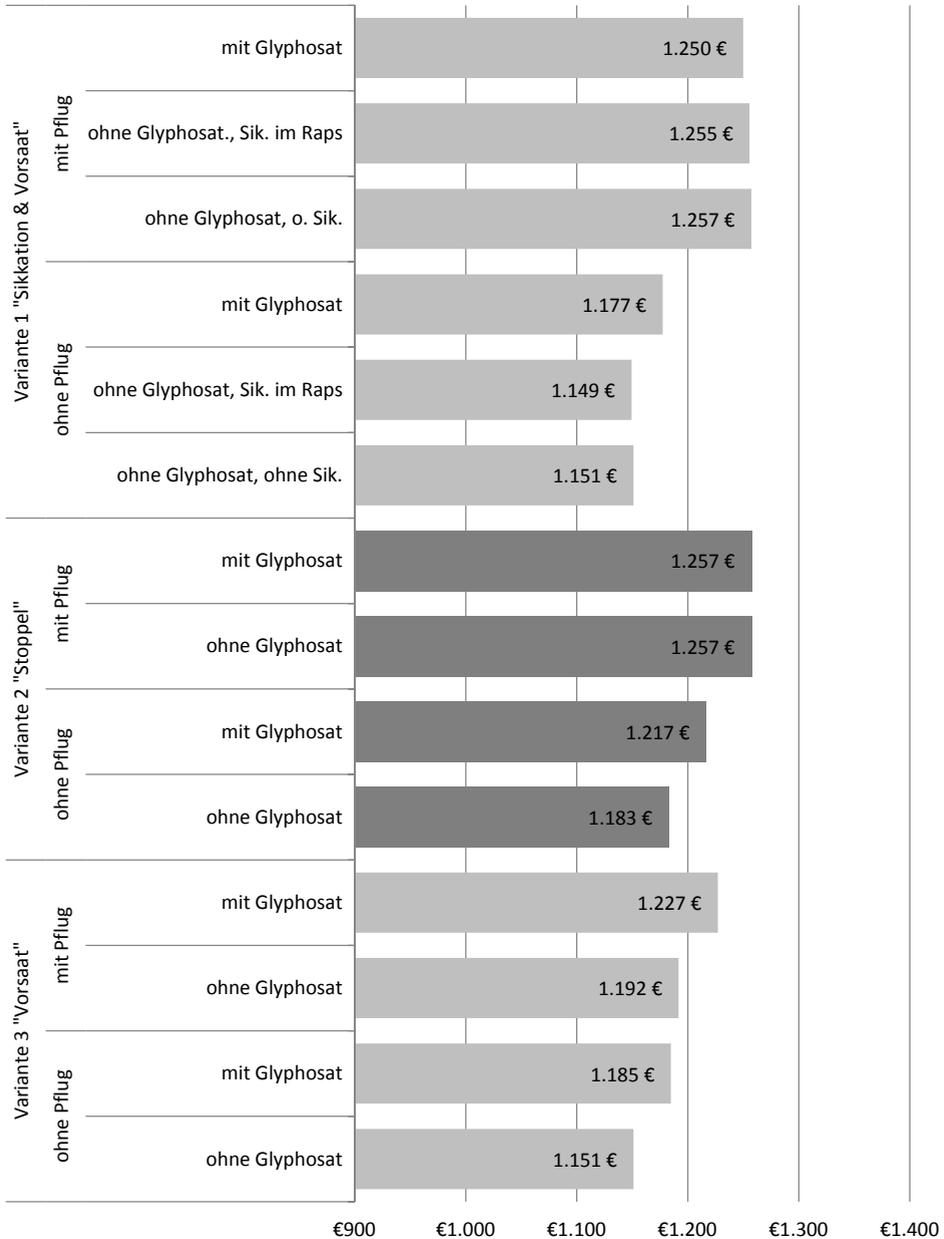


A_6.4-21: Fruchtfolge 1 „Winterung“- WRA-WW-WW. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**mit** Trocknung; Annahme: wenn aufgrund des Wegfalls von Glyphosat nicht sikkiert wird, wird stattdessen der Gesamtertrag getrocknet).



A_6.4-22: Fruchtfolge 1 WRA-WW-WW, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW; dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **ohne** Trocknung

Fruchtfolge 1 "Winterung" (WRA-WW-WW), ohne Trocknung
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)



A_6.4-23: Fruchtfolge 1 „Winterung“- WRA-WW-WW. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**ohne** Trocknung).

Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Mais-Winterweizen-Winterweizen Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“

A_6.4-24: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	1.365	1.403	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	169	0	169	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	92	92	119	119	119	119	92	92	263	92	263	92
PSKFL	1.625	1.625	1.245	1.283	1.245	1.283	1.625	1.625	1.102	1.273	1.102	1.273

A_6.4-25: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	1.297	1.403	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	153	0
Zinskosten	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1	4	1
Kosten	188	139	142	142	215	167	190	117	296	93	369	117
PSKFL	1.443	1.577	1.154	1.260	1.081	1.236	1.359	1.599	936	1.272	863	1.247

A_6.4-26: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	1.365	1.403	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	92	92	119	119	119	119	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.625	1.625	1.245	1.283	1.245	1.283	1.625	1.625	1.273	1.273	1.273	1.273

A_6.4-27: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
ohne Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	1.297	1.403	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1
Kosten	188	139	142	142	215	167	190	117	142	93	215	117
PSKFL	1.443	1.577	1.154	1.260	1.081	1.236	1.359	1.599	1.090	1.272	1.017	1.247

Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Variante 2 „Stoppel“

A_6.4-28: Fruchtfolge 2 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefen- grubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	169	0	169	0	0	0	169	0	169	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	92	92	263	92	263	92	92	92	263	92	263	92
PSKFL	1.625	1.625	1.102	1.273	1.102	1.273	1.625	1.625	1.102	1.273	1.102	1.273

A_6.4-29: Fruchtfolge 2 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefen- grubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	161	0	161	0	0	0	153	0	153	0
Zinskosten	1	1	2	1	3	1	1	1	2	1	3	1
Kosten	115	115	231	69	277	115	142	93	223	69	296	93
PSKFL	1.516	1.602	1.066	1.296	1.019	1.250	1.407	1.624	1.009	1.296	936	1.272

A_6.4-30: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.625	1.625	1.273	1.273	1.273	1.273	1.625	1.625	1.273	1.273	1.273	1.273

A_6.4-31: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	115	115	69	69	115	115	142	93	69	69	142	93
PSKFL	1.516	1.602	1.228	1.296	1.182	1.250	1.407	1.624	1.163	1.296	1.090	1.272

Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Variante 3 „Vorsaat“

A_6.4-32: Fruchtfolge 2 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	169	0	169	0	0	0	161	0	161	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	138	138	309	138	309	138	141	116	327	116	327	116
PSKFL	1.578	1.578	1.056	1.227	1.056	1.227	1.490	1.600	969	1.248	969	1.248

A_6.4-33: Fruchtfolge 2 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	161	0	161	0	0	0	153	0	153	0
Zinskosten	2	1	3	1	3	1	2	1	3	1	4	1
Kosten	188	139	277	115	350	139	190	117	296	93	369	117
PSKFL	1.443	1.577	1.019	1.250	946	1.226	1.359	1.599	936	1.272	863	1.247

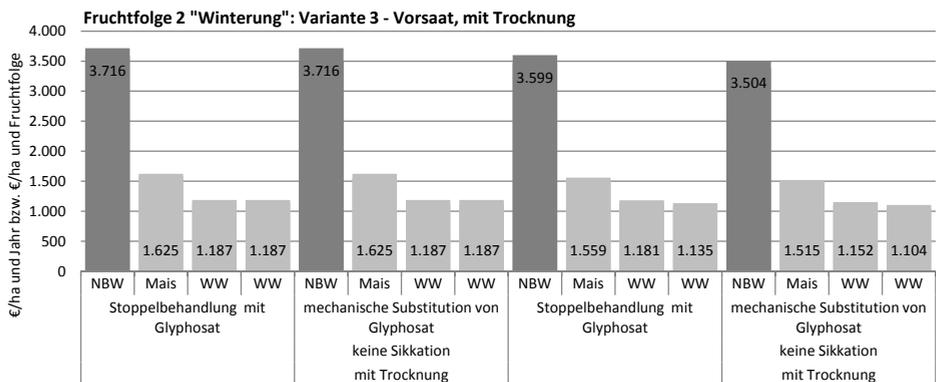
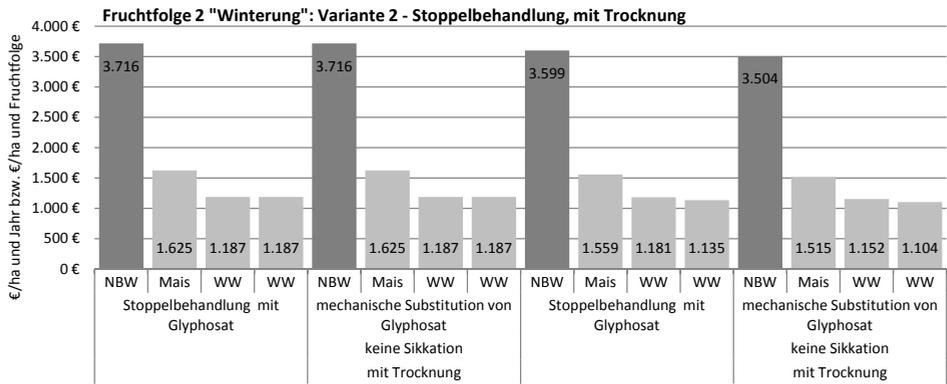
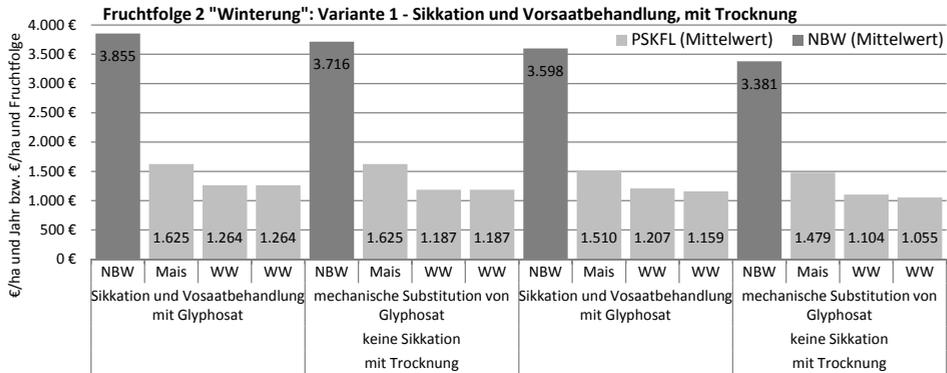
A_6.4-34: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	1.365	1.365	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	138	138	138	138	138	138	141	116	165	116	165	116
PSKFL	1.578	1.578	1.227	1.227	1.227	1.227	1.490	1.600	1.132	1.248	1.132	1.248

A_6.4-35: Fruchtfolge 2 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

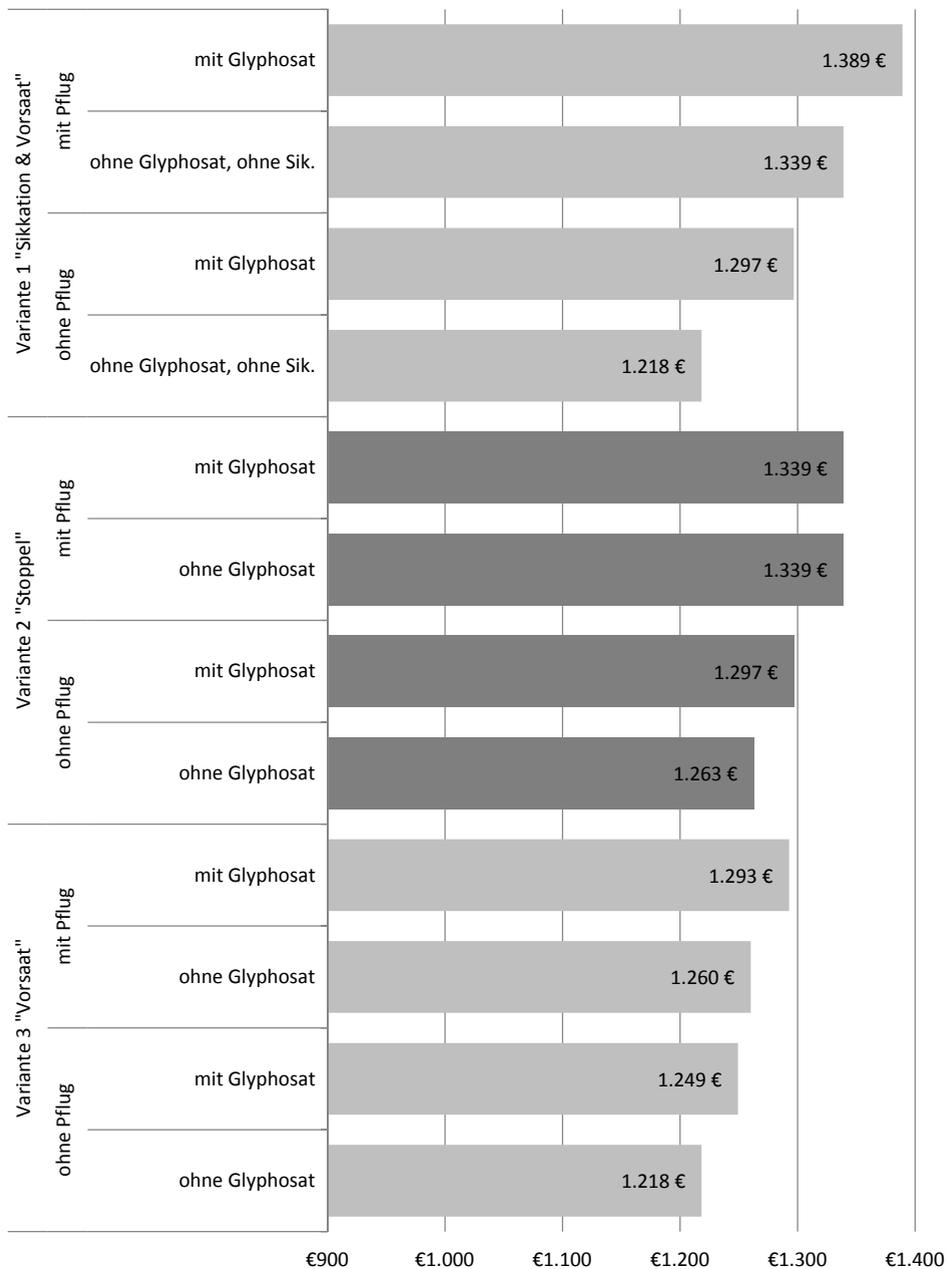
Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		WW		Mais		WW		WW	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	1.297	1.365	1.549	1.717	1.232	1.365	1.232	1.365
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1
Kosten	188	139	115	115	188	139	190	117	142	93	215	117
PSKFL	1.443	1.577	1.182	1.250	1.109	1.226	1.359	1.599	1.090	1.272	1.017	1.247

Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Zusammenfassung aller Varianten

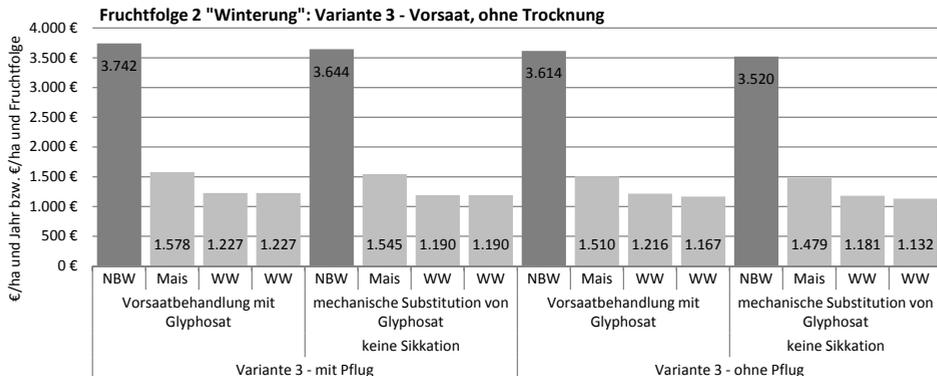
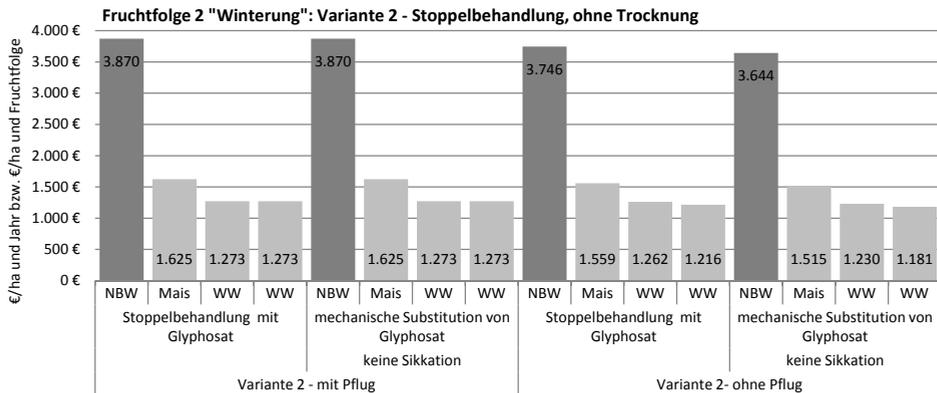
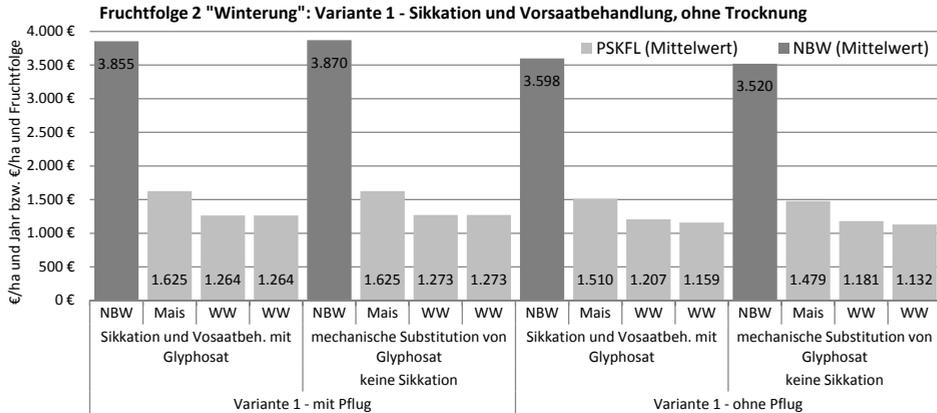


A_6.4-36: Fruchtfolge 2 Mais-WW-WW, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW; dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **mit** Trocknung

**Fruchtfolge 2 "Winterung" (Mais-WW-WW), Trocknung wenn nicht sikkiert
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)**

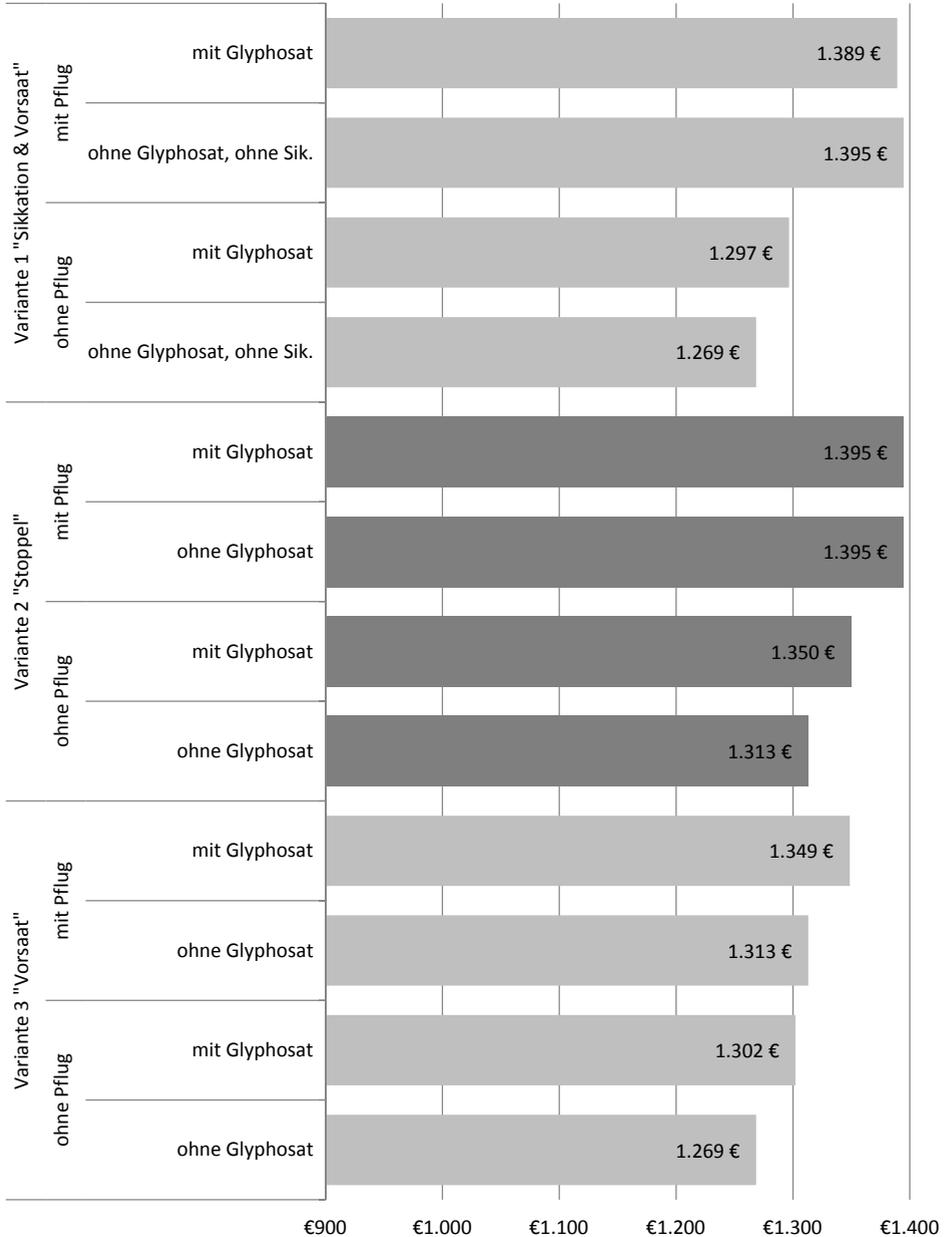


A_6.4-37: Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Mais-WW-WW. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**mit** Trocknung – Annahme: kann aufgrund des Wegfalls von Glyphosat nicht sikkiert werden, wird stattdessen der Gesamtertrag getrocknet).



A_6.4-38: Fruchtfolge 2 Mais-WW-WW, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **ohne** Trocknung

Fruchtfolge 2 "Winterung" (Mais-WW-WW), ohne Trocknung
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)



A_6.4-39: Fruchtfolge 2 „Winterung“ – Mais-WW-WW. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**ohne** Trocknung).

Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Winterraps-Winterweizen-Wintergerste

Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“

A_6.4-40: Fruchtfolge 3 “Winterung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	28	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	1.006	1.034	1.320	1.356	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	169	0	145	0	50	0	169	0	145	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	3	1	2	1
Kosten	116	116	119	119	119	119	115	115	263	92	238	92	142	92	263	92	238	92
PSKFL	1.204	1.241	1.245	1.283	887	915	1.204	1.241	1.102	1.273	768	914	1.178	1.228	1.102	1.273	768	914

A_6.4-41: Fruchtfolge 3 “Winterung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	28	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	956	1.034	1.191	1.356	1.232	1.365	908	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	131	0	45	0	153	0	131	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	4	1	3	1	1	1	4	1	3	1
Kosten	117	92	215	167	191	167	116	92	369	117	274	93	138	69	369	117	274	93
PSKFL	1.137	1.264	1.081	1.236	765	868	1.075	1.264	863	1.247	635	913	1.053	1.251	863	1.247	635	913

A_6.4-42: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	28	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	1.006	1.034	1.320	1.356	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	116	116	119	119	119	119	115	115	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.204	1.241	1.245	1.283	887	915	1.204	1.241	1.273	1.273	914	914	1.228	1.228	1.273	1.273	914	914

_6.4-43: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1 „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	28	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	956	1.034	1.191	1.356	1.232	1.365	908	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Kosten	117	92	215	167	191	167	116	92	215	117	142	93	93	69	215	117	142	93
PSKFL	1.137	1.264	1.081	1.236	765	868	1.075	1.264	1.017	1.247	767	913	1.098	1.251	1.017	1.247	767	913

Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Variante 2 „Stoppel“

A_6.4-44: Fruchtfolge 3 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	50	0	169	0	145	0	50	0	169	0	145	0
Zinskosten	1	1	3	1	2	1	1	1	3	1	2	1
Kosten	142	92	263	92	238	92	142	92	263	92	238	92
PSKFL	1.178	1.228	1.102	1.273	768	914	1.178	1.228	1.102	1.273	768	914

A_6.4-45: Fruchtfolge 3 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
ohne Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	47	0	161	0	137	0	45	0	153	0	131	0
Zinskosten	2	1	3	1	3	1	1	1	3	1	2	1
Kosten	163	115	277	115	254	115	138	69	296	93	249	93
PSKFL	1.091	1.205	1.019	1.250	702	892	1.053	1.251	936	1.272	659	913

A_6.4-46: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
PSKFL	1.228	1.228	1.273	1.273	914	914	1.228	1.228	1.273	1.273	914	914

A_6.4-47: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2 „Stoppel“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kosten	115	115	115	115	115	115	93	69	142	93	117	93
PSKFL	1.139	1.205	1.182	1.250	841	892	1.098	1.251	1.090	1.272	791	913

Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Variante 3 „Vorsaat“

A_6.4-48: Fruchtfolge 3 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	50	0	169	0	145	0	47	0	161	0	137	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	142	92	309	138	284	138	140	92	327	116	255	92
PSKFL	1.178	1.228	1.056	1.227	722	868	1.114	1.228	969	1.248	701	914

A_6.4-49: Fruchtfolge 3 „Winterung“ - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	47	0	161	0	137	0	45	0	153	0	131	0
Zinskosten	1	1	3	1	3	1	1	1	4	1	3	1
Kosten	141	69	350	139	302	139	138	69	369	117	274	93
PSKFL	1.113	1.251	946	1.226	654	867	1.053	1.251	863	1.247	635	913

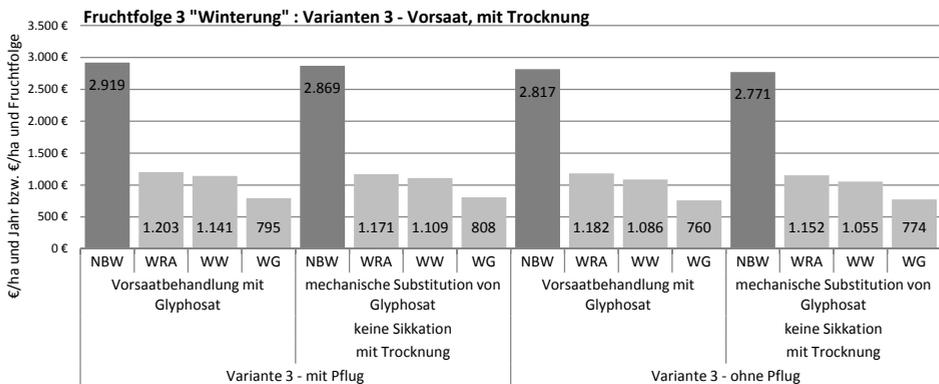
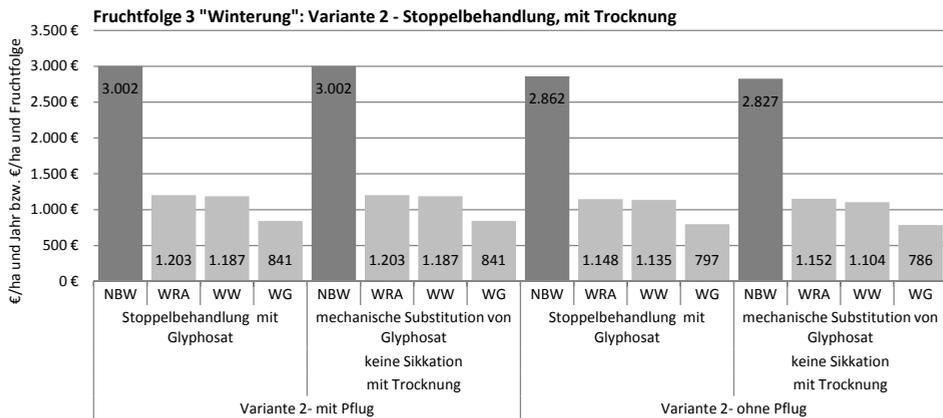
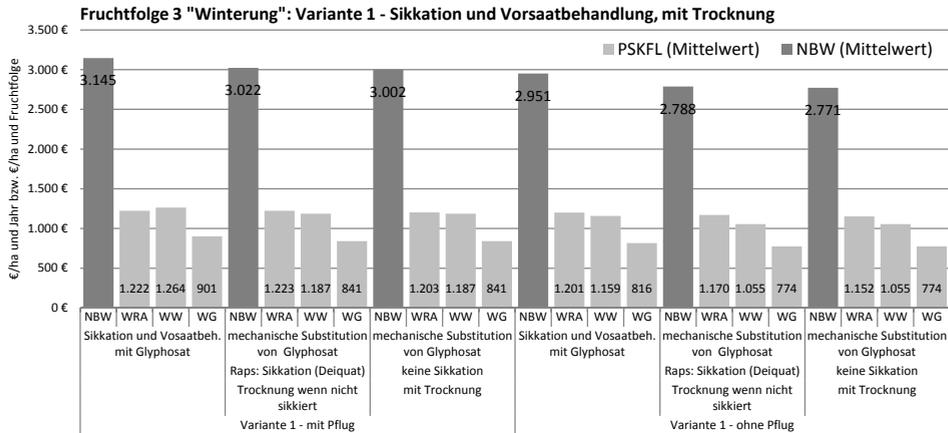
A_6.4-50: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	1.006	1.006	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Kosten	92	92	138	138	138	138	92	92	165	116	116	92
PSKFL	1.228	1.228	1.227	1.227	868	868	1.162	1.228	1.132	1.248	840	914

A_6.4-51: Fruchtfolge 3 "Winterung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 3 „Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

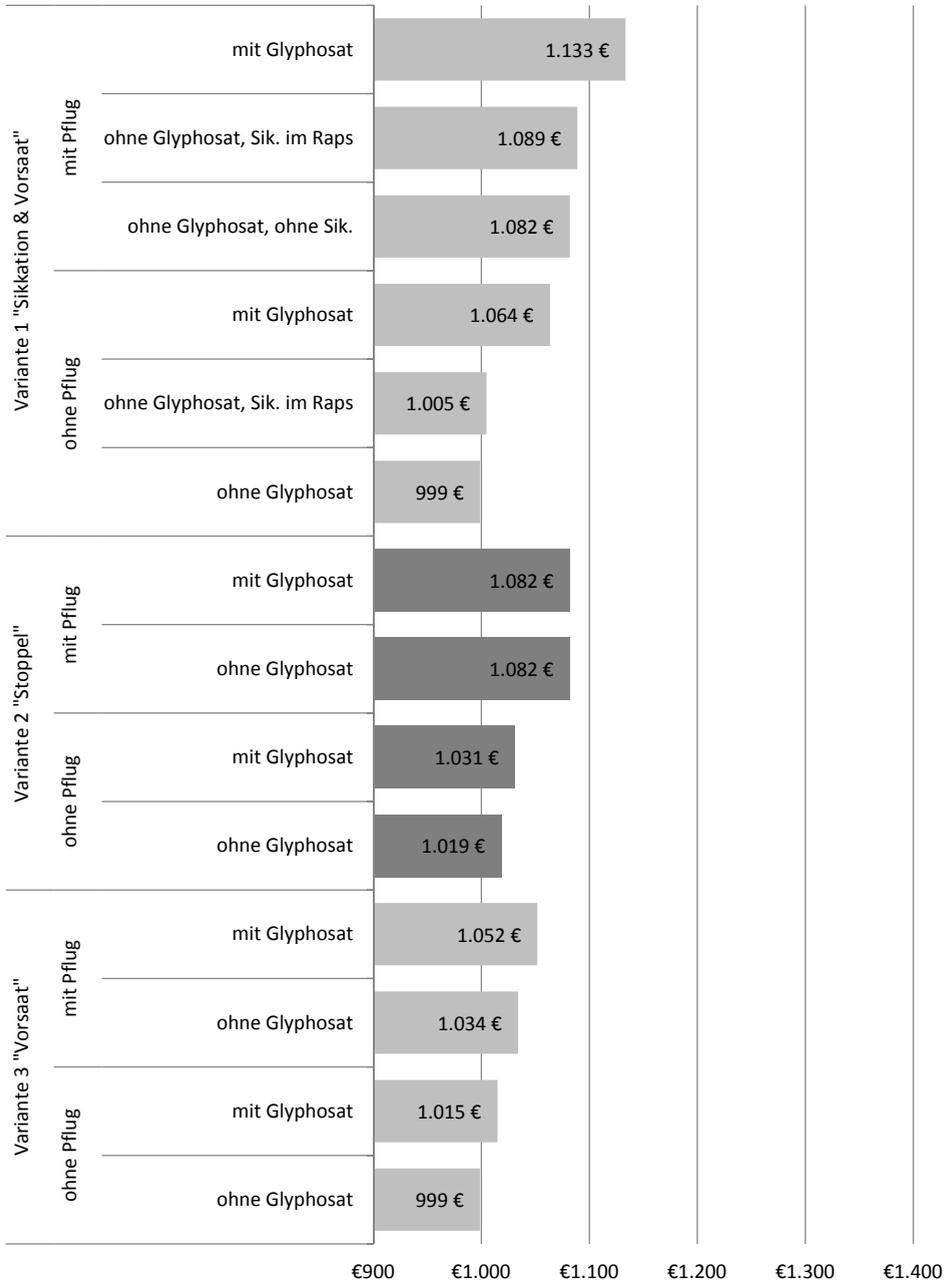
Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		WG		WRA		WW		WG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	956	1.006	1.191	1.320	1.232	1.365	908	1.006
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	72	24	48	24	24	0	72	24	48	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	24	0
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
Kosten	93	69	188	139	164	139	93	69	215	117	142	93
PSKFL	1.161	1.251	1.109	1.226	793	867	1.098	1.251	1.017	1.247	767	913

Fruchtfolge 3 „Winterung“ – Zusammenfassung aller Varianten

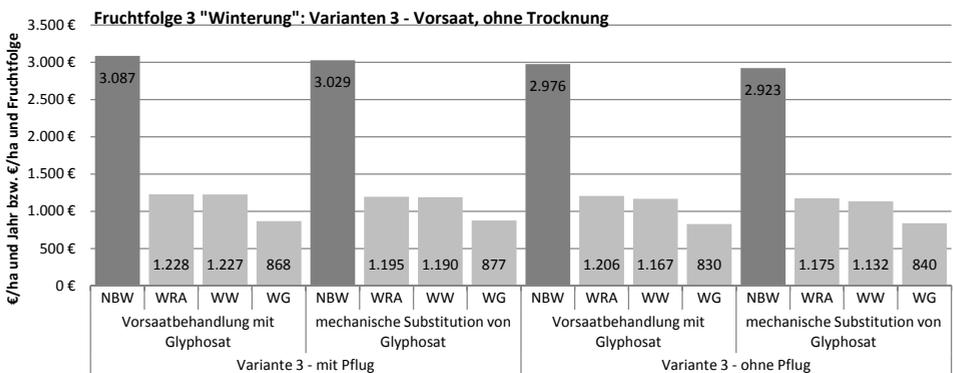
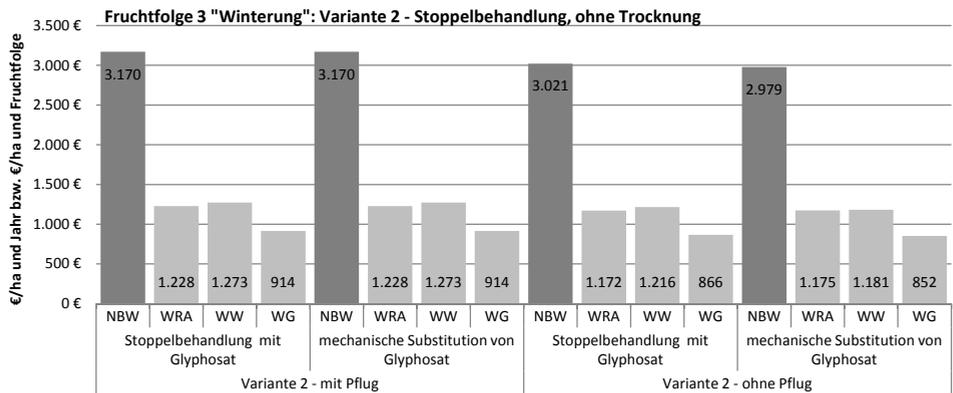
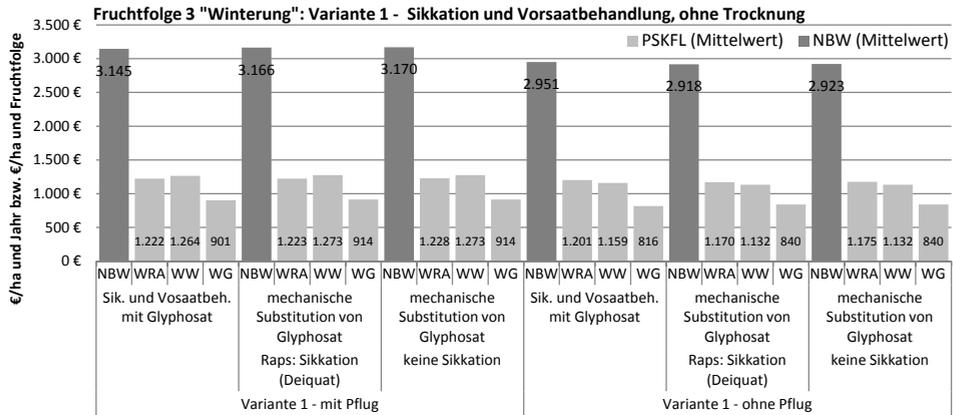


A_6.4-52: Fruchtfolge 3 WRA-WW-WG, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW; dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), mit Trocknung

**Fruchtfolge 3 "Winterung" (WRA-WW-WG), Trocknung wenn nicht sikkiert)
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)**

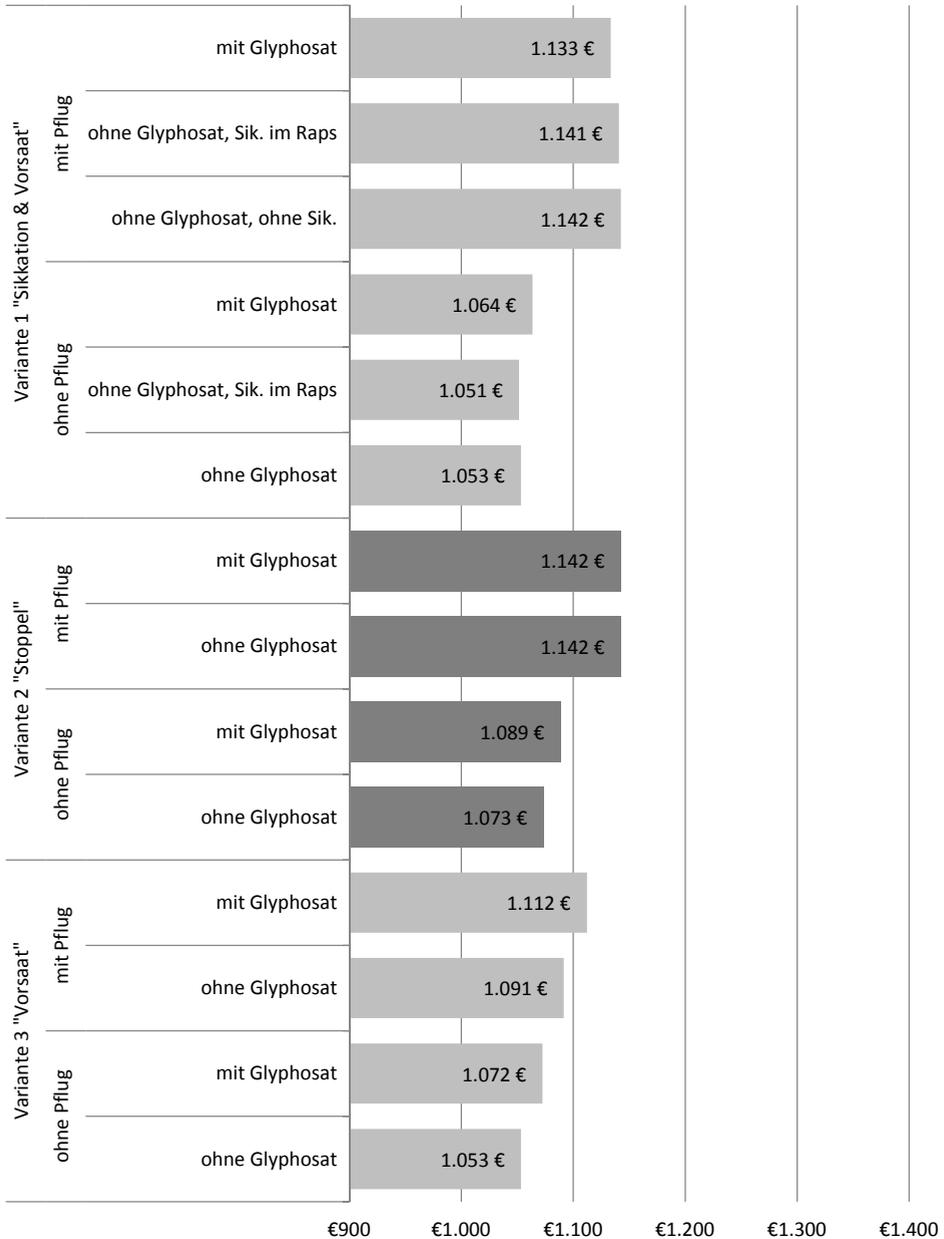


A_6.4-53: Fruchtfolge 3 „Winterung“ – WRA-WW-WG. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (mit Trocknung - kann aufgrund des Wegfalls von Glyphosat nicht sikkiert werden, wird stattdessen der Gesamtertrag getrocknet).



A_6.4-54: Fruchtfolge 3 WRA-WW-WG, Variante 1 „Sikkation und Vorsaats“, Variante 2 „Stoppel“ und Variante 3 „Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **ohne** Trocknung

Fruchtfolge 3 "Winterung" (WRA-WW-WG), ohne Trocknung
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)



A_6.4-55: Fruchtfolge 3 „Winterung“ – WRA-WW-WG. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**ohne** Trocknung).

Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Mais-Winterweizen-Sommergerste

Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“

A_6.4-56: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	957	984	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1	3	1
Kosten	138	138	166	166	166	166	141	116	327	116	272	116
PSKFL	1.578	1.578	1.199	1.237	792	818	1.490	1.600	969	1.248	637	841

A_6.4-57: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
ohne Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	910	984	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	101	0
Zinskosten	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1	3	1
Kosten	188	139	142	142	215	167	190	117	296	93	317	117
PSKFL	1.443	1.577	1.154	1.260	694	817	1.359	1.599	936	1.272	547	840

A_6.4-58: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	957	984	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1
Kosten	138	138	166	166	166	166	141	116	165	116	165	116
PSKFL	1.578	1.578	1.199	1.237	792	818	1.490	1.600	1.132	1.248	745	841

A_6.4-59: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	910	984	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	72	24	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1
Kosten	188	139	142	142	215	167	190	117	142	93	215	117
PSKFL	1.443	1.577	1.154	1.260	694	817	1.359	1.599	1.090	1.272	649	840

Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“

A_6.4-60: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	957	984	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1	3	1
Kosten	138	138	166	166	166	166	141	116	327	116	272	116
PSKFL	1.578	1.578	1.199	1.237	792	818	1.490	1.600	969	1.248	637	841

A_6.4-61: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	910	984	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	101	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	3	1
Kosten	124	124	151	151	151	151	190	117	296	93	317	117
PSKFL	1.507	1.593	1.146	1.252	759	833	1.359	1.599	936	1.272	547	840

A_6.4-62: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.403	957	984	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1
Kosten	138	138	166	166	166	166	141	116	165	116	165	116
PSKFL	1.578	1.578	1.199	1.237	792	818	1.490	1.600	1.132	1.248	745	841

A_6.4-63: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	38	0	27	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.403	910	984	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Kosten	124	124	151	151	151	151	190	117	142	93	215	117
PSKFL	1.507	1.593	1.146	1.252	759	833	1.359	1.599	1.090	1.272	649	840

Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Variante 2a „Stoppel und Vorsaart“

A_6.4-64: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaart“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	169	0	112	0	0	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	3	1	2	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	138	138	309	138	251	138	141	116	327	116	272	116
PSKFL	1.578	1.578	1.056	1.227	706	819	1.490	1.600	969	1.248	637	841

A_6.4-65: Fruchtfolge 1 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaart“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	37	37	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	9	9	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	161	0	106	0	0	0	153	0	101	0
Zinskosten	2	2	3	1	3	2	2	1	3	1	3	1
Kosten	161	161	277	115	268	161	190	117	296	93	317	117
PSKFL	1.470	1.556	1.019	1.250	641	796	1.359	1.599	936	1.272	547	840

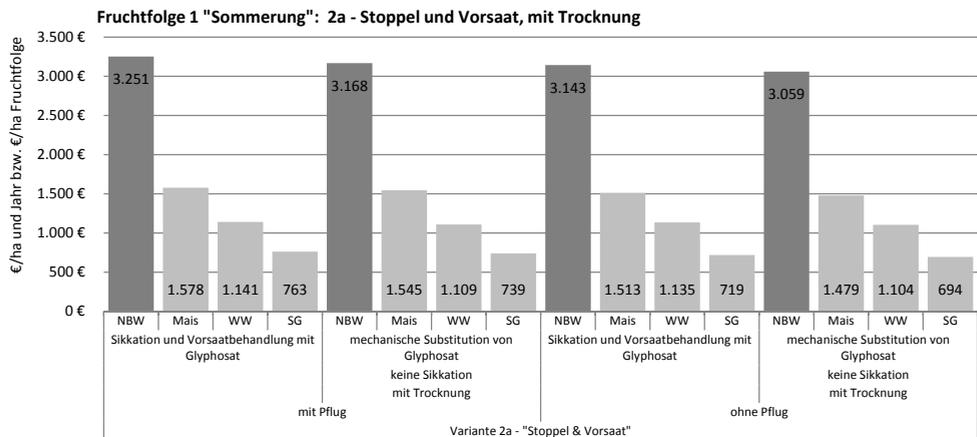
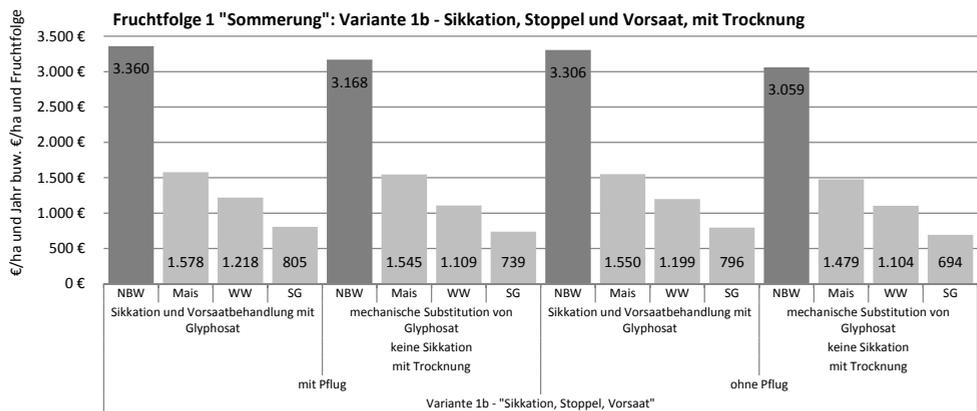
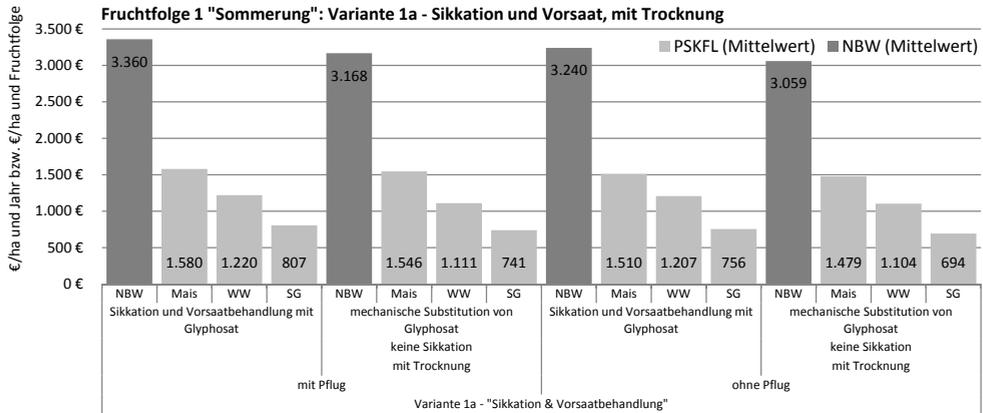
A_6.4-66: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.717	1.717	1.365	1.365	957	957	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	138	138	138	138	138	138	141	116	165	116	165	116
PSKFL	1.578	1.578	1.227	1.227	819	819	1.490	1.600	1.132	1.248	745	841

A_6.4-67: Fruchtfolge 1 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

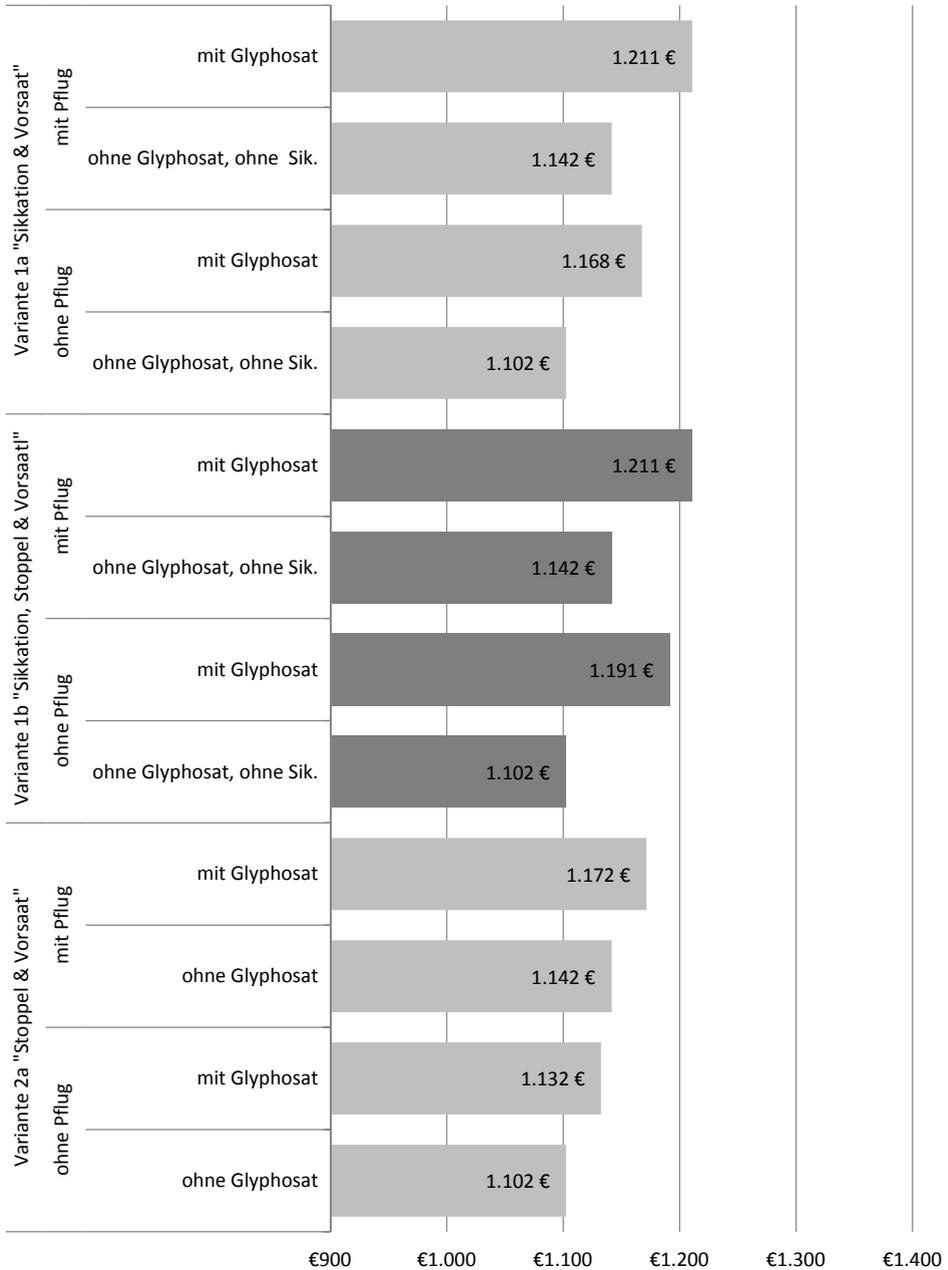
Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	Mais		WW		SG		Mais		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.631	1.717	1.297	1.365	910	957	1.549	1.717	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	72	24	0	0	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	37	37	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	48	24	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	9	9	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1
Kosten	161	161	115	115	161	161	190	117	142	93	215	117
PSKFL	1.470	1.556	1.182	1.250	748	796	1.359	1.599	1.090	1.272	649	840

Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Zusammenfassung aller Varianten

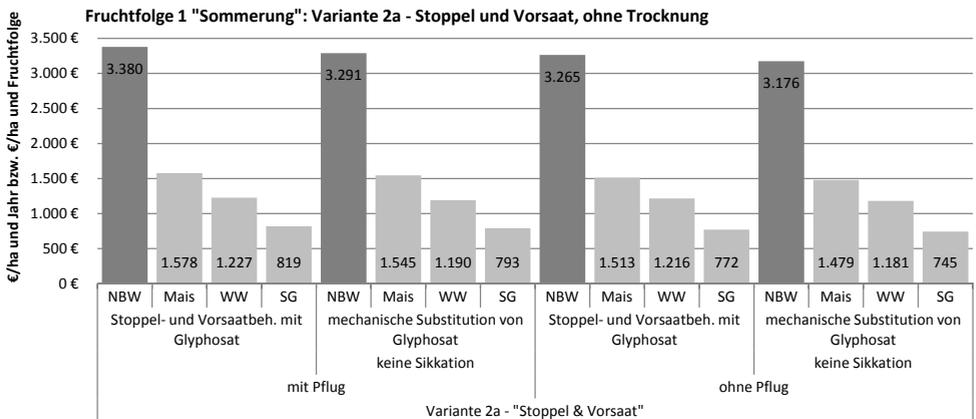
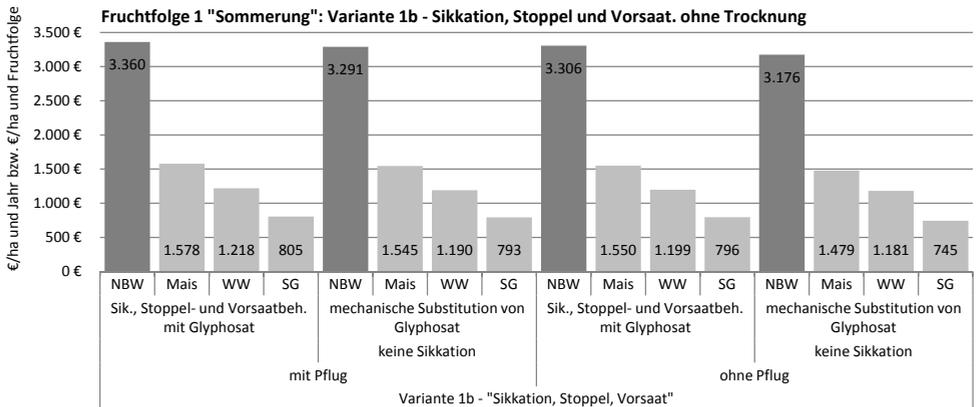
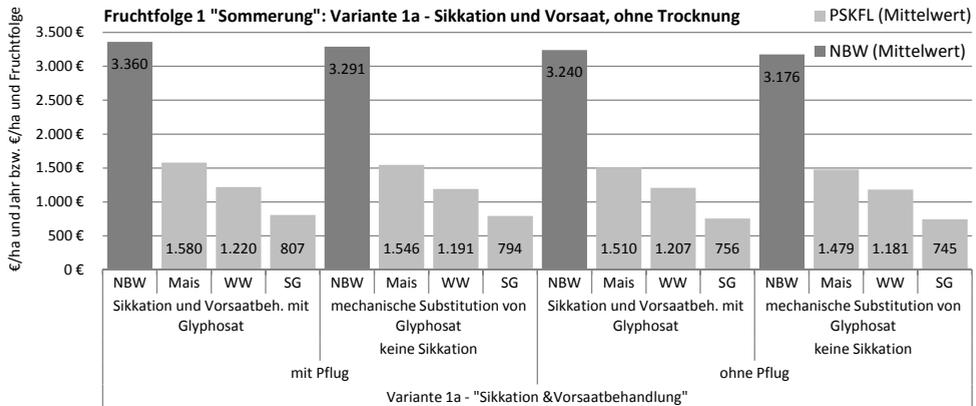


A_6.4-68: Fruchtfolge 1 Mais-WW-SG, Variante 1a „Sikkation und Vorsaar“, Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaar“ und Variante 2a „Stoppel und Vorsaar“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **mit** Trocknung

**Fruchtfolge 1 "Sommerung" (Mais -WW-SG), Trocknung wenn nicht sikkiert
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)**

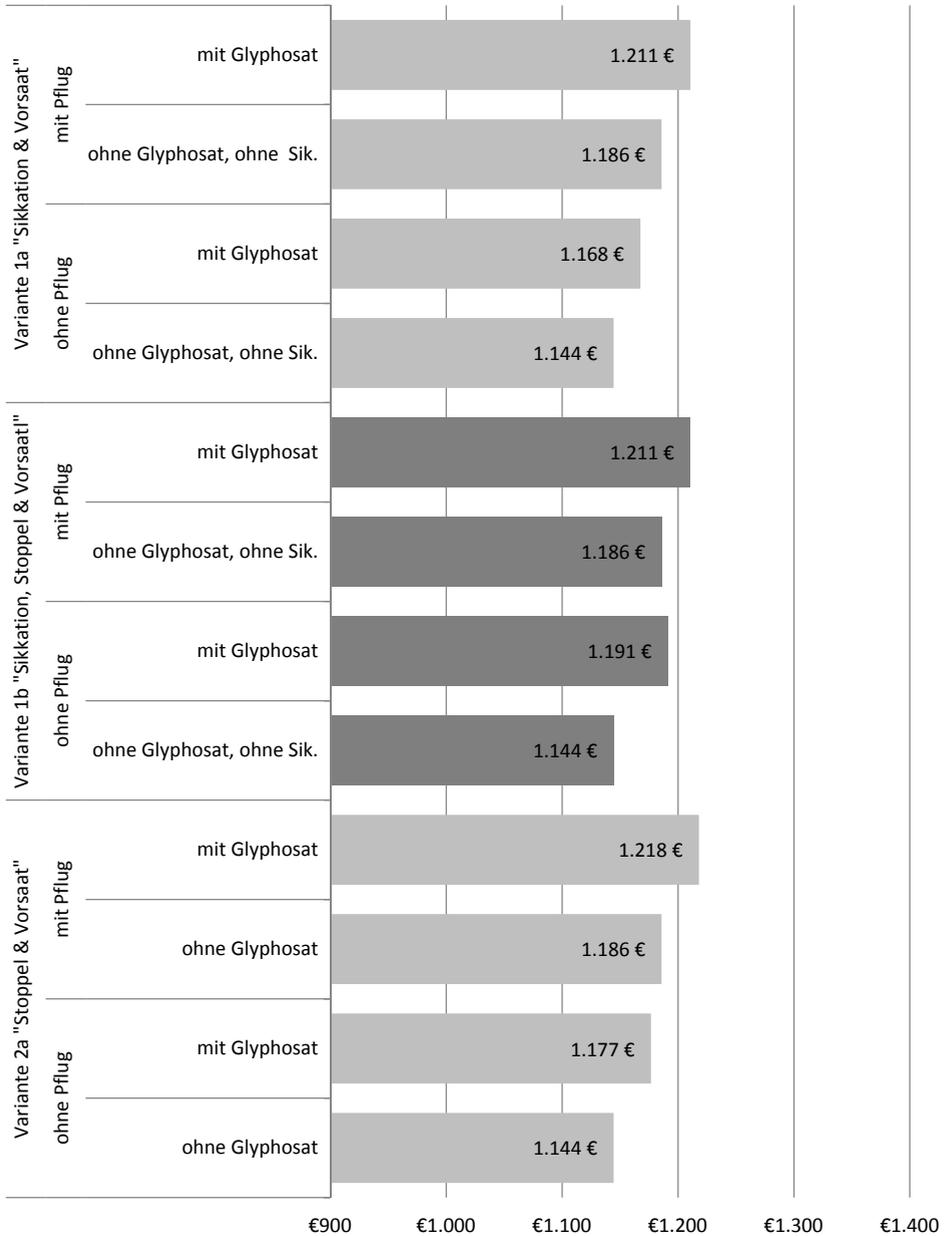


A_6.4-69: Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Mais-WW-SG. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**mit** Trocknung - kann aufgrund des Wegfalls von Glyphosat nicht sikkiert werden, wird stattdessen der Gesamtertrag getrocknet).



A_6.4-70: Fruchtfolge 1 Mais-WW-SG, Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“, Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ und Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **ohne** Trocknung

Fruchtfolge 1 "Sommerung" (Mais -WW-SG), ohne Trocknung
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)



A_6.4-71: Fruchtfolge 1 „Sommerung“ – Mais-WW-SG. Darstellung der mittleren Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**ohne** Trocknung).

Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Winterraps-Winterweizen-Sommergerste Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Variante 1a „Sikkation und Vorsaart“

A_6.4-72: Fruchtfolge 2 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaart“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha																	
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	957	984	1.254	1.356	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	106	0	47	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	116	116	166	166	166	166	115	115	327	116	272	116	140	92	327	116	272	116
PSKFL	1.204	1.241	1.199	1.237	792	818	1.138	1.241	969	1.248	637	841	1.114	1.228	969	1.248	637	841

A_6.4-73: Fruchtfolge 2 “Sommerung” - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaart“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha																	
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	910	984	1.191	1.356	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	101	0	45	0	153	0	101	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	3	2	3	2	1	1	3	2	3	2
Kosten	117	92	167	215	167	215	116	92	320	166	268	166	138	69	320	166	268	166
PSKFL	1.137	1.264	1.130	1.187	743	769	1075	1.264	911	1.199	596	791	1.053	1.251	911	1.199	596	791

A_6.4-74: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
mit Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	957	984	1.254	1.356	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	116	116	166	166	166	166	115	115	165	116	165	116	92	92	165	116	165	116
PSKFL	1.204	1.241	1.199	1.237	792	818	1.138	1.241	1.132	1.248	745	841	1.162	1.228	1.132	1.248	745	841

A_6.4-75: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
ohne Pflug	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	910	984	1.191	1.356	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
Kosten	117	92	167	215	167	215	116	92	166	166	166	166	93	69	166	166	166	166
PSKFL	1.137	1.264	1.130	1.187	743	769	1.075	1.264	1.066	1.199	698	791	1.098	1.251	1.066	1.199	698	791

Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaart“

A_6.4-76: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaart“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha																	
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	957	984	1.254	1.356	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	106	0	47	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	116	116	166	166	166	166	115	115	327	116	272	116	140	92	327	116	272	116
PSKFL	1.204	1.241	1.199	1.237	792	818	1.138	1.241	969	1.248	637	841	1.114	1.228	969	1.248	637	841

A_6.4-77: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaart“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha																	
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	910	984	1.191	1.356	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	26	26	26	26	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	101	0	45	0	153	0	101	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	2	1	1	3	2	3	2
Kosten	101	101	151	151	151	151	116	92	320	166	268	166	138	69	320	166	268	166
PSKFL	1.153	1.255	1.146	1.252	759	833	1.075	1.264	911	1.199	596	791	1.053	1.251	911	1.199	596	791

A_6.4-78: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel und Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.356	1.365	1.403	957	984	1.254	1.356	1.297	1.365	910	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	17	17	17	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	116	116	166	166	166	166	115	115	165	116	165	116	92	92	165	116	165	116
PSKFL	1.204	1.241	1.199	1.237	792	818	1.138	1.241	1.132	1.248	745	841	1.162	1.228	1.132	1.248	745	841

A_6.4-79: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaart“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Sikkation, Stoppel, Vorsaart	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)						III. Ohne Glyphosat/ohne Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
€/ha																		
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	37	0	38	0	27	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.356	1.297	1.403	910	984	1.191	1.356	1.232	1.365	864	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	15	15	19	19	19	19	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	24	72	24	72	24	0	24	72	24	72
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaart (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorsaart (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	17	17	26	26	26	26	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
Kosten	101	101	151	151	151	151	116	92	166	166	166	166	93	69	166	166	166	166
PSKFL	1.153	1.255	1.146	1.252	759	833	1.075	1.264	1.066	1.199	698	791	1.098	1.251	1.066	1.199	698	791

Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“

A_6.4-80: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“ (mit Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	50	0	169	0	112	0	47	0	161	0	106	0
Zinskosten	1	1	3	1	2	1	1	1	3	1	3	1
Kosten	142	92	309	138	251	138	140	92	327	116	272	116
PSKFL	1.178	1.228	1.056	1.227	706	819	1.114	1.228	969	1.248	637	841

A_6.4-81: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“ (mit Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (mit Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	47	0	161	0	106	0	45	0	153	0	101	0
Zinskosten	2	1	3	1	3	2	1	1	4	1	3	1
Kosten	163	115	277	115	268	161	138	69	369	117	317	117
PSKFL	1.091	1.205	1.019	1.250	641	796	1.053	1.251	863	1.247	547	840

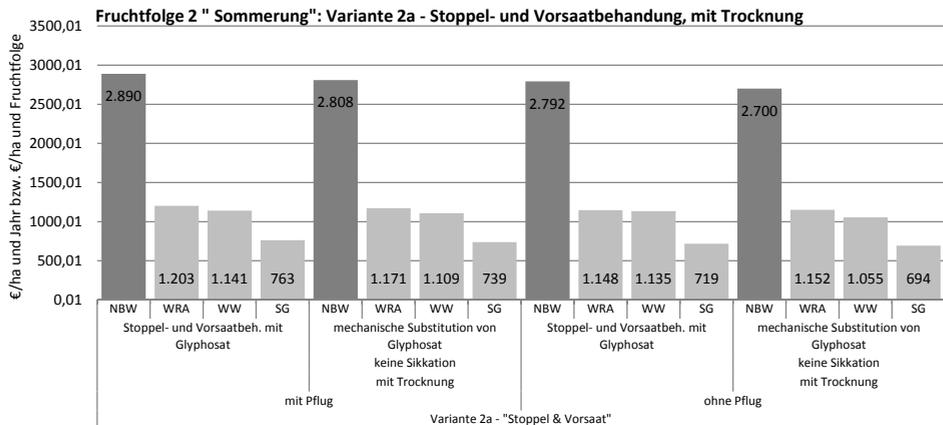
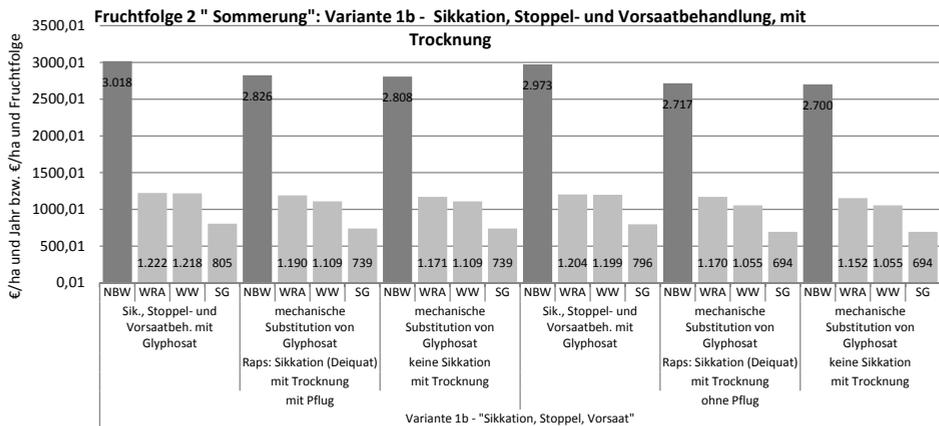
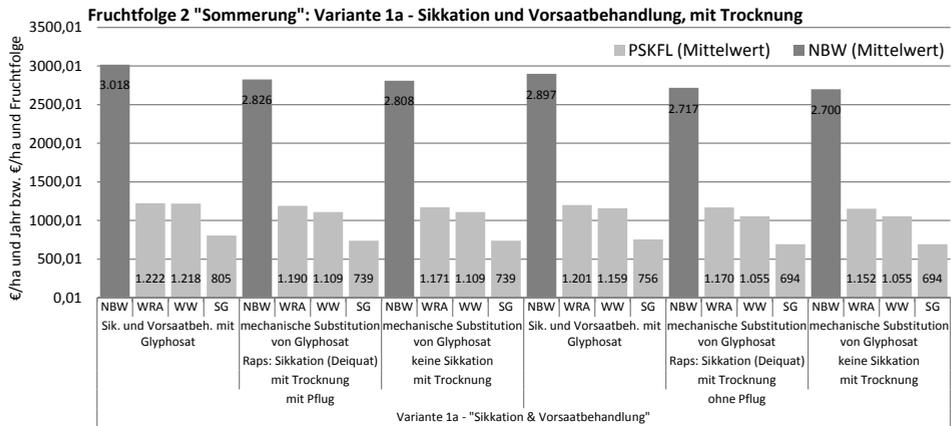
A_6.4-82: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – mit Pflug (Werte gerundet)

Stoppel und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
mit Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.320	1.320	1.365	1.365	957	957	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflug bzw. Tiefgrubber	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Vorsaat (chem.)	0	0	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Kosten	92	92	138	138	138	138	92	92	165	116	165	116
PSKFL	1.228	1.228	1.227	1.227	819	819	1.162	1.228	1.132	1.248	745	841

A_6.4-83: Fruchtfolge 2 "Sommerung" - Darstellung der Erlös- und Kostenspannen und Berechnung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistungen (PSKFL) der Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“ (ohne Trocknung) – ohne Pflug (Werte gerundet)

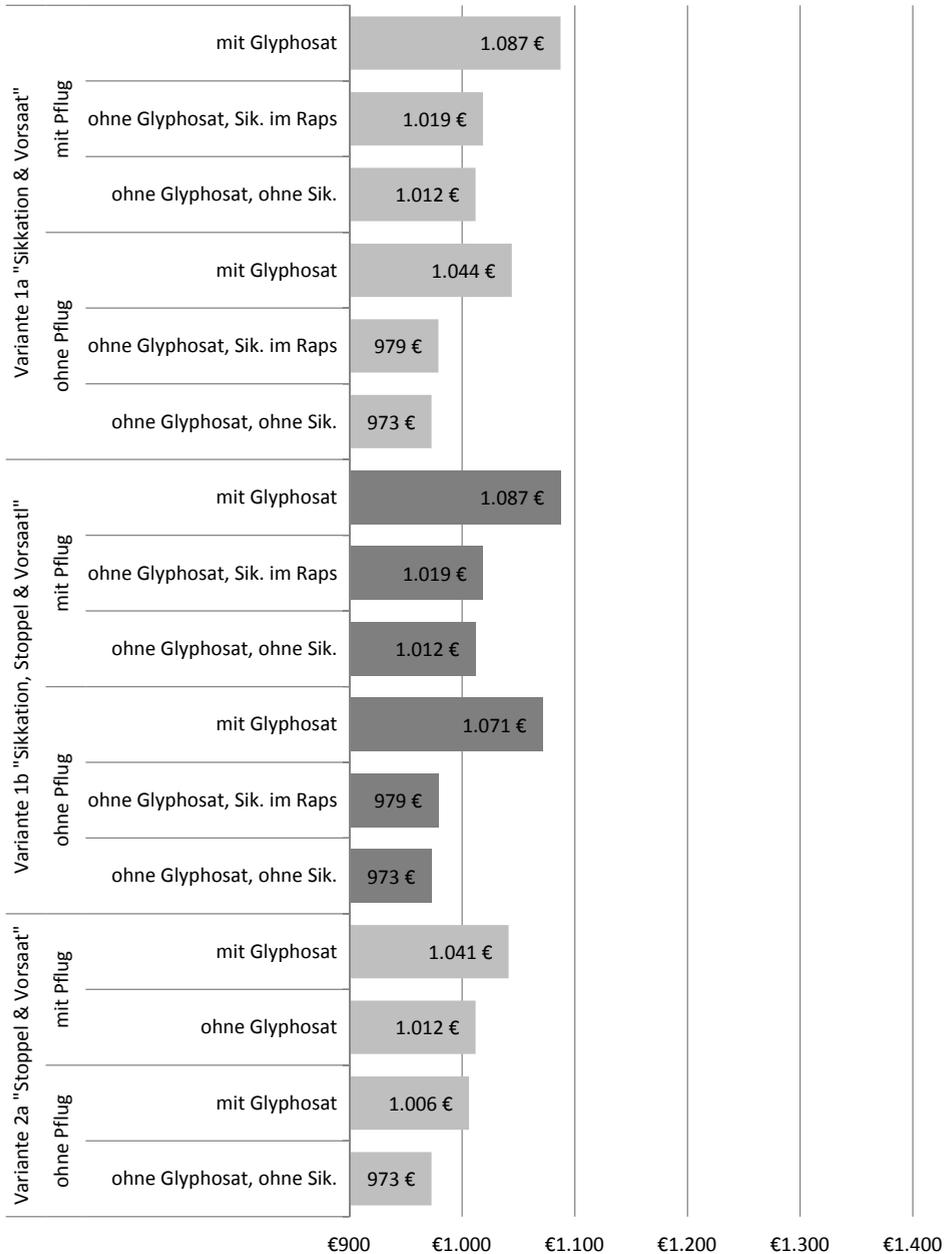
Stoppel und Vorsaat	I. Mit Glyphosat						II. Ohne Glyphosat/ggf. mit Sikkation (ohne Trocknung)					
	WRA		WW		SG		WRA		WW		SG	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
ohne Pflug	€/ha											
Erlös (inkl. Abzüge)	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Erlös (durch Sikkation)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlös	1.254	1.320	1.297	1.365	910	957	1.191	1.320	1.232	1.365	864	957
Sikkation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flache Bodenbearbeitung	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Stoppel (chem.)	37	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0
Stoppel (mech.)	0	0	0	0	0	0	24	0	72	24	72	24
Pflug bzw. Tiefgrubber	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Vorsaat (chem.)	0	0	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0
Vorsaat (mech.)	0	0	0	0	0	0	0	0	72	24	72	24
PSM-Ausbringung	9	9	9	9	17	17	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinskosten	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1
Kosten	115	115	115	115	161	161	93	69	215	117	215	117
PSKFL	1.139	1.205	1.182	1.250	748	796	1.098	1.251	1.017	1.247	649	840

Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – Zusammenfassung aller Varianten

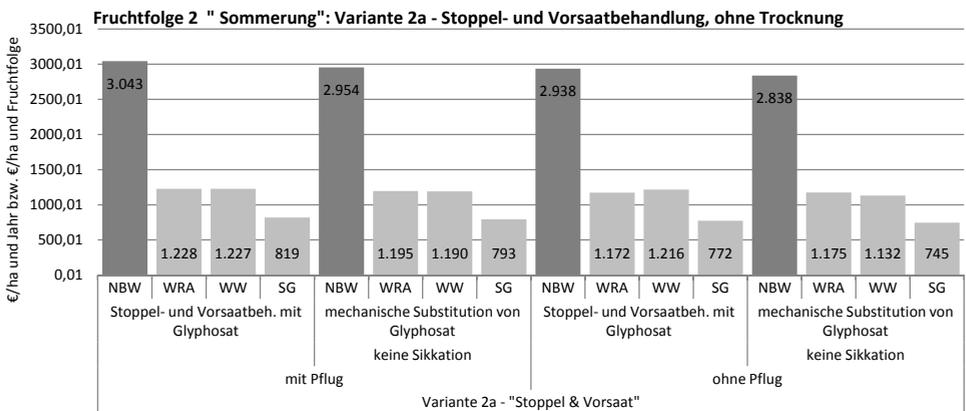
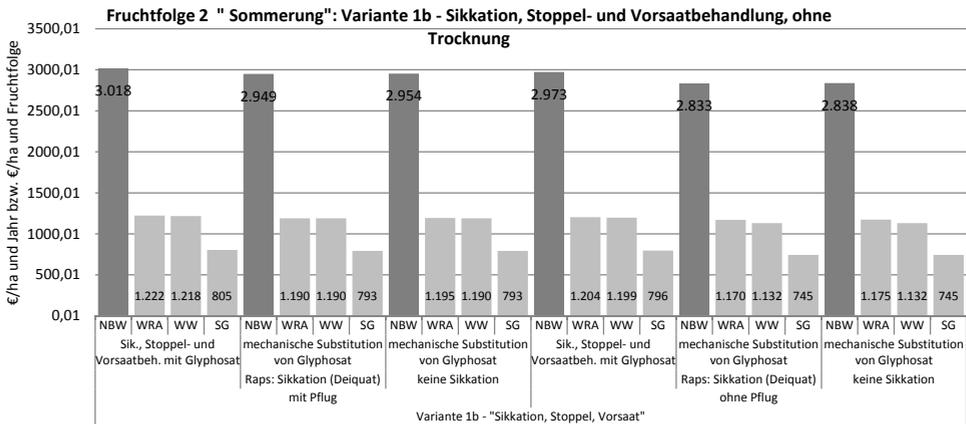
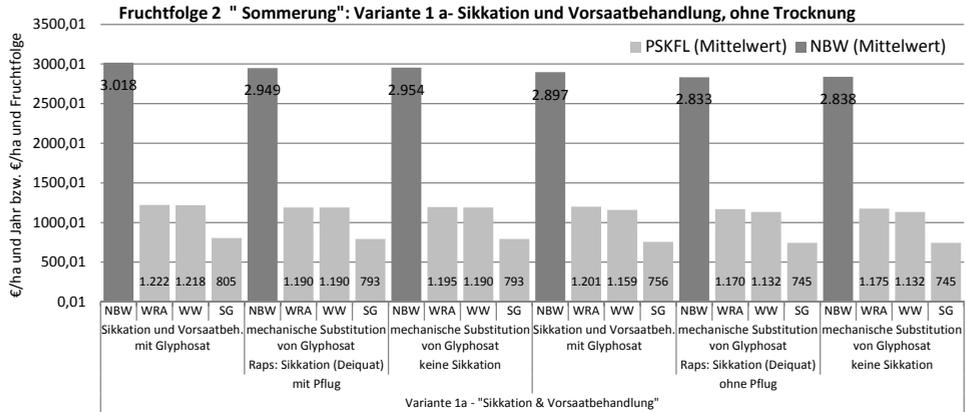


A_6.4-84: Fruchtfolge 2 WRA-WW-SG, Variante 1a „Sikkation und Vorsaats“, Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaats“ und Variante 2a „Stoppel und Vorsaats“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **mit** Trocknung

Fruchtfolge 2 "Sommerung" (WRA-WW-SG), Trocknung wenn nicht sikkiert)
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)

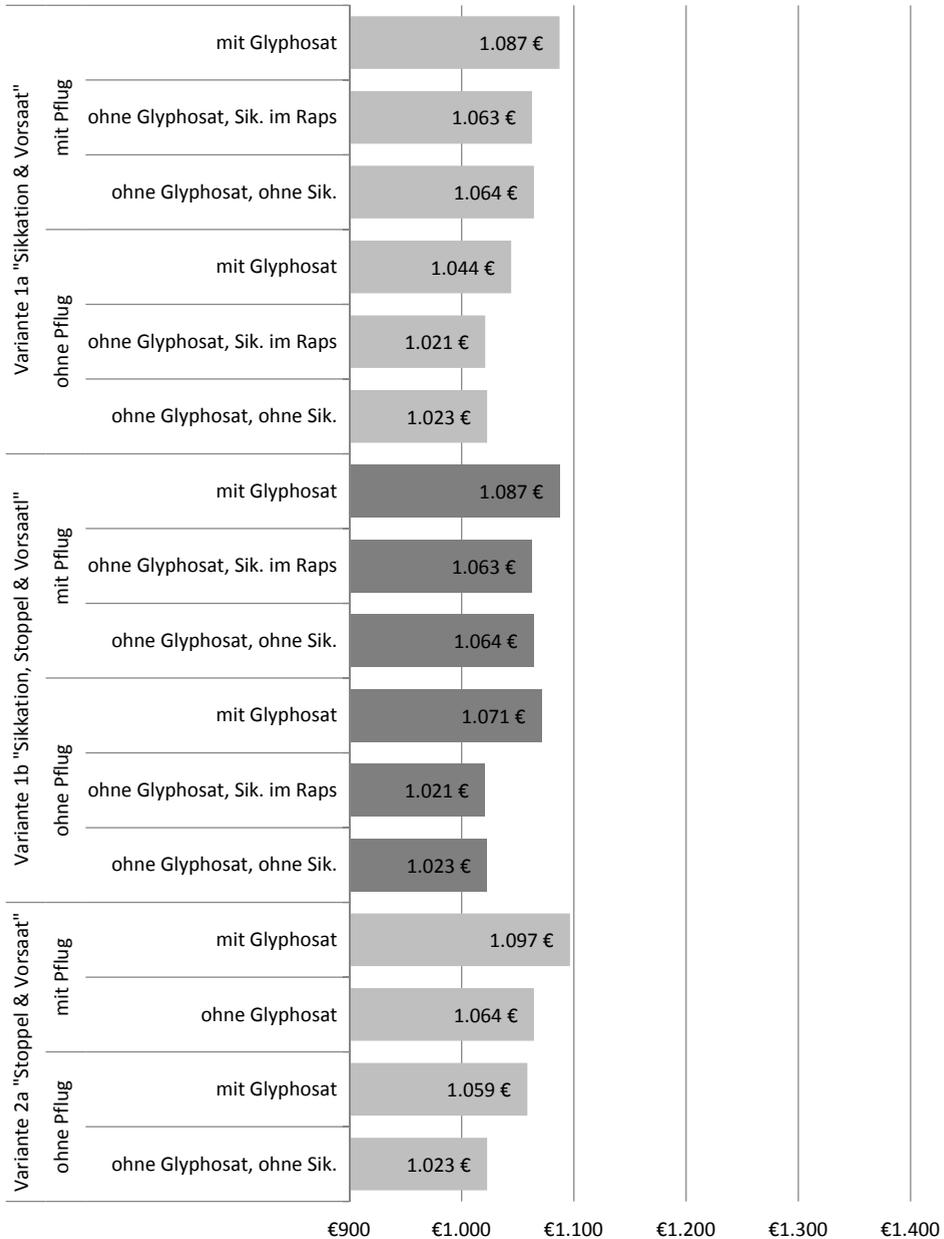


A_6.4-85: Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – WRA-WW-SG. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (mit Trocknung – Annahme: kann aufgrund des Wegfalls von Glyphosat nicht sikkiert werden, wird stattdessen der Gesamtertrag getrocknet).



A_6.4-86: Fruchtfolge 2 WRA-WW-SG, Variante 1a „Sikkation und Vorsaat“, Variante 1b „Sikkation, Stoppel und Vorsaat“ und Variante 2a „Stoppel und Vorsaat“, mit und ohne Pflug, mittlere Nettobarwerte (NBW, dunkelgrau) der Fruchtfolgen (in €/ha und Fruchtfolge) und mittlere Pflanzenschutzkostenfreie Leistungen (PSKFL, hellgrau) der einzelnen Fruchtfolgeglieder (in €/ha und Jahr), **ohne** Trocknung

Fruchtfolge 2 "Sommerung" (WRA -WW-SG), ohne Trocknung
Annuitäten in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%)



A_6.4-87: Fruchtfolge 2 „Sommerung“ – WRA-WW-SG. Darstellung der in Annuitäten umgerechneten mittleren Nettobarwerte der Fruchtfolgen in €/ha * Jahr (Zinsansatz 4%) je Behandlungsstrategie und Bodenbearbeitung (**ohne** Trocknung).

A_6.4-88: Dauerkultur Apfel - Annahmen zu Anbauverfahren und Ertragswirkungen

Anlage	3.000 Bäume/ha auf der Unterlage M9, 20 Jahr Standzeit (KTBL, 2010)	
Erzeugerpreise	35 €/dt (indirekter Absatz über Erzeugerorganisationen, Vermarktungsgebühren bereits abgezogen) (KTBL, 2010)	
Ausgangsertrag	Jahr 1: 30dt/ha, Jahr 2: 120 dt/ha, Jahr 3: 260 dt/ha, Jahr 4 :320 dt /ha, Jahr 5-20: 390 dt/ha (KTBL, 2010)	
	Variante mit Glyphosat	Variante ohne Glyphosat
Unkrautbekämpfung	<p>Die Unkrautbekämpfung in der Glyphosatvariante erfolgt durch die zweimalige Applikation von Roundup Power Flex mit einer Aufwandsmenge von 3,75 l/ha bei einem Literpreis von 9,9 €.</p> <p>Laut Zulassung ist ein Mittelwechsel zwischen den beiden Anwendungen notwendig. Zur Vereinfachung wird hier von der Anwendung des gleichen Mittels ausgegangen. (Indikation: Zulassung gemäß BVL Datenbank, Abfrage am 03.03.15; Preis: Agravis Preisliste 2014, Preis je Liter im größtmöglichen Gebinde (640l)).</p> <p>Die Unkrautbekämpfung erfolgt in 75% der Fälle nur auf den Baumstreifen (FREIER <i>et al.</i>, 2014). Es wird ein behandelter Flächenanteil von 33% unterstellt.</p> <p>Die Ausbringung wird mit 36,43 € je ha und Überfahrt veranschlagt und erfolgt mit einem Plantagentraktor (49-59 kW) und einer angebauten 600 Liter Pflanzenschutzspritze mit Herbizidspritzbalken für Baumstreifen. Der Lohnansatz beträgt 17,50 €/h. Zusätzlich wird jährlich ein Mulchgang berücksichtigt. Dieser wird gemäß der KTBL Angaben und einem Lohnansatz von 17,50 €/h mit 276 €/ha veranschlagt KTBL (2010).</p>	<p>In der Variante ohne Glyphosat erfolgt die Unkrautbekämpfung mechanisch gemäß dem ökologischen Produktionsverfahren nach KTBL-Angaben. Alle übrigen Einflussgrößen entsprechen denen des konventionellen Apfelanbaus.</p> <p>Die mechanische Unkrautbekämpfung umfasst die Baumstreifenbearbeitung mit und ohne Grasmulch, sowie den Einsatz der Handhacke. Gemäß KTBL (2010) können folgende Arbeitsgänge der Unkrautbekämpfung zugerechnet werden:</p> <p>Jahr 1: 5x Baumstreifenbearbeitung mit Grasmulch 1x Baumstreifenbearbeitung ohne Grasmulch 1x Handhacke</p> <p>Ab Jahr 2: 5x Baumstreifenbearbeitung mit Grasmulch 1x Baumstreifenbearbeitung ohne Grasmulch 2x Handhacke</p>
Ertragsverluste	keine	In Junganlagen (Jahr 1-4) wird durch die mechanische Unkrautbekämpfung und der dadurch möglichen Schädigung der Jungpflanzen ein Ertragsverlust von 0-5% vom Ausgangertrag unterstellt. Ab dem 5. Standjahr wird volle Wirkungsäquivalenz und kein Ertragsverlust unterstellt (Experteneinschätzung):

A_6.4-89: Pflanzenschutzbehandlung, Pflanzenschutzmittelpreise und Kosten für die Herbizidbehandlungen im Apfelanbau, Indikationen gemäß BVL-Zulassung, Stand 03.03.15

Pflanzenschutzmittel	Kultur	Wirkstoff	Wirkstoffmenge	Mittelpreis	Aufwandmenge	Behandelte Fläche	Kosten je Behandlung
Roundup Power Flex¹	Kernobst	Glyphosat	480 g/l	9,9 €/l ²	3,75 l/ha	33%	12,25 €/ha

¹ Gemäß Zulassung ist die Anwendung von Roundup PowerFlex je Kultur und Jahr nur einmal zulässig. Die zwei hier angenommenen Glyphosatbehandlungen müssen mit unterschiedlichen Mitteln erfolgen. Aus Gründen der Praktikabilität wird hier die Verwendung desselben Mittels angenommen.

² Pflanzenschutzmittelpreis gemäß der Agravis Preisliste 2014, Preis je Liter im größtmöglichen Gebinde (640l)

Literaturverzeichnis

- AMI, 2010: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2010. AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH: 263.
- AMI, 2011: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2011. AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH: 270.
- AMI, 2012: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2012. AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH 269.
- AMI, 2013: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2013. AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH: 241.
- ANDERT, S., J. BÜRGER AND B. GEROWITT, 2015: Glyphosate-use in North German arable farming differs regionally. XVIII. International Plant Protection Congress. Mission possible: food for all through appropriate plant protection. Berlin: 143.
- ANONYM, 2011: Metamitron in diesem Frühjahr knapp. Zuckerrübenjournal **19**, 8.
- ANONYM, 2012: Zunehmender Anbau von Leitkulturen hat Auswirkungen auf Fruchtfolge. Lüdinghausen – Die Anbauflächenentwicklung der letzten Jahre zeigt: Winterweizen, Mais, Winterraps und Wintergerste sind die wichtigsten Feldkulturen in Deutschland. Proplanta - Das Informationszentrum für die Landwirtschaft.
- ANONYM, 2013: "Ich bin mehr Öko- als Techno-Bauer". Top Agrar (12), 68-71.
- ANONYM, 2014: Ungespritztes Brotgetreide. Konservierende Bodenbearbeitung im Kraichgau. Landwirtschaft ohne Pflug (01/02), 4-12.
- ARENDT-PETER, S. und J. TAUCHNITZ, 1990: Diquat (Reglone) – ein ideales Herbizid? *Hercynia N. F.* **27** (3), 273-282.
- AUGUSTIN, B., 2013: Glyphosat: Risiken vermeiden – Handhabung optimieren! *Getreide Magazin* (3), 8-13.
- BAKER, J.M., T.E. OCHSNER, R.T. VENTEREA AND T.J. GRIFFIS, 2007: Tillage and soil carbon sequestration – What do we really know? *Agriculture, Ecosystems & Environment* **118** (2007), 1-5.
- BERGER, G., F. GRAEF AND H. PFEFFER, 2013: Glyphosate applications on arable fields considerably coincide with migrating amphibians. *Scientific Reports* **3** (2622), 1-5.
- BGR, 2015: Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind und Wasser in Deutschland. Access 18.06.2015, from http://www.bgr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/serviceSucheForm.html?nn=1542376&resourceId=1575326&input_=1542376&pageLocale=de&searchEngineQueryString=erosionsgef%C3%A4hrdung&submit=Suchen.
- BLE, 2013: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln – Forum 2013. from <http://www.nap-pflanzenschutz.de/nap-deutschland/forum/forum-2013/>.
- BMELV, 2008: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Risikominderung im Pflanzenschutz. Weniger Risiko – mehr Vertrauen. Bonn, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 32.
- BUFFIN, D. und T. JEWELL, 2001: Health and environmental impacts of glyphosate: The implications of increased use of glyphosate in association with genetically modified crops. RILEY, P., M. TAYLOR, E. DIAMAND AND H. BARRON, Pesticide Action Network UK, Friends of the Earth: 40.
- BVL, 2013: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2012. Braunschweig, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. korrigierte Version dezember 2013: 17.
- BVL, 2014a: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2013. Braunschweig, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: 17.
- BVL, 2014b: Neue Anwendungsbestimmungen für Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Glyphosat. BVL-Fachmeldungen, from http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/05_Fachmeldungen/2014/2014_05_21_Fa_Neue_Anwendung_Glyphosat.html?nn=1400938.
- BVL, 2015a: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2014. Braunschweig, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: 19.
- BVL, 2015b: Mündliche Mitteilung des BVL zu Absatzmengen von Glyphosat in Deutschland. Persönliche Mitteilung.
- BVL, 2015c: Online-Datenbank Pflanzenschutzmittel. Online-Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel, from <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>.
- COOK, S.K., S.C. WYNN AND J.H. CLARKE, 2010: How valuable is glyphosate to UK agriculture and the environment? *Outlooks on Pest Management* **21** (6), 280-284.
- DEIKE, S., B. PALLUTT AND O. CHRISTEN, 2008: Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy* **28** (3), 461-470.
- DICKEDUISBERG, M., H.-H. STEINMANN AND L. THEUVSEN, 2012: Erhebungen zum Einsatz von Glyphosat im deutschen Ackerbau. *Julius-Kühn-Archiv*. 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control **2** (434), 459-462.
- DIERAUER, H.-U. und H. STÖPPLER-ZIMMER, 1994: Unkrautbekämpfung ohne Chemie. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- DITTMANN, B., 2012: Abschließende Ergebnisse zur Wirkung von langjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung in der ökologischen Fruchtfolge Güterfelde. 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. *Julius-Kühn-Archiv* (434), 708-711.
- DLG, 2013: Glyphosat. Verantwortungsvoller Umgang mit einem Wirkstoff. DLG-Merkblatt, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. 391: 19.

- DLR, 2010: Technik der Unterstockbodenpflege. Weinbautechnik Oswald Walg.
- DROBNY, H.G., M. SALAS und J.-P. CLAUDE, 2006: Management of metabolic resistant black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations in Germany – challenges and opportunities. *Journal of Plant Diseases and Protection Sonderheft XX*, 65-72.
- DRUART, C., R. SCHEIFLER und A. DE VAUFLEURY, 2010: Towards the development of an embryotoxicity bioassay with terrestrial snails: Screening approach for cadmium and pesticides. *Journal of Hazardous Materials* (184), 26-33.
- DUCROT, V., A.R.R. PÉRY und L. LAGADIC, 2010: Modelling effects of diquat under realistic exposure patterns in genetically differentiated populations of the gastropod *Lymnaea stagnalis*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* (365), 3485-3494.
- DUKE, S.O. und S.B. POWLES, 2008: Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science* (64), 319-325.
- ENGBERINK, S., 2013: Streifenbearbeitung in Raps und Getreide-Ergebnisse einjähriger Versuche: Welche Intensität ist richtig? *Landwirtschaft ohne Pflug* (12), 32-37.
- FEIFFER, A., 2007: Eine ganz neue Sikkationsqualität. Vorerntesikkation mit Roundup UltraMax und Roundup TURBO - die neue Qualität in der Erntedurchführung. Feiffer Consult, from <http://feiffer-consult.de/index.html>.
- FEIFFER, A., P. FEIFFER, W. KUTSCHENREITER und T. RADEMACHER, 2005: Getreideernte – sauber, sicher, schnell. Ein Ratgeber rund um den Mähdrusch. *DLG Mitteilungen*, 129-134.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK, J. STRASSEMAYER und W. ZORNACH, 2015: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz. Jahresbericht 2013. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2013. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. 178: 107.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK und W. ZORNACH, 2014: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz. Jahresbericht 2012. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2012. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. 172: 115.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, E. MOLL, ... W. ZORNACH, 2012: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2011. Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2011. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. 166: 108.
- FRIEDRICH, G., 1993: Handbuch des Obstbaus. Radebeul, Neumann Verlag.
- GARVERT, H., M.N. AHMED, P.M. SCHMITZ und J.W. HESSE, 2012: Die ökonomische Bedeutung von Glyphosat für den Ackerbau in Deutschland. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung "Pflanzenschutz – alternativlos". Julius-Kühn-Archiv (438), 177-178.
- GEHRING, K., R. BALGHEIM, E. MEINLSCHMIDT und C. SCHLEICH-SAIDFAR, 2012: Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes. 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv **434**, 89-101.
- GIESY, J.P., S. DOBSON und K.R. SOLOMON, 2000: Ecotoxicological risk assessment for Roundup® Herbicide. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* **167**, 35-120.
- GUT, D., E. BARBEN, W. RIESEN und J. HUBER, 1997: Unkraut auf dem Baumstreifen fördert die Bodenfruchtbarkeit ohne Ertragsreduktion. *Obst- und Weinbau* **133** (26), 657-660.
- GUTSCHE, V., 2012: Managementstrategien des Pflanzenschutzes der Zukunft im Focus von Umweltverträglichkeit und Effizienz. *Journal für Kulturpflanzen* **64** (9), 325-341.
- GUTSCHE, V. und J. STRASSEMAYER, 2007: SYNOPSIS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutzdienst* **59** (9), 197-210.
- GUZMÁN, G., M.S.D. RODRIGÁNEZ, K. VANDERLINDEN, T. VANWALLEGHEM, A. LAGUNA und J.V. GIRALDEZ, 2015: Impacts of soil management on physical soil quality; CATCH-C project, Deliverable reference number: D3.364, No. 289782. University of Córdoba: 38.
- HACKER, E. und M. HESS, 1986: Predictions for couch (*Agropyron repens* (L.) P.B.) populations on commercially farmed fields with the help of a simulation model. *British Crop Protection Conference*. Farnham: 285-292.
- HANUSCH, H., T. KUHN und U. CANTNER, 1994: Nutzen-Kosten-Analyse. München, Verlag Franz Vahlen.
- HAUSER, R., 2011: Unterstockbodenpflege. *Obstbau Weinbau Technik*, from <http://www.obstweintechnik.eu/1020/Details?fachbeitragID=186>.
- HELANDER, M., I. SALONIEMI und K. SAIKKONEN, 2012: Glyphosate in northern ecosystems. *Trends in Plant Science* **17** (10), 569-574.
- HERRMANN, J., M. HESS, T. SCHUBEL, H. STREK, O. RICHTER und R. BEFFA, 2014: Spatial and temporal development of ACCase and ALS resistant Black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations in neighboring fields in Germany. 26th German Conference on weed Biology and Weed Control, March 11-13, 2014. Julius-Kühn-Archiv (443), 273-279.
- INFOPORTAL GLYPHOSAT, 2012, 11.12.2012: Verbleib und Abbauverhalten von Glyphosat in der Umwelt. Access 01.09.2014, from www.glyphosat.de/verbleib-und-abbauverhalten-von-glyphosat-der-umwelt.
- INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG, 1998: Ökobilanz: Beikrautregulierung im Weinbau. Berlin, Verlag Dr. Köster.
- JEZIEŃSKA-TYS, S. und A. RUTKOWSKA, 2013: Soil response to chemicals used in a field experiment. *International Agrophysics*, (27), 151-158.
- KLINGENHAGEN, G., M. WIRTH, B. WIESMANN und H. AHAUS, 2012: Occurrence of horse nettle (*Solanum carolinense* L.) in North Rhine-Westphalia. Julius-Kühn-Archiv (434), 601-604.
- KÖLLER, K. und C. LINKE, 2001: Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. Frankfurt am Main, DLG Verlag.
- KTBL: KTL-Feldarbeitsrechner. from <http://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html?sessionid=B81D63F584E3D262AE61A26E0B37013>.
- KTBL, 2010: Obstbau. Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

- KTBL, 2014: Stellungnahme zu CO₂-Emissionen bei Direktsaat mit Glyphosateinsatz im Vergleich zu werdender oder nicht werdender Bodenbearbeitung. Telefonische Anfrage von Herrn Dr. W. Kloos, Unterabteilung 51, BMEL vom 15. Januar 2014. 6.
- KULA, C., 2012: Risikomanagement für glyphosathaltige Pflanzenschutzmittel im Zulassungsverfahren. *Journal für Kulturpflanzen* **64** (6), 188-190.
- KÜPER, J.-M., 2012: Strip Till: Zeit gespart, Ertrag bewahrt! *Top Agrar* **1**, 148-152.
- LANDSCHREIBER, M., 2014: Untersuchungen zum Auflaufverhalten von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Abhängigkeit des Aussaattermins und der Winterweizensorte in Norddeutschland. 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014. *Julius-Kühn-Archiv* **443**, 324-333.
- LEMKE, R.L., R.C. IZAURRALDE, M. NYBORG und E.D. SOLBERG, 1999: Tillage and N source influence soil-emitted nitrous oxide in the Alberta Parkland region. *Canadian Journal of Soil Science* (79), 15-24.
- MAL, P., J.W. HESSE, M. SCHMITZ und H. GARVERT, 2015: Konservierende Bodenbearbeitung in Deutschland als Lösungsbeitrag gegen Bodenerosion. *Journal für Kulturpflanzen* **67** (9), 310-319.
- MALLAST, J., J. RÜHLMANN und H.-H. STEINMANN, 2015: Wird »Pfluglos« überbewertet? *DLG-Mitteilungen* **6**, 58-60.
- MENTA, C., 2012: Soil fauna diversity – Function, soil degradation, biological indices, soil restoration. Parma, Department of Evolutionary and Functional Biology: 36.
- MERTENS, M., 2011: Glyphosat und Agrogentechnik. Risiken des Anbaus herbizidresistenter Pflanzen für Mensch und Umwelt. Berlin, NABU-Bundesverband.
- MOTAVALLI, P.P., R.J. KREMER, M. FANG und N.E. MEANS, 2004: Impact of genetically modified crops and their management on soil microbially mediated plant nutrient transformations. *Journal of Environmental Quality* (33), 816-824.
- MULEWF, 2012: Bodenbearbeitungssysteme im Fokus von Ökonomie und Ökologie. Handreichung für eine differenzierte Beurteilung. Mainz, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten: 121.
- NIEMANN, P. und P. ZWARGER, 2006: Über Herbizidresistenzen bei *Apera spica-venti* (L.) P.B. *Journal of Plant Diseases and Protection Sonderheft XX*, 81-88.
- NOLTING, H.-G., 2014: Zulassungsstand von glyphosathaltigen Pflanzenschutzmitteln und die weitere Entwicklung im Zulassungsverfahren. BVL, Abteilung Pflanzenschutzmittel.
- OESAU, A., 2002: Vegetationskundliche Untersuchungen im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim 1995-2004. Zwischenbericht 2000. LPP Schriftenreihe (13), 47-55.
- PALLUTT, B., 2011: Pflügen oder Nichtpflügen – Konsequenzen für den Pflanzenschutz. *LandInForm Spezial* (2), 45-46.
- PALM, C., H. BLANCO-CANQUI, F. DECLERCK, L. GATERE und P. GRACE, 2014: Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **187**, 87-105.
- PELKA, N., 2009: Ein deutschlandweiter Vergleich der Rentabilität des Zuckerrübenanbaus. Bachelorarbeit, Universität Kiel, 62.
- PETERS, M. und F. HOLST, 2015: Persönliche Mitteilung.
- POWELL, J.R. und C.J. SWANTON, 2008: A critique of studies evaluating glyphosate effects on diseases associated with *Fusarium* spp. *Weed Research* **48**, 307-318.
- REDDY, K.N. und R.M. ZABLOTOWICZ, 2003: Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. *Weed Science* **51**, 496-502.
- REICH, J., J. DEGENER, M. FARACK, R. GÖTZ, P. GULLICH, H. HOCHBERG, . . . W. ZORN, 2006: Standpunkt zur Pfluglosen Bodenbewirtschaftung in Thüringen. Jena, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: 8.
- RELYEA, R., A., 2005a: The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications* **15** (4), 1118-1124.
- RELYEA, R.A., 2005b: The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* **15** (2), 618-627.
- RELYEA, R.A., 2005c: The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications* **15** (4), 1118-1124.
- ROCHETTE, P., 2008: No-till only increases N₂O emissions in poorly-aerated soils. *Soil and Tillage Research* (101), 97-100.
- ROSLYCKY, E.B., 1982: Glyphosate and the response of the soil microbiota. *Soil Biology & Biochemistry* **14**, 87-92.
- ROBBERG, D., 2013: Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutz in der Praxis im Jahr 2011. *Journal für Kulturpflanzen* **65** (4), 141-151.
- SANYAL, D. und A. SHRESTHA, 2008: Direct effect of herbicides on plant pathogens and disease development in various cropping systems. *Weed Science* **56** (1), 155-160.
- SCHÄFER, B.C., 2013: Weniger Risiko durch mehr Fruchtfolge. *Top Agrar* (12), 76-81.
- SCHMITZ, M. und H. GARVERT, 2012: Die ökonomische Bedeutung des Wirkstoffes Glyphosat für den Ackerbau in Deutschland. *Journal für Kulturpflanzen* **64** (5), 150-162.
- SCHMITZ, M., P. MAL und J.W. HESSE, 2015: The Importance of Conservation Tillage as a Contribution to Sustainable Agriculture: A special Case of Soil Erosion. *Agribusiness-Forschung* Nr. 33. EDITION, n.R. Gießen: 71.
- SCHULTE, M. und L. THEUVSEN, 2015: Der ökonomische Nutzen von Herbiziden im Ackerbau unter besonderer Berücksichtigung des Wirkstoffes Glyphosat. *Journal für Kulturpflanzen* **67** (8), 269-279.
- SCHULTE, M., A. WIESE, H.-H. STEINMANN und L. THEUVSEN, 2015: Glyphosat: So setzen es Landwirte wirklich ein. *Top Agrar* (9), 54-56.
- SCHWARZ, J., 2013: Energetische Betrachtung zum Einsatz von Herbiziden und Bodenbearbeitung. *Gesunde Pflanzen* **65**, 33-37.

- SCHWARZ, J. und B. PALLUTT, 2012: Dauerfeldversuch nach Neuausrichtung. Dauerfeldversuche im Rahmen der Pflanzenschutzforschung Teil 2: Einfluss von Bodenbearbeitung und Pflanzenschutzstrategien auf Verunkrautung und Ertrag. *Landwirtschaft ohne Pflug* **12**, 19-22.
- SCHWARZ, J. und B. PALLUTT, 2014: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Verunkrautung in einem Dauerfeldversuch. 26th German Conference on weed Biology and Weed Control, March 11-13, 2014. *Julius-Kühn-Archiv* **443**, 141-148.
- SERMANN, B., H. KNUTH und W. BOKELMANN, 2002: Bundesweite Befragung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Haus- und Kleingartenbereich. Abschlussbericht für das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin-Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus. Fachgebiet Ökonomik der Gärtnereischen Produktion: 94.
- SPRENGER, U., 2014: Umweltrisiko Glyphosat. Untersuchung der Pestizidbelastung durch den Anbau von Silomais in drei Landkreisen in Brandenburg. Berlin, Naturschutzbund Deutschland: 45.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2010a: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden (ELPM). *Fachserie 3 Heft 5*: 132.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2010b: Statistisches Jahrbuch 2010 für die Bundesrepublik Deutschland mit "Internationalen Übersichten". Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011: Statistisches Jahrbuch 2011 für die Bundesrepublik Deutschland mit "Internationalen Übersichten". Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2012: Statistisches Jahrbuch. Deutschland und Internationales. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013a: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wachstum und Ernte - Feldfrüchte. *Fachserie 3 Reihe 3.2.1*. DESTATIS. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt: 80.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013b: Statistisches Jahrbuch. Deutschland und Internationales. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- STEFFEN, D. und A.-K. GIRBIG, 2012: Glyphosat in niedersächsischen Oberflächengewässern – Beeinflussung durch vermehrten Betrieb von Biogasanlagen? Hildesheim, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: 11.
- STEINERT, K., 2013: Vertical Tillage: Lockern ohne zu mischen und zu wühlen. Umdenken bei der Bodenbearbeitung. *Landwirtschaft ohne Pflug* **12**, 26-31.
- STEINMANN, H.-H., 2013a: Ackerbauliche Bedeutung von Glyphosat. DLG Wintertagung. Frankfurt/Main, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
- STEINMANN, H.-H., 2013b: Glyphosat – ein Herbizid in der Diskussion und die Suche nach dem „Notwendigen Maß“ *Gesunde Pflanzen* **65** (2), 47-56.
- 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.
- STEINMANN, H.-H., A. WIESE, M. SCHULTE, L.A. KONING, L. THEUVSEN und B. GEROWITT, 2015: Agronomic consequences of glyphosate use - field and farm studies from Germany. XVIII. International Plant Protection Congress. Mission possible: food for all through appropriate plant protection. Berlin: 143-143.
- STOATE, C., N.D. BOATMAN, R.J. BORRALHO, C.R. CARVALHO, G.R. DE SNOO und P. EDEN, 2001: Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* **63**, 337-365.
- STRASSEMAYER, J. und V. GUTSCHE, 2010: The approach of the german pesticide risk indicator SYNOPSIS in frame of the National Action Plan for sustainable use of pesticides. Leysin, OECD, Julius Kühn-Institut: 19.
- TAPPESEYER, B., W. REICHENBECHER und H. TEICHMANN, 2014: Agronomic and environmental aspects of the cultivation of genetically modified herbicide-resistant plants. BfN Skripten. Bonn, Umweltbundesamt (UBA), Environment Agency Austria (EAA), Schweizerische Eidgenossenschaft (FOEN). 362: 77.
- VERA, M.S., L. LAGOMARSINO, M. SYLVESTER, G.L. PÉREZ, P. RODRÍGUEZ, H. MUGNI, . . . H. PIZARRO, 2010: New evidences of Roundup® (glyphosate formulation) impact on the periphyton community and the water quality of freshwater ecosystems. *Ecotoxicology* **19** (4), 710-721.
- VON ALVENSLEBEN, R. und R. BRINKMANN, 1991: Erhebung über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Haus- und Kleingartenbereich. Münster, Hilltrup Landwirtschaftsverlag.
- WAGNER, N. und S. LÖTTERS, 2013: Possible correlation of the worldwide amphibian decline and the increasing use of glyphosate in the agrarian industry. BfN-Skripten Bonn, Bundesamt für Naturschutz (BfN) 343: 224.
- WÖHE, G. und U. DÖRING, 2010: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München, Verlag Franz Vahlen.
- ZIMMER, J., 2015: Mechanische Pflege der Baumstreifen. Magazin für den erfolgreichen Obstbau-Profi. Abgerufen am 09.06.2015 from <http://www.poma-online.de/Mechanische-Pflege-der-Baumstreifen,QUIEPTM3OTMzMzImTUIEPTczNjk4.html>.

Veröffentlichungen des JKI

Das **Julius-Kühn-Archiv** setzt die seit 1906 erschienenen Mitteilungshefte, eine Reihe von Monographien unterschiedlichster Themen von Forschungsarbeiten bis zu gesetzlichen Aufgaben fort. Alle bisher erschienenen Ausgaben sind OPEN ACCESS kostenfrei im Internet (<http://pub.jki.bund.de>) zu lesen.

Öffentlichkeit und Fachwelt versorgen wir zusätzlich mit verschiedenen Informationsangeboten über alle Aspekte rund um die Kulturpflanzen. Hierfür stehen Broschüren, Faltblätter, Fachzeitschriften und Monographien, Datenbanken und Themenportale im Internet zur Verfügung.

Seit 2009 wird vom Julius Kühn-Institut als wissenschaftliches Fachorgan das **Journal für Kulturpflanzen – Journal of Cultivated Plants** (vormals Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes) monatlich herausgegeben (<http://www.journal-kulturpflanzen.de>).

Weiterführende Informationen über uns finden Sie auf der Homepage des Julius Kühn-Instituts unter **<http://www.jki.bund.de>**.

Spezielle Anfragen wird Ihnen unsere Pressestelle (**pressestelle@jki.bund.de**) gern beantworten.

Anschrift für **Tauschsendungen**:

Please address **exchanges** to:

Adressez **échanges**, s'il vous plait:

Para el **canje** dirigirse por favor a:

Informationszentrum und Bibliothek
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Königin-Luise-Straße 19
D-14195 Berlin, Germany
E-Mail: ib@jki.bund.de



 **JKI**
Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

