

# Dropleg-Verfahren: Ein Beitrag zur Risikominderung?!

Schriftenreihe, Heft 12/2021



# Untersuchung des Dropleg-Verfahrens mit Fokus auf Praxistauglichkeit und Vermeidung ungewollter Stoffeinträge in den Naturhaushalt

Andreas Dittrich, Anke Hoppe, Andela Thate, Dr. Angelika Reichel

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1	Hintergrund des Vorhabens .....	7
1.2	Technische Details zum Dropleg-Verfahren.....	9
<b>2</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>11</b>
2.1	Untersuchungsstandorte.....	11
2.2	Versuchsaufbau und -durchführung.....	12
2.2.1	Rückstands- und Ertragsanalyse im Winterraps (Versuchsstationen) .....	12
2.2.2	Rückstands- und Ertragsanalyse im Winterraps (Praxisbetriebe) .....	12
2.2.3	Honig- und Pollenanalyse im Winterraps (LVG Köllitsch).....	13
2.2.4	Abdrift- und Ertragsanalyse im Winterweizen (Praxisbetriebe).....	13
2.3	Statistische Analysen .....	15
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>16</b>
3.1	Untersuchungen Winterraps (Versuchsstationen).....	16
3.1.1	Ertrag und Qualitätsparameter.....	16
3.1.2	Wirkstoff-Rückstände .....	17
3.1.3	Kontrolle von Weißstängeligkeit.....	18
3.2	Untersuchungen Winterraps (Praxisbetriebe) .....	19
3.2.1	Ertrag und Qualitätsparameter.....	19
3.2.2	Wirkstoff-Rückstände .....	20
3.2.3	Kontrolle von Weißstängeligkeit.....	21
3.3	Vergleichsanalyse Honig- und Pollenproben von Winterraps (LVG Köllitsch) .....	22
3.4	Untersuchungen Winterweizen (Praxisbetriebe) .....	22
3.4.1	Ertrag und Qualitätsparameter.....	22
3.4.2	Abdrift der Wirkstoffe .....	23
3.4.3	Kontrolle von Septoria-Blattflecken und Gelbrost.....	25
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>29</b>
4.1	Dropleg-Technik im Winterraps .....	29
4.1.1	Ertrag, Qualitätsparameter und Kontrolle Weißstängeligkeit.....	29
4.1.2	Wirkstoff-Rückstände Pflanzenmaterial .....	29
4.1.3	Wirkstoff-Rückstände Honig und Pollen.....	30
4.2	Dropleg-Technik im Winterweizen .....	31
4.2.1	Ertrag, Qualitätsparameter und Kontrolle Septoria-Blattflecken .....	31
4.2.2	Abdrift der Wirkstoffe .....	31
4.3	Erfahrungen aus der Praxis .....	32
<b>5</b>	<b>Beitrag zur Risikominderung(?)!</b> .....	<b>34</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>35</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>37</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Befallshäufigkeit mit Weißstängeligkeit im Winterraps auf Beobachtungsflächen in Sachsen von 2010 bis 2020.....	7
Abbildung 2:	Befallshäufigkeit mit Septoria-Blattflecken in unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Winterweizen auf Beobachtungsflächen in Sachsen von 2000 bis 2020 .....	9
Abbildung 3:	Spritzbild der Droplegs in Abhängigkeit der Einstellungen und verwendeten Düsen. ....	10
Abbildung 4:	Selbstkonstruierte Messvorrichtung zur Bestimmung der Abdrift von Wirkstoffen am Rand von konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Parzellen. ....	14
Abbildung 5:	Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration von Fluopyram im Blüten- und Stängelbereich .....	17
Abbildung 6:	Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration von Prothioconazol-desthio im Blüten- und Stängelbereich .	18
Abbildung 7:	Befallshäufigkeit von Winterraps mit <i>Sclerotinia sclerotium</i> in Abhängigkeit unterschiedlicher Applikationshäufigkeit und -technik. Bonitiert im BBCH 80-85 an 25 Pflanzen pro Parzelle .....	19
Abbildung 8:	Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsenteknik (Dropleg vs. Konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration im Blüten- und Stängelbereich.....	20
Abbildung 9:	Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration im Blüten- und Stängelbereich.....	21
Abbildung 10:	Wirkstoffkonzentration Bixafen in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell). ....	24
Abbildung 11:	Wirkstoffkonzentration Spiroxamin in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell). ....	24
Abbildung 12:	Befallshäufigkeit von Winterweizen mit <i>Septoria tritici</i> im Rahmen der Entscheidungsbonituren in Praxisbetrieb 1 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM.	25
Abbildung 13:	Befallshäufigkeit von Winterweizen mit <i>Septoria tritici</i> im Rahmen der Entscheidungsbonituren in Praxisbetrieb 2 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM.	26
Abbildung 14:	Boxplots zur Verdeutlichung der Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit mit <i>Septoria tritici</i> des Winterweizen-Fahnenblatts in Abhängigkeit der Prüfglieder .....	27
Abbildung 15:	Boxplots zur Verdeutlichung der Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit des F-1 Blattes in Abhängigkeit der Prüfglieder .....	28

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die erhobenen Parameter im Winterraps im Zeitraum 2018 bis 2020. ....	11
Tabelle 2: Übersicht über die erhobenen Parameter im Winterweizen im Jahr 2020.....	12
Tabelle 3: Ergebnisse eines linearen gemischten Modells hinsichtlich des Effekts unterschiedlicher Pflanzenschutzmaßnahmen und Sorten auf den mittleren Ertrag, Rohfettgehalt und Tausendkornmasse von Winterraps. ....	16
Tabelle 4: Signifikanzwerte der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit mit <i>Sclerotinia sclerotium</i> .....	18
Tabelle 5: Mittelwert und Standardabweichung der Ölgehalte und Tausendkornmasse von Winterraps in Abhängigkeit der untersuchten Prüfglieder .....	20
Tabelle 6: Befallshäufigkeit mit Weißstängeligkeit im Winterraps auf drei Praxisbetrieben, bonitiert an 40 Stoppeln pro Parzelle. ....	21
Tabelle 7: Unterschiede in der Wirkstoffkonzentration von Azoxystrobin in Honig- und Pollenproben in Abhängigkeit von der eingesetzten Düsentechnik (Dropleg vs. konventionell).....	22
Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichung der Ertragsdaten und des Tausendkorngewichts von Winterweizen in Abhängigkeit der untersuchten Prüfglieder .....	23
Tabelle 9: Signifikanzwerte der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit des Fahnenblatts mit <i>Septoria tritici</i> .....	26

## Tabellenverzeichnis im Anhang

Tabelle A 1: P-Werte der durchgeführten Vergleiche zweier Stichproben sowie der einfaktoriellen Varianzanalysen. ....	38
Tabelle A 2: Versuchsstandorte und -jahre, bei denen das Modell <i>SkleroPro</i> (ISIP) eine Fungizidbehandlung zur Blüte empfohlen hat. ....	40
Tabelle A 3: Übersicht über die Art und Anzahl der Pollen, welche durch die Bienen am Rand der konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Untersuchungsflächen eingetragen wurden. ....	41
Tabelle A 4: Signifikanzwerte der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit des F-1 Blattes mit <i>Septoria tritici</i> .....	51

## **Abkürzungsverzeichnis**

AB	Arbeitsbreite
BB	Brandenburg
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BH	Befallshäufigkeit
GD	Grenzdifferenz
HE	Hessen
ISIP	Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion
JKI	Julius Kühn-Institut
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
PSM	Pflanzenschutzmaßnahme
RHG	Rückstandshöchstgehalt
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen

# 1 Einleitung

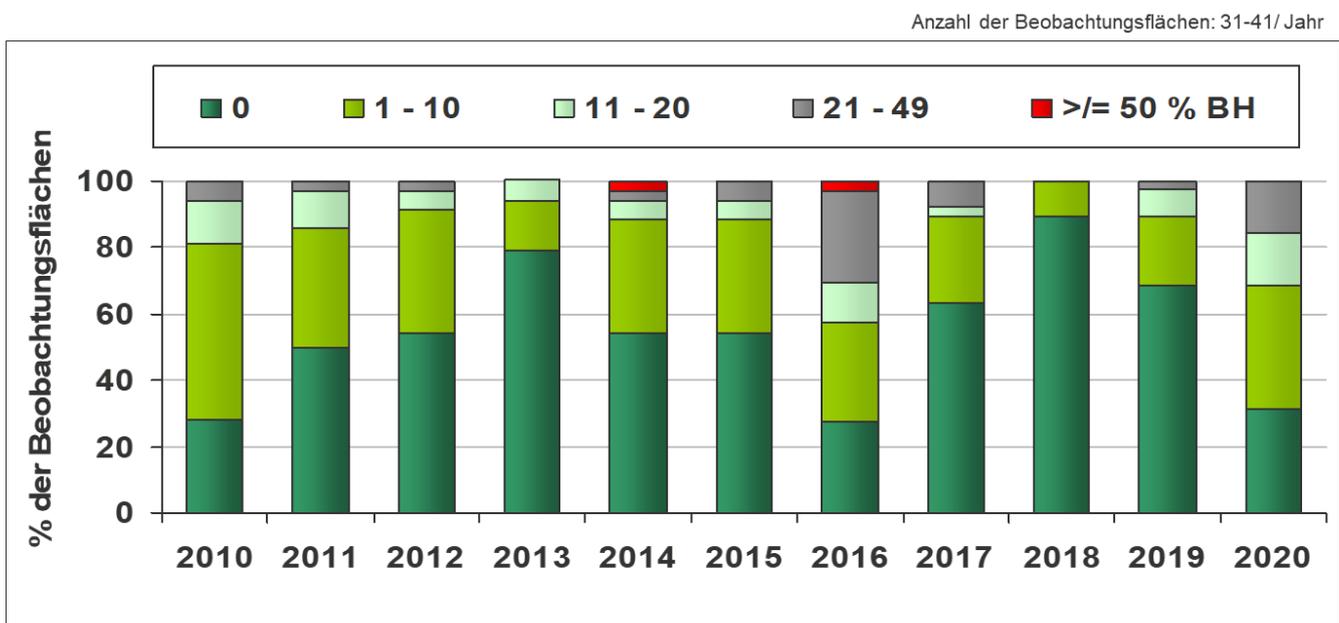
## 1.1 Hintergrund des Vorhabens

### Notwendigkeit der Risikominderung

Im Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutz (NAP) wurde 2013 beschlossen, die Risiken, welche mit Pflanzenschutzmaßnahmen verbunden sind, weiter zu reduzieren (BMEL, 2017). Hierbei wurden unter anderem folgende Hauptziele vereinbart: die Reduzierung der Risiken für den Naturhaushalt bei der Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen; die Senkung der Überschreitung von Rückstandshöchstgehalten in Lebensmitteln; die Begrenzung der Pflanzenschutzmaßnahmen auf das nötige Maß sowie die Förderung von Pflanzenschutzverfahren, welche Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen verringert. Zusätzlich wurde im sächsischen Koalitionsvertrag (2019-2024) vereinbart, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bis 2030 um 50 % zu reduzieren (Staatsregierung Sachsen, 2019). Um diese öffentlichen Zielsetzungen und Vereinbarungen aktiv zu begleiten, wurden durch das Referat Pflanzenschutz im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Untersuchungen mit der Dropleg-Technik durchgeführt. Im Fokus der Untersuchung stand hierbei, welchen Beitrag das Verfahren zur Risikominderung bei der Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen leisten kann, unter besonderer Betrachtung der Praxistauglichkeit sowie der Kontrolle von ertragsrelevanten Krankheiten.

### Weißstängeligkeit im Winterraps

Winterraps ist eine intensiv geführte Kulturart, welche als Blattfrucht einen wichtigen Stellenwert in einer ausgeglichenen Fruchtfolge einnimmt. Neben anderen Pflanzenschutzmaßnahmen (PSM) wird in der Regel zur Vollblüte eine Fungizidbehandlung gegen Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) durchgeführt, auch wenn sich deren Befallshäufigkeit (BH) oft auf einem niedrigem Niveau bewegt (siehe Abbildung 1). Bei einem starken Befall mit Weißstängeligkeit kann es zu Ertragseinbußen von bis zu 30 % kommen (CAU, 2005). Neben den ungünstigen Witterungsbedingungen sowie dem starken Befall mit tierischen Schadorganismen, hat Weißstängeligkeit im Jahr 2016 zu starken Ertragsrückgängen im Winterraps geführt (SCHÖNBERGER, 2016).



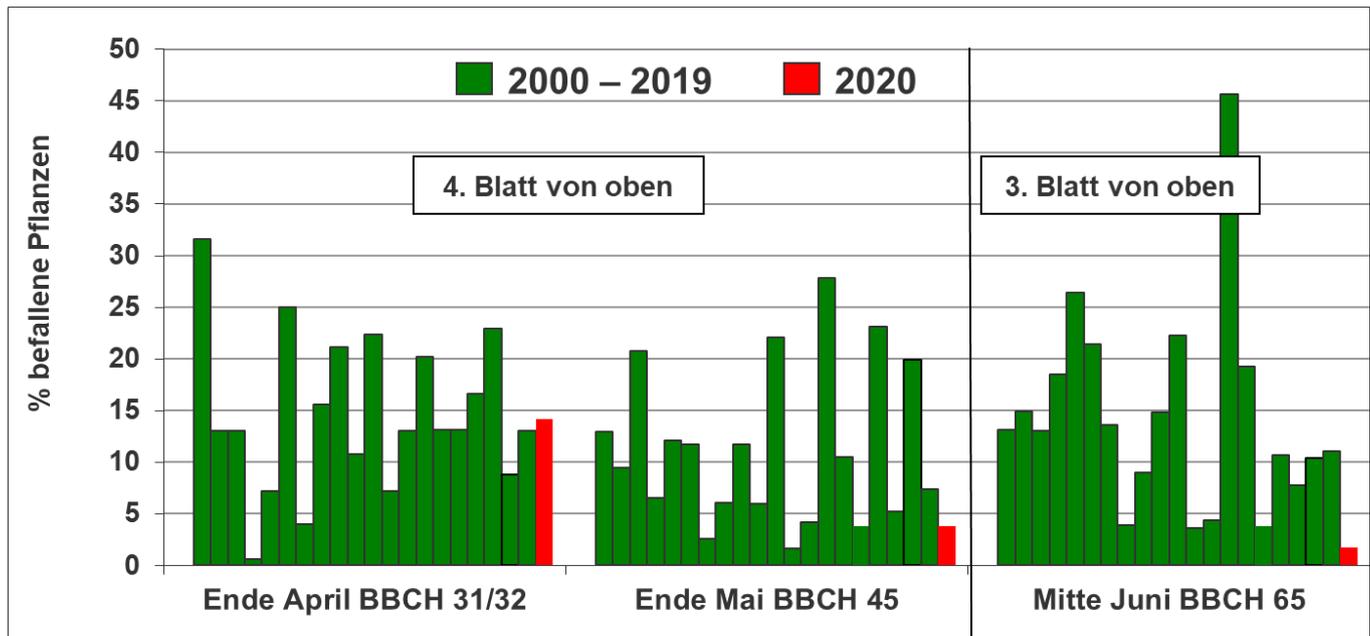
Quelle: LfULG

**Abbildung 1: Befallshäufigkeit (BH) mit Weißstängeligkeit im Winterraps auf Beobachtungsflächen in Sachsen von 2010 bis 2020.**

Die Fungizidbehandlung in der Blühphase hat in den letzten Jahren zu einem zunehmenden Interessenskonflikt zwischen Landwirtschaft und Imkerei geführt. Auch aufgrund verbesserter und hoch sensibler Analysetechniken wurden verstärkt Pflanzenschutz-Wirkstoffe im Honig gefunden, wobei in der Regel die zulässigen Rückstandshöchstgehalte (RHG) nicht überschritten worden sind. Da die Rapsblüte eine Haupttracht für die Bienen darstellt, ist eine Verringerung der Wirkstoffkonzentration im Blütenbereich ein möglicher Schritt, einen Ausgleich zwischen den Konfliktparteien zu finden. Wie andere Studien bereits gezeigt haben, kann hierbei das Dropleg-Verfahren eine wichtige Rolle spielen (WALLNER, 2014a). Ergänzend zu den bereits vorliegenden Erkenntnissen war ein wichtiger Bestandteil der vorliegenden Untersuchung eine breitere Datenbasis zu schaffen, um die Unterschiede bzgl. der Wirkstoffrückstände im Stängel- und Blütenbereich im Vergleich zur konventionellen Düsentechnik statistisch abzusichern. Zusätzlich wurden auch mögliche Auswirkungen auf den Ertrag, die Qualität (Tausendkornmasse und Rohfettgehalt) und die BH mit Weißstängeligkeit untersucht. Da für die Imkerei die Wirkstoffgehalte in ihren Produkten im Fokus stehen, wurden auch Vergleichsanalysen in Honig- und Pollenproben durchgeführt.

### Septoria-Blattflecken und Gelbrost im Winterweizen

Um einen Meter Arbeitsbreite (AB) der Feldspritze mit Dropleg-Technik auszustatten, fallen bei einer Anbringung der Droplegs in einem 50 cm Abstand relativ hohe Investitionskosten i.H. von ca. 200 € an (RUPPERT, 2017). Daher muss die Eignung der Technik auch für andere Kulturfrüchte getestet werden, um die Attraktivität für die Praxis zu erhöhen. Hierbei sind mit Sicherheit die Faktoren Abdriftminderung (Vergrößerung von Applikationsfenstern) sowie zielgerichtete Applikation von Pflanzenschutzmitteln am Wirkort der Schadorganismen (Steigerung der Wirkstoff-Wirksamkeit) von besonderem Interesse. Erste vielversprechende Ergebnisse in diesem Zusammenhang liegen für den Einsatz im Mais zur späten Unkrautkontrolle bereits vor (KIEFER, 2015). Da in Sachsen auf ca. 27 % (Destatis, 2019) der Fläche Winterweizen angebaut wird, wurde im vorliegendem Vorhaben die Eignung des Dropleg-Verfahrens zur Kontrolle der ertragsrelevanten Krankheiten Septoria-Blattflecken (*Septoria tritici*) und Gelbrost (*Puccinia striiformis*) in dieser Feldfrucht getestet. Die Befallshäufigkeit mit Septoria-Blattflecken ist regelmäßig auf einem hohen Niveau (siehe Abbildung 2) und wird entsprechend häufig behandelt. Allerdings sollte sich eine Entscheidung für oder gegen eine Behandlung an den Empfehlungen vom Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion (ISIP, 2020a) orientieren, da Septoria-Blattflecken bei fehlenden Niederschlägen austrocknen kann und entsprechend geringere Schäden verursacht, wie das Jahr 2020 gezeigt hat (siehe Abbildung 2). Zusätzlich wurden im Rahmen eines Tastversuchs Abdriftmessungen vorgenommen, um Unterschiede zur konventionellen Düsentechnik aufzeigen zu können.



Quelle: LfULG

**Abbildung 2: Befallshäufigkeit mit Septoria-Blattflecken in unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Winterweizen auf Beobachtungsflächen in Sachsen von 2000 bis 2020**

## 1.2 Technische Details zum Dropleg-Verfahren

Bei der Dropleg-Technik handelt es sich um ca. 90 cm verlängerte Düsenstöcke mit Tropfstoppventil, an deren Ende, je nach Einsatzbestimmung, verschiedene Düsentypen eingesetzt werden können. Durch diese Verlängerung ist es möglich, die Düsen unterhalb der Bestandsoberkante zu bringen und die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel variabel innerhalb des Bestandes zu gestalten im Vergleich zur konventionellen Ausbringungstechnik oberhalb des Bestandes. Diese Applikationssysteme werden in Deutschland derzeit von der Firma Lechler (Dropleg<sup>UL</sup>) als auch der Firma Agrotop (Dropleg® Beluga) angeboten. Im vorliegenden Vorhaben wurden die Droplegs der Firma Lechler verwendet, wobei diese Entscheidung keine Wertung zwischen den unterschiedlichen Herstellern darstellt. Dementsprechend beziehen sich die folgenden Beschreibungen auf die Droplegs der Firma Lechler. Die Idee verlängerte Düsenstöcke zu verwenden ist nicht neu und wurde in den 60er Jahren im Gemüsebau entwickelt und vor allem im Kartoffelbau eingesetzt (RÜEGG & TOTAL, 2013). Während in der Anfangszeit schwerere Materialien zum Einsatz gekommen sind, bestehen heutige Droplegs aus flexiblen Kunststoffrohren mit Schleifkufen zum Schutz bei Bodenkontakt und wiegen ca. 400 g (LECHLER, 2019). Durch die Art der Anbringung wird ein Pendeln der Droplegs quer zum Pflanzenbestand ermöglicht, was im Zusammenspiel mit der Flexibilität des verwendeten Materials den Pflanzenbestand bei der Durchfahrt schont. Mit Hilfe von TwinSprayCap können am Ende des Düsenstocks auch zwei Düsen eingesetzt werden, was eine Vergrößerung des Applikationsfächers ermöglicht (Lechler, 2019). Im vorliegenden Vorhaben wurden für den Einsatz im Winterraps folgende Düsen in Verbindung mit TwindSprayCap verwendet: FT 90-03 Zungendüsen (Praxisbetriebe) und Flachstrahl-Zungendüsen 684.406 aus Messing (Versuchsstationen). Beide Düsentypen sind in Verbindung mit der Dropleg-Technik im Verzeichnis verlustmindernde Geräte des Julius Kühn-Instituts aufgeführt (JKI, 2020). Diese 90° Düsen erzeugen bei einer 45°Einstellung einen 180°Fächer, in dem das Pflanzenschutzmittel nach unten freigesetzt wird. Die Ein-

stellschablone von Lechler ermöglicht hierbei eine schnelle und korrekte Ausrichtung der Düsen (siehe oben links im rechten Foto der Abbildung 3). Mit dieser Einstellung soll verhindert werden, dass Spritzmittel in den Blütenhorizont gelangt. Im Winterweizen wurden hingegen zwei 140° Düsen (FT 140-02) eingesetzt, welche durch eine 90° Einstellung einen seitwärts gerichteten 280° Fächer für die Ausbringung des Pflanzenschutzmittels erzeugt haben (siehe Abbildung 3). Damit sollte erreicht werden, dass beim Eintauchen der Droplegs in den Bestand, die Pflanzen möglichst komplett und gleichmäßig mit dem Spritzmittel benetzt werden.



Quelle: beide LfULG

**Abbildung 3: Spritzbild der Droplegs in Abhängigkeit der Einstellungen und verwendeten Düsen. Foto links: 280° Fächer für den Einsatz im Winterweizen. Foto rechts: 180° Fächer für den Einsatz in Winterraps. Die Einstellung der Düsen wurde mit der Einstellschablone von der Firma Lechler durchgeführt; in den Ecken oben abgebildet.**

## 2 Methoden

### 2.1 Untersuchungsstandorte

Im Rahmen eines dreijährigen Strategieversuchs (2018 bis 2020) wurde auf den vier Versuchsstationen Christgrün, Forchheim, Nossen und Pommritz des LfULG das Dropleg-Verfahren im Winterraps mit dem Fokus auf Wirkstoff-Rückstände, Ertrag, Qualität und BH mit Weißstängeligkeit durchgeführt (für Details bzgl. Versuchsaufbau siehe nächster Abschnitt). Aufgrund verschiedener Probleme im Auflauf konnte der Versuch nicht in allen Jahren auf allen Versuchsstandorten durchgeführt bzw. geerntet werden (siehe Tabelle 1). Mit der Lage der Versuchsstationen werden die unterschiedlichen klimatischen und geologischen Bedingungen in Sachsen gut abgebildet. Um eine möglichst große Breitenwirkung des Vorhabens zu erreichen, wurden für die Versuche im Winterraps in 2019 Praxisbetriebe in möglichst unterschiedlichen Regionen Sachsens ausgewählt. Dementsprechend wurde das Vorhaben in den Gemeinden Grimma, Oberschöna und Radeburg umgesetzt. Die Mittel- bis Großbetriebe unterschieden sich u.a. hinsichtlich bewirtschafteter Fläche (ca. 300 bis 2267 ha) sowie Maschinenausstattung. Somit konnte das Dropleg-Verfahren unter unterschiedlichen Praxisbedingungen als auch unter Verwendung unterschiedlicher Feldspritzen (*Amazone*, *Tecnoma Fortis* und *John Deere*) getestet werden. In den zwei Betrieben aus den Gemeinden Grimma und Radeburg wurde im Jahr 2020 das Dropleg-Verfahren auch im Winterweizen im Rahmen der Behandlung von Septoria-Blattflecken und Gelbrost getestet (siehe Tabelle 2). Im gleichen Jahr wurde am LVG in Köllitsch einmalig eine Vergleichsstudie mit Honig- und Pollenproben aus einem Winterrapsbestand durchgeführt (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Übersicht über die erhobenen Parameter im Winterraps im Zeitraum 2018 bis 2020.**

Jahr	Standort	Ertrag (dt/ha)	TKM (g)	Rohfett (%)	Rückstände Pflanze	Rückstände Honig & Pollen
2018	Nossen	X	X	X	X	-
2018	Pommritz	X	NV	NV	X	-
2018	Forchheim	X	X	X	X	-
2018	Christgrün	X	X	X	X	-
2019	Nossen	X	X	X	X	-
2019	Pommritz	X	X	X	X	-
2019	Forchheim	X	X	NV	X	-
2019	Christgrün	A	A	A	A	-
2019	Praxisbetrieb1	A	X	X	X	-
2019	Praxisbetrieb2	A	A	A	X	-
2019	Praxisbetrieb3	X	X	X	X	-
2020	Nossen	A	A	A	X	-
2020	Pommritz	X	X	X	X	-
2020	Forchheim	X	X	X	X	-
2020	Christgrün	A	A	A	A	-
2020	LVG Köllitsch	-	-	-	-	X

Legende: "TKM" = Trockenmasse, "X" = Daten verfügbar, "A" = Versuch bzw. Ernte abgebrochen, "NV" = Daten nicht verfügbar

**Tabelle 2: Übersicht über die erhobenen Parameter im Winterweizen im Jahr 2020.**

Jahr	Standort	Ertrag (dt/ha)	Rohprotein (%)	Sedimentationswert	Fallzahl	Abdrift Wirkstoffe
2020	Praxisbetrieb1	X	X	X	X	-
2020	Praxisbetrieb2	X	X	X	X	X

Legende: "X" = Daten verfügbar, "-" = Versuch nicht durchgeführt

## 2.2 Versuchsaufbau und -durchführung

### 2.2.1 Rückstands- und Ertragsanalyse im Winterraps (Versuchsstationen)

Es wurden Kleinparzellen in einer randomisierten zweifaktoriellen Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Der eine Faktor stellte unterschiedliche Fungizidbehandlungen dar und der zweite Faktor zwei Sorten, welche unterschiedlich hinsichtlich Anfälligkeit gegenüber *Phoma lingam* und Standfestigkeit sind. Insgesamt gab es fünf Prüfglieder bezogen auf die Pflanzenschutzmaßnahme (PSM): 1 – unbehandelte Kontrolle, 2 – Fungizidbehandlung nur im Herbst (Pflanzenschutzmittel: **Toprex**), 3 – Fungizidbehandlung nur zur Blüte (Pflanzenschutzmittel: **Propulse**), 4 – kombinierte Herbst- und Blütenbehandlung mit konventioneller Düsentechnik, 5 – kombinierte Herbst- und Blütenbehandlung mit Dropleg Düsentechnik. Da zwei Sorten (Bender und Mercedes) getestet worden sind, haben sich insgesamt 10 Prüfglieder ergeben. Die Parzellen waren 3 m breit und 8-10 m lang, wobei für die PSM Dropleg-Technik eine doppelte Parzellenbreite festgelegt worden ist. Für die Rückstandsanalyse wurden Proben von 10 Pflanzen pro Parzelle entnommen und die Versuche wurden im Kerndruschverfahren geerntet. Im Untersuchungsjahr 2018 wurde für die Rückstandsanalyse die gesamte Blüte und der gesamte Stängelbereich getrennt aus den Parzellen entnommen. Dementsprechend musste für die Laboranalyse sehr viel Pflanzenmaterial aufbereitet werden. Um diesen Aufwand zu verringern, wurde die Probenahme im darauffolgenden Jahr 2019 angepasst und im Blütenbereich nur der Haupttrieb sowie vier Nebentriebe entnommen. Im Stängelbereich wurde ca. auf Kniehöhe ein 5 cm langes Teilstück mit einem Blatt entnommen. Im Untersuchungsjahr 2018 wurde für die Rückstandsanalyse nicht zwischen den Sorten unterschieden, 2019 und 2020 wurde getrennt nach Sorten beprobt, um mögliche Effekte aufgrund unterschiedlicher Pflanzenstrukturen zu untersuchen. Im BBCH 80-85 wurde bei 25 Pflanzen pro Parzelle eine Bonitur auf die BH mit Weißstängeligkeit durchgeführt. Auch wenn es keine Änderungen im Boniturplan gegeben hat, haben einige Versuchsstationen diese Bonitur abgeändert und den Gesamtbefall in den Parzellen als ja/nein Entscheidung dokumentiert.

### 2.2.2 Rückstands- und Ertragsanalyse im Winterraps (Praxisbetriebe)

Es wurden Großparzellen in einer randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen je Prüfglied angelegt. Die Prüfglieder waren: 1 – unbehandelte Kontrolle, 2 – konventionelle Düsentechnik und 3 – Dropleg Düsentechnik. Im Praxisbetrieb 1 wurde das Pflanzenschutzmittel **Propulse** eingesetzt und in den Praxisbetrieben 2 und 3 **Cantus Gold**. Die Breite der Großparzellen war abhängig von der AB der Feldspritzen und ob die volle oder halbe AB genutzt worden ist. Damit haben sich Breiten von 9 m, 15 m und 30 m ergeben. Die Parzellen waren zwischen 200 und 300 m lang in Abhängigkeit von der Schlaggeometrie und den Bodeneigenschaften. Für die Rückstandsanalyse wurde von 20 Pflanzen pro Parzelle Proben aus dem Blüten- und Stängelbereich getrennt entnommen. Die Entnahme wurde an vier Stellen pro Parzelle durchgeführt, um eine repräsentative Probe

zu erhalten. Der Abstand zwischen den Probepunkten wurde per Schrittmaß bestimmt. Im Praxisbetrieb 1 gab es Maschinenprobleme bei der Erntetechnik und der Versuch konnte nicht sachgerecht geerntet werden. Im Praxisbetrieb 2 ist die Ernte komplett ausgefallen, da durch Hagel 100% Verlust entstanden ist. Im Praxisbetrieb 3 wurde der Versuch im Kerndruschverfahren geerntet, um die Ungenauigkeiten der vor Ort zur Verfügung stehenden Wägevorrichtung auszuschließen. Um die Befallsstärke mit Weißstängeligkeit zu bestimmen, wurde eine Stoppel-Bonitur bei 40 Pflanzen pro Parzelle (BH) an vier Probepunkten durchgeführt.

### 2.2.3 Honig- und Pollenanalyse im Winterraps (LVG Köllitsch)

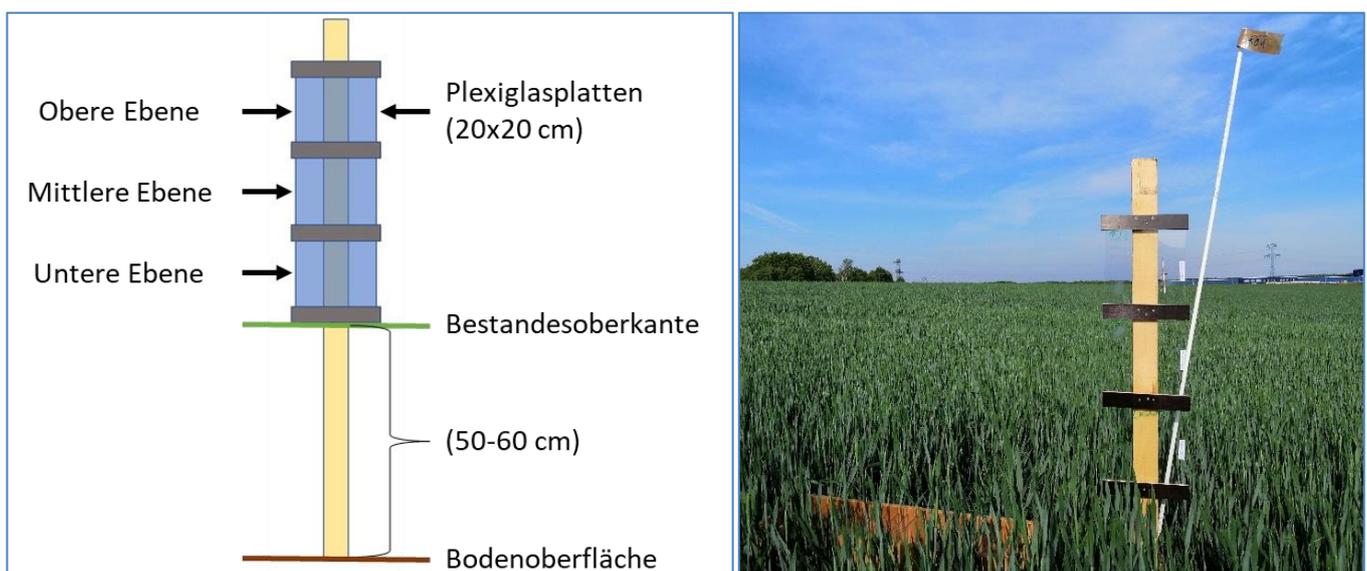
Für die Vergleichsanalysen von Honig- und Pollenproben wurde 2020 in einem zeitlichen Abstand voneinander ein Schlag mit Dropleg-Technik (2,90 ha) und ein Schlag mit konventioneller Düsentechnik behandelt (1,15 ha). Freilanduntersuchungen mit Bienen sind sehr kosten- und personalintensiv. Um auszuschließen, dass die Bienen zur Futtersuche andere Flächen als die Untersuchungsflächen anfliegen, werden normalerweise nach der Behandlung der Flächen große Zelte errichtet, in denen die Bienenbeuten aufgestellt werden. Im vorliegendem Vorhaben konnte dieser Aufwand nicht geleistet werden und es wurden andere Maßnahmen getroffen, um eine repräsentative Beprobung sicherzustellen. Hierbei war die wichtigste Maßnahme die Flächenauswahl. Einerseits wurden für die Untersuchungen Flächen ausgesucht, welche einen größtmöglichen Abstand von benachbarten Betrieben hatten, damit deren Blütenbehandlung im Winterraps nicht das Versuchsergebnis beeinflusst. Innerhalb des LVG Köllitsch lagen die konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Flächen ca. 1 km voneinander entfernt. Um eine Verschleppung von Wirkstoffen soweit weit wie möglich auszuschließen, wurde die Dropleg-Technik zuerst eingesetzt. Am Tag der Applikation wurden die Pollenfallen geöffnet und nach 24 Stunden wurden die Pollenproben entnommen sowie die Pollenfalle entfernt. Nach fünf Tagen wurde die Honigprobe aus den Beuten entnommen. Nach Entnahme der Honigproben wurde die zweite Untersuchungsfläche konventionell behandelt und in den gleichen Abständen die Proben entnommen. Die Pollen- und Honigproben wurden nach Entnahme zeitnah eingefroren. Je Untersuchungsfläche wurden im größtmöglichen Abstand voneinander (170 bis 200 m) zwei Bienenbeuten aufgestellt. Im Labor wurden die Proben auf die Rückstände des eingesetzten Wirkstoffes **Azoxystrobin** untersucht (Pflanzenschutzmittel: **Ortiva**) und die Anzahl und Art der Pollen bestimmt. Mittels der Pollenbestimmung konnten Aussagen bzgl. der Pflanzenarten getroffen werden, welche die Bienen hauptsächlich als Futterquelle genutzt haben.

### 2.2.4 Abdrift- und Ertragsanalyse im Winterweizen (Praxisbetriebe)

Im Jahr 2020 wurden Großparzellen in einer randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen je Prüfglied angelegt. Die Prüfglieder waren: 1 – unbehandelte Kontrolle, 2 – betriebsübliche Variante, 3 – konventionelle Düsentechnik und 4 – Dropleg Düsentechnik. Im Praxisbetrieb 1 wurde das Pflanzenschutzmittel **Jordi** und im Praxisbetrieb 2 die Fungizid-Kombination **Champion/Diamant** eingesetzt. Bei der betriebsüblichen Variante konnte der Praxisbetrieb den Behandlungszeitpunkt der Fungizide selbstständig festlegen und ggf. zwei Anwendungen durchführen (BBCH 31-37 und BBCH 37-59), wenn er z.B. eine Vorlage in der Schosspphase für notwendig erachtete. In den Varianten 2 und 3 war nur eine Fungizidanwendung möglich (BBCH 37-59), da der Bestand eine Mindesthöhe von 50 cm haben sollte, um ein zu starkes Pendeln der Droplegs zu vermeiden. Der Praxisbetrieb 1 hat in der betriebsüblichen Variante eine Behandlung im BBCH 39 durchgeführt und die Varianten 3 und 4 wurden eine Woche später im BBCH 41-43 behandelt. Im Praxisbetrieb 2 wurden die Varianten 2, 3 und 4 alle zum gleichen Zeitpunkt im BBCH 41-47 behandelt. Dieser Bestand hatte sich sehr unterschiedlich entwickelt und es wurden Wuchshöhen zwischen 45 und

65 cm gemessen. Die Droplegs wurden in einem Abstand von ca. 30 cm vom Boden durch den Bestand geführt. Die Breite der Großparzellen war abhängig von der AB der Feldspritzen und ob die volle oder halbe AB genutzt worden ist. Damit haben sich Breiten von 15 und 30 m ergeben. Die Parzellen waren zwischen 100 und 200 m lang in Abhängigkeit von der Schlaggeometrie und den Bodeneigenschaften. Die Versuche wurden im Kerndruschverfahren geerntet und der Befall mit Septoria-Blattflecken und Gelbrost regelmäßig vor der Behandlung (Entscheidungsbonitur) und einmalig nach der Behandlung (Erfolgsbonitur) bonitiert (pro Parzelle an fünf Punkten je zwei Pflanzen).

Im Praxisbetrieb 2 wurde die Abdrift der eingesetzten Wirkstoffe **Spiroxamin**, **Prothioconazol** und **Bixafen** (Pflanzenschutzmittel: **Jordi**) gemessen. Hierfür wurden im Abstand von 5 m einmal linksseitig und einmal rechtsseitig der Varianten 3 und 4 jeweils drei Messvorrichtungen (siehe Abbildung 4) kurz vor Applikation aufgestellt. Damit wurde gewährleistet, dass mindestens drei Vorrichtungen in der Hauptwindrichtung je Variante aufgestellt wurden, um eine möglichst maximale Abdrift messen zu können. In einer Vorrichtung wurden drei 20 x 20 cm große Plexiglasplatten übereinander eingespannt, wobei die Unterkante der untersten Platte optimaler Weise mit der Bestandsoberkante übereinstimmen sollte. Durch den unregelmäßigen Bestand variierte der Abstand zwischen Bodenoberfläche und Unterkante der ersten Platte zwischen 50 und 60 cm. Im vorderen Bereich des Versuchs war der Bestand deutlich lichter und schlechter entwickelt, was zu Folge hatte, dass sich die Unterkante der ersten Platte ca. 5 cm oberhalb der Bestandsoberkante befand. Eine tiefere Einstellung der ersten Platte wurde verworfen, um einen Mindesthöhenabstand von 20 cm zwischen den Zungendüsen und Beginn der Abdriftmessung zu gewährleisten. Nach Applikation der Wirkstoffe wurden die Plexiglasplatten zeitnah im Labor mit Feuchttüchern abgewischt und diese zur weiteren Analyse in Lösung gegeben.



**Abbildung 4: Selbstkonstruierte Messvorrichtung zur Bestimmung der Abdrift von Wirkstoffen am Rand von konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Parzellen. Linke Seite: schematische Darstellung und rechte Seite: Aufbau im Feld.**

## 2.3 Statistische Analysen

### Zweifaktorieller Versuch

Die Effekte der Faktoren Fungizidmaßnahme und Sorte auf die Parameter Ertrag (dt/ha), Rohfett (%) und Tausendkornmasse (g), erhoben im Rahmen des dreijährigen Strategieversuchs auf den Versuchsstationen, wurden mit einem linearen gemischten Modell berechnet. Hierbei wurden Jahr und Ort als zufällige Effekte und Behandlung und Sorte als fixe Effekte definiert. Für die Berechnung wurde die Software SAS (SAS/STAT® 12.3)<sup>1</sup> sowie die SAS Codes von MUNZERT (2015) verwendet. Auf der Station Christgrün konnte der Versuch nur in einem Jahr durchgeführt werden und es wurden vergleichsweise niedrige Erträge erzielt. Diese Daten hatten einen negativen Effekt auf die Normalverteilung der Gesamtdaten und wurden demzufolge von der Analyse ausgeschlossen, um die Modellstabilität zu verbessern. Zur Modellanpassung wurde die REML (restricted maximum likelihood) Methode angewendet. Zur Bestimmung der Grenzdifferenz (GD) wurde sowohl ein t-Test als auch der konservativere Tukey-HSD-Test durchgeführt. Die GD ist der Betrag, um den sich die Parameter-Mittelwerte unterscheiden müssen, damit ein signifikanter Unterschied zwischen den Faktorstufen festgestellt werden kann.

### Einfaktorieller Versuch mit mehr als zwei Faktorstufen

Für die Analyse des Effekts von mehr als zwei Faktorstufen (oder Prüfgliedern) auf die abhängige Variable wurde entweder ein ANOVA Test oder ein Kruskal-Wallis Test durchgeführt, in Abhängigkeit der Verteilungseigenschaften der analysierten Stichproben. Die abhängigen Variablen waren z.B. der Ertrag, die Qualitätsparameter und der Krankheitsbefall im Winterraps und Winterweizen, erhoben im Rahmen der Praxisversuche. Für diese Berechnungen wurde die Software R (Version 4.0.2)<sup>2</sup> verwendet. Um die Entscheidung bzgl. finalelem Test treffen zu können, wurden die Stichproben auf die Verteilungseigenschaften Normalverteilung (R Befehl: *shapiro.test*) und Varianz-Homogenität (R Befehl: *bartlett.test*) getestet. Wurden beide Verteilungseigenschaften erfüllt, konnte der ANOVA Test (R Befehl: *anova(lm)*) durchgeführt werden, bei Nichterfüllung wurde entsprechend der verteilungsfreie Kruskal-Wallis Test durchgeführt (R Befehl: *kruskal.test*). Als post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern wurde nach einem ANOVA Test ein Tukey-HSD-Test (R Befehl: *TukeyHSD(aov())*) und nach einem Kruskal-Wallis Test ein konservativer Dunn's Test mit Bonferroni-Korrektur (*posthoc.kruskal.dunn.test*) durchgeführt.

### Einfaktorieller Versuch mit zwei Faktorstufen

Für die Analyse des Effekts von zwei Faktorstufen (oder Prüfgliedern) auf die abhängige Variable wurde entweder ein t-Test, ein Wilcoxon-Mann-Whitney-Test oder ein Fligner-Policello Test durchgeführt, in Abhängigkeit der Verteilungseigenschaften der analysierten Stichproben. Die abhängige Variable war die Wirkstoff-Konzentration im Blüten- bzw. Stängelbereich, erhoben im Rahmen des Strategieversuchs als auch des Praxisversuchs im Winterraps. Um die Entscheidung bzgl. finalelem Test treffen zu können, wurden die Stichproben auf die Verteilungseigenschaften Normalverteilung (R Befehl: *shapiro.test*) und Varianz-Homogenität (R Befehl: *var.test*) getestet. Wurden beide Verteilungseigenschaften erfüllt, konnte der t-Test (R Befehl: *t.test*) durchgeführt werden. Wenn keine Normalverteilung vorgelegen hat, aber Varianz-Homogenität, wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (R Befehl: *wilcox.test*). Der Fligner-Policello Test (R Befehl: *fp.test*) wurde angewendet, wenn keine der beiden Verteilungseigenschaften gegeben waren.

---

<sup>1</sup> SAS/STAT® 12.3 User's Guide: SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

<sup>2</sup> R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Untersuchungen Winterraps (Versuchsstationen)

##### 3.1.1 Ertrag und Qualitätsparameter

Das lineare gemischte Modell hat einen signifikanten Effekt der unterschiedlichen PSM auf den Ertrag aufgezeigt ( $p = 0,0400$ ). Die Kombination einer Herbst-/Blütenbehandlung hat im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant höhere Erträge erzielt, unabhängig von der Düsentechnik und basierend auf den jahresübergreifenden Daten aller Versuchsstationen (siehe Tabelle 3). Das Gleiche trifft auf eine reine Blütenbehandlung zu. Eine Herbst-/Blütenbehandlung mit konventioneller Düsentechnik erzielte zusätzlich signifikant höhere Erträge als eine reine Herbstbehandlung. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen konventioneller und Dropleg Düsentechnik festgestellt werden. Bei Verwendung der Grenzdifferenz nach Tukey-HSD, welche konservativer sein kann als die Grenzdifferenz auf Grundlage eines t-Test, konnten die beschriebenen signifikanten Unterschiede nicht bestätigt werden. Die Sorte hatte keinen Effekt auf den Ertrag. Beim Rohfettgehalt konnte kein Effekt der PSM festgestellt werden. Allerdings hatte die Sorte einen signifikanten Effekt ( $p = 0,0175$ ), wobei bei der Sorte Bender ein höherer Gehalt gemessen wurde (siehe Tabelle 3). Auf die Tausendkornmasse hatten die unterschiedlichen PSM als auch die Sorte keinen Effekt (siehe Tabelle 3).

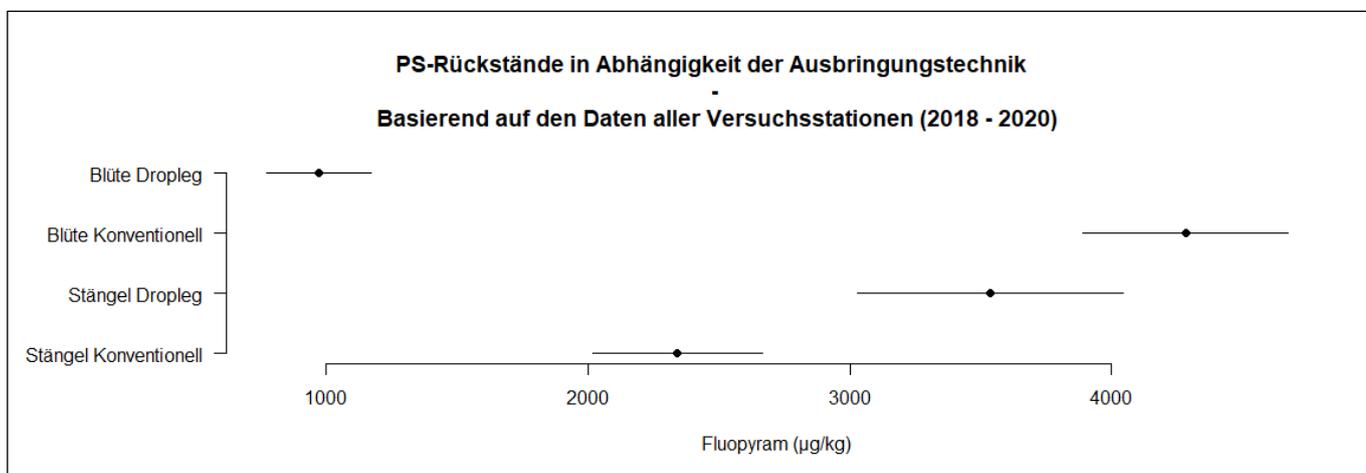
**Tabelle 3: Ergebnisse eines linearen gemischten Modells hinsichtlich des Effekts unterschiedlicher Pflanzenschutzmaßnahmen und Sorten auf den mittleren Ertrag (dt/ha), Rohfettgehalt (%) und Tausendkornmasse (g) von Winterraps. Basierend auf den Daten der Versuchsstationen Forchheim, Nossen und Pommritz, erhoben von 2018 bis 2020. Der Ort und das Jahr wurden als zufälliger Effekt definiert. Die Grenzdifferenz (GD) wurde sowohl durch einen t-Test als auch einen Tukey-HSD bestimmt.**

Prüfglied	Ertrag (dt/ha)	sig. (t-Test)	sig. (Tukey)	Rohfett (%)	sig. (t-Test)	sig. (Tukey)	TKM (g)	sig. (t-Test)	sig. (Tukey)
1 - Unbehandelte Kontrolle	42,08	a	a	46,25	a	a	4,10	a	a
2 - Herbst	42,31	ab	a	46,07	a	a	4,13	a	a
3 - Blüte	44,31	bc	a	46,36	a	a	4,28	a	a
4 - Herbst + Blüte (konv.)	44,74	c	a	46,27	a	a	4,27	a	a
5 - Herbst + Blüte (Dropleg)	44,29	bc	a	46,40	a	a	4,29	a	a
GD: t-Test	2,02			0,39			0,17		
GD: Tukey-HSD	2,99			0,58			0,26		
Bender	43,58	a	a	46,84	a	a	4,19	a	a
Mercedes	43,51	a	a	45,96	b	b	4,23	a	a
GD: t-Test	3,51			0,76			0,32		
GD: Tukey-HSD	3,51			0,76			0,32		

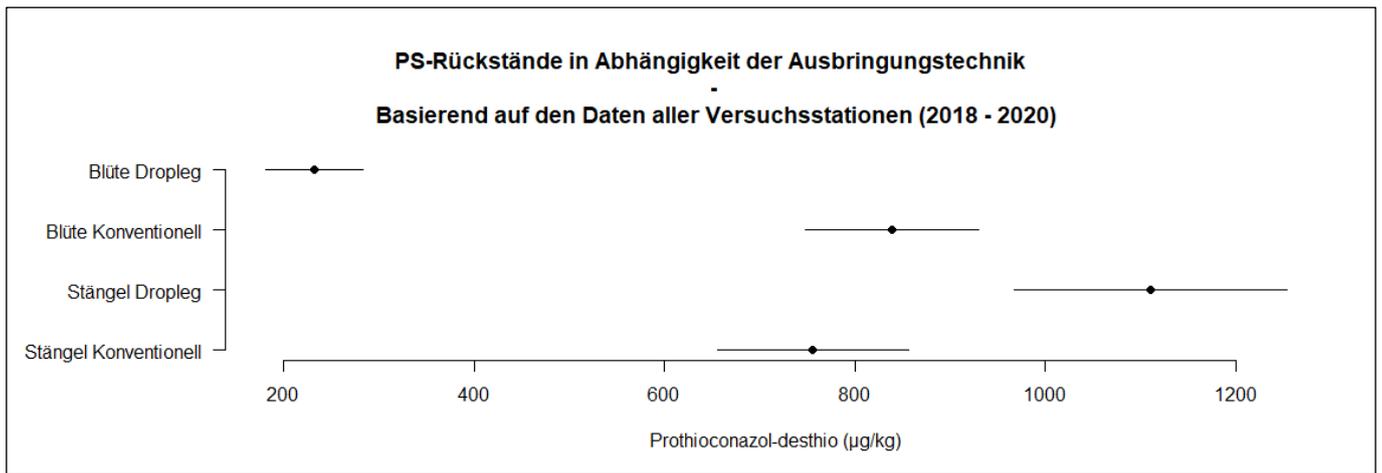
Legende: "TKM" = Tausendkornmasse; "sig." = Signifikanz, gleiche Buchstaben = kein signifikanter Unterschied und ungleiche Buchstaben = signifikanter Unterschied, "Herbst" = Fungizidbehandlung im Herbst, "Blüte" = Fungizidbehandlung zur Blüte, "Herbst+Blüte (konv.)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit konventioneller Technik, "Herbst+Blüte (Dropleg)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit Dropleg-Technik

### 3.1.2 Wirkstoff-Rückstände

Auf den Versuchsstationen wurde in allen Versuchsjahren zur Bekämpfung von Weißstängeligkeit **Propulse** mit den Wirkstoffen **Fluopyram** und **Prothioconazol** eingesetzt. Da **Prothioconazol** sehr schnell abgebaut wird, wurde vom Labor der zugehörige Metabolit **Prothioconazol-desthio** gemessen. Durch die Verwendung des gleichen Fungizids konnten die Daten direkt jahres- und stationsübergreifend analysiert werden. Da im ersten Untersuchungsjahr die Rückstandsanalysen nicht nach Sorten getrennt durchgeführt worden sind, wurde für die statistische Auswertung die Anzahl der Stichproben für die Jahre 2019 und 2020 durch eine randomisierte Auswahl verringert. Damit wurde vermieden, dass diese Untersuchungsjahre in der Analyse nicht überrepräsentiert wurden. Bei der Dropleg-Technik war die Wirkstoffkonzentration im Blütenbereich von **Fluopyram** und **Prothioconazol-desthio** signifikant niedriger im Vergleich zur konventionellen Düsentechnik ( $p < 0,001$ ; siehe Abbildung 5 und Abbildung 6 sowie Tabelle A 1). Im Stängelbereich war bei der Verwendung der Dropleg-Technik die Konzentration bei beiden Wirkstoffen zwar tendenziell höher, allerdings war der Unterschied nicht signifikant.



**Abbildung 5: Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsentechnik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration von Fluopyram im Blüten- und Stängelbereich. Darstellung basiert auf den Daten aller Versuchsstationen (N = 40 je Kombination Pflanzenbereich/Ausbringungstechnik).**



**Abbildung 6: Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsentechnik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration von Prothioconazol-desthio im Blüten- und Stängelbereich. Darstellung basiert auf den Daten aller Versuchsstationen (N = 40 je Kombination Pflanzenbereich/Ausbringungstechnik).**

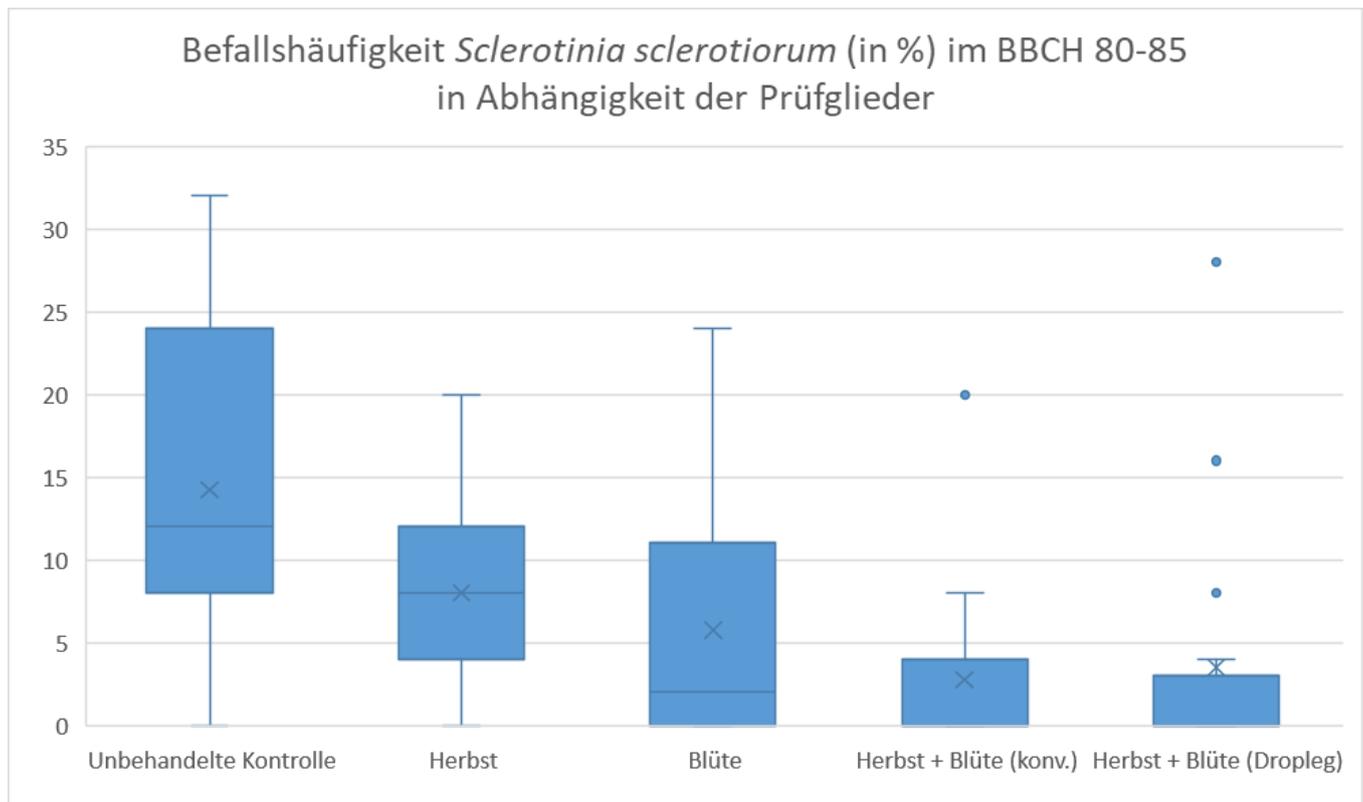
### 3.1.3 Kontrolle von Weißstängeligkeit

Die Bonituren der Weißstängeligkeit im Winterraps (BBCH 80-85) auf den Versuchsstationen haben fast durchgängig eine sehr geringe BH aufgezeigt. Das Modell *SkleroPro* von ISIP (2020b) hat nur in zwei Jahren an je einem Standort eine Fungizidbehandlung empfohlen (siehe Tabelle A 2). Die entsprechenden Bonituren haben eine höhere BH aufgezeigt und wurden statistisch analysiert. Von der statistischen Analyse der verbleibenden Bonituren wurde abgesehen aufgrund des geringen Krankheitsbefalls abgesehen. Für die analysierten Bonituren konnte ein signifikanter Effekt der Prüfglieder auf die BH festgestellt werden ( $p = 0,0003$ ; siehe Tabelle A 1). Die post-hoc Analyse hat ergeben, dass in den Varianten der kombinierten Herbst-/Blütenbehandlung eine signifikant geringere BH festgestellt worden ist im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle sowie zu einer reinen Fungizidmaßnahme im Herbst und zur Blüte (siehe Tabelle 4 und Abbildung 7). Zwischen den unterschiedlichen Ausbringungstechniken (konventionell vs. Dropleg-Technik) gab es keinen signifikanten Unterschied.

**Tabelle 4: Signifikanzwerte (p-Werte) der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit mit *Sclerotinia sclerotium*, Signifikanzlevel p-Werte  $\leq 0,05$ .**

	1 - unbehandelte Kontrolle	2 - Herbst	3 - Blüte	4 - Herbst + Blüte (konv.)
2 - Herbst	1,000	-	-	-
3 - Blüte	0,1086	1,0000	-	-
4 - Herbst + Blüte (konv.)	0,0021	0,1014	1,0000	-
5 - Herbst + Blüte (Dropleg)	0,0021	0,1014	1,0000	1,0000

Legende: "Herbst" = Fungizidbehandlung im Herbst, "Blüte" = Fungizidbehandlung zur Blüte, "Herbst + Blüte (konv.)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit konventioneller Technik, "Herbst + Blüte (Dropleg)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit Dropleg-Technik



Legende: "Herbst" = Fungizidbehandlung im Herbst, "Blüte" = Fungizidbehandlung zur Blüte, "Herbst + Blüte (konv.)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit konventioneller Technik, "Herbst + Blüte (Dropleg)" = kombinierte Fungizidbehandlung Herbst und Blüte mit Dropleg-Technik

**Abbildung 7: Befallshäufigkeit von Winterraps mit *Sclerotinia sclerotium* in Abhängigkeit unterschiedlicher Applikationshäufigkeit und -technik. Bonitiert im BBCH 80-85 an 25 Pflanzen pro Parzelle. Darstellung basiert auf den Bonitur-Ergebnissen der Orte und Jahre, an denen das Modell *SkleroPro* (ISIP) eine Fungizidbehandlung empfohlen hat: Versuchsstation Pommritz (2018) und Nossen (2019) (N = 8 je Prüfglied).**

## 3.2 Untersuchungen Winterraps (Praxisbetriebe)

### 3.2.1 Ertrag und Qualitätsparameter

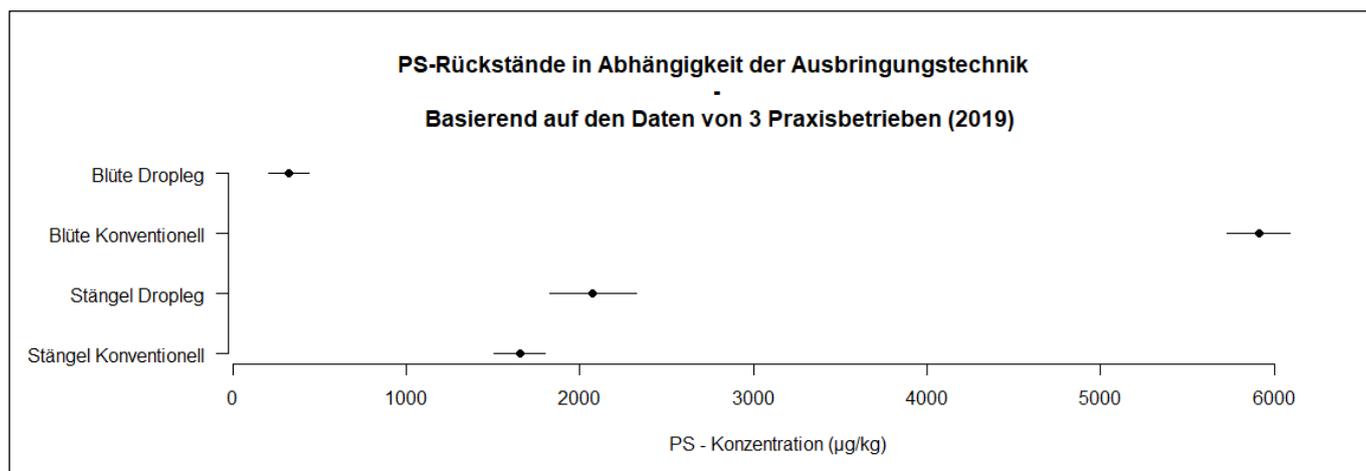
Durch die unvollständige Erfassung im Praxisbetrieb 1 sowie dem Ertragsausfall im Praxisbetrieb 2 lagen für die Praxisbetriebe nicht ausreichend Datenpunkte für eine Ertrags-Analyse vor. Bei der vollständigen Stichprobe von Praxisbetrieb 3 konnte kein auffälliger Unterschied zwischen den Prüfgliedern festgestellt werden. Es wurden im Mittel 39,8 dt/ha ( $\pm 0,3$  dt/ha) geerntet. Von Praxisbetrieb 1 und 3 konnten der Ölgehalt und das Tausendkorngewicht im Labor bestimmt werden (siehe Tabelle 5). Es konnte kein signifikanter Effekt der Prüfglieder auf den Ölgehalt sowie die Tausendkornmasse festgestellt werden (siehe Tabelle A 1).

**Tabelle 5: Mittelwert und Standardabweichung (SD) der Ölgehalte und Tausendkornmasse (TKM) von Winterraps in Abhängigkeit der untersuchten Prüfglieder (N = 6 je Prüfglied).**

Prüfglied	Rohfett (% TS)	SD	TKM (g)	SD
1 - Unbehandelte Kontrolle	44,95	0,98	5,20	0,22
2 - Konventionelle Behandlung	43,38	0,64	5,37	0,25
3 - Dropleg-Technik	43,73	0,62	5,27	0,20

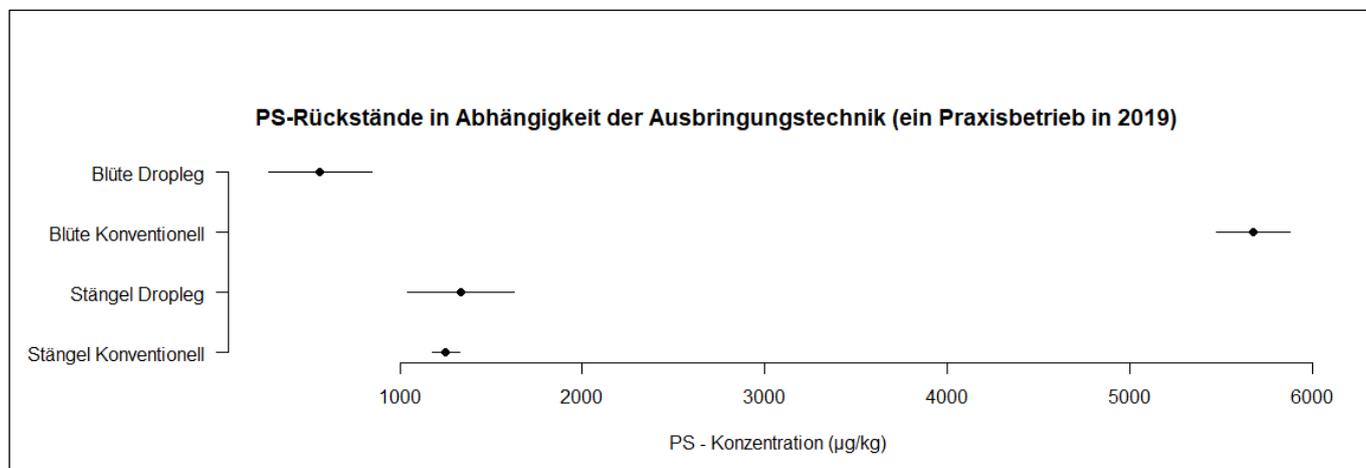
### 3.2.2 Wirkstoff-Rückstände

In den Praxisbetrieben wurden verschiedene Fungizide mit verschiedenen Wirkstoffen gegen Weißstängeligkeit in der Blüte eingesetzt. Bei **Cantus Gold** konnte die Konzentration von **Boscalid** und **Dimoxystrobin** und bei **Propulse** von **Fluopyram** gemessen werden. Um eine ausreichend große Stichprobe für die statistische Analyse zu erhalten, wurden die gemittelten Daten je Prüfglied von den einzelnen Wirkstoffen zusammengefasst. Da bei **Cantus Gold** zwei Wirkstoffe gemessen werden konnten, war die Anzahl der Datenpunkte zwischen den Standorten unterschiedlich. Eine Angleichung der Stichprobengröße je Standort (N = 3) wurde durch eine randomisierte Auswahl erreicht. Bei der konventionellen Düsentechnik war die Wirkstoffkonzentration im Blütenbereich signifikant höher im Vergleich zur Dropleg Düsentechnik ( $p < 0,0001$ ). Im Stängelbereich konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe Abbildung 8 und Tabelle A 1).



**Abbildung 8: Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsentechnik (Dropleg vs. Konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration im Blüten- und Stängelbereich. Darstellung basiert auf den Daten aller Praxisbetriebe, wobei unterschiedliche Wirkstoffgruppen zusammengefasst worden sind (N = 9 je Prüfglied).**

Der fehlende signifikante Unterschied im Stängelbereich ist mit hoher Wahrscheinlichkeit im Zusammenhang mit dem Anbau einer Halbzweig-Hybride im Praxisbetrieb 2 zu sehen. Bei diesem Standort wurden fast gleiche Mittelwerte im Stängelbereich für beide Düsentechniken gemessen (siehe Abbildung 9). Eventuell wurden durch die geringe Wuchshöhe der Pflanzen die Dropleg-Düsen zu tief eingestellt, so dass die Probe nicht im Zentrum des ausgebrachten Sprühfilms entnommen worden ist.



**Abbildung 9: Fehlerbalken zeigen Effekt unterschiedlicher Düsentechnik (Dropleg vs. konventionell) auf die Wirkstoffkonzentration im Blüten- und Stängelbereich. Darstellung basiert auf den Daten eines Praxisbetriebes, wobei unterschiedliche Wirkstoffgruppen zusammengefasst worden sind (N = 3 je Prüfglied).**

### 3.2.3 Kontrolle von Weißstängeligkeit

Die Bonituren der Weißstängeligkeit im Winterraps (Stoppelbonitur), hat durchgängig eine sehr geringe BH aufgezeigt, mit leicht höheren Werten bei der unbehandelten Kontrolle (siehe Tabelle 6). Das Modell *SkleroPro* (ISIP) hat bei keinem Praxisbetrieb eine Fungizidbehandlung empfohlen. Die sehr geringe BH hat eine entsprechende Effektanalyse der Prüfglieder redundant gemacht.

**Tabelle 6: Befallshäufigkeit (BH) mit Weißstängeligkeit im Winterraps auf drei Praxisbetrieben, bonitiert an 40 Stoppeln pro Parzelle.**

Prüfglied	Praxisbetrieb 1	Praxisbetrieb 2	Praxisbetrieb 3
Unbehandelte Kontrolle	5,00	2,50	0,83
2 - Konventionell	0,00	0,83	0,00
3 - Dropleg-Technik	0,83	0,83	0,00

### 3.3 Vergleichsanalyse Honig- und Pollenproben von Winterraps (LVG Köllitsch)

Der zulässige RHG von **Azoxystrobin** (Pflanzenschutzmittel: **Ortiva**) in Erzeugnissen der Imkerei beträgt entsprechend der EU-Datenbank für Pestizide 0,05 mg/kg (Ec, 2019). Dieser Grenzwert wurde in den Honigproben von der konventionell behandelten Fläche deutlich überschritten und in den Proben von der mit Dropleg-Technik behandelten Fläche eingehalten. In den Pollenproben konnte der Grenzwert in keiner Probe eingehalten werden, unabhängig von der eingesetzten Applikationstechnik (siehe Tabelle 7). Da es sich aber um einen Tastversuch gehandelt hat, ist keine Verallgemeinerung der Ergebnisse möglich, es werden höchstens Tendenzen abgebildet.

**Tabelle 7: Unterschiede in der Wirkstoffkonzentration von Azoxystrobin (mg/kg) in Honig- und Pollenproben in Abhängigkeit von der eingesetzten Düsentechnik (Dropleg vs. konventionell).**

Probe	Azoxystrobin (mg/kg) Honig	Azoxystrobin (mg/kg) Pollen
Dropleg Probe 1	0,013	0,260
Dropleg Probe 2	0,017	0,513
Konventionell Probe 1	1,140	0,329
Konventionell Probe 2	0,402	2,400

Die Auszählung und Bestimmung der Pollen hat ergeben, dass Winterraps von allen vier Bienenvölkern als Hauptfutterquelle genutzt worden ist (siehe Art und Anzahl der analysierten Pollen Tabelle 3).

Die Bienenvölker am Rand der konventionell behandelten Fläche haben im Vergleich etwas häufiger Weiden und Steinobst/Kernobst als Nahrungsquelle genutzt. Damit kann ausgeschlossen werden, dass die gemessenen Unterschiede in den Wirkstoff-Konzentrationen auf Unterschiede im Flug- und Futterverhalten der vier Bienenvölker zurückzuführen sind.

### 3.4 Untersuchungen Winterweizen (Praxisbetriebe)

#### 3.4.1 Ertrag und Qualitätsparameter

Die teilweise unterschiedlichen Behandlungszeiträume (Praxisbetrieb 1) als auch Düsentechniken hatten keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag (dt/ha) sowie das Tausendkorngewicht (g) von Winterweizen. Das ist sowohl zutreffend im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle als auch entlang der Prüfglieder (siehe Tabelle A 1). Somit hat die Fungizidbehandlung keinen ertragssteigernden Effekt gehabt. Auch wenn bei der Verwendung der Dropleg-Technik der Ertrag im Mittel am niedrigsten war (siehe Tabelle 8), konnte dieser Unterschied aufgrund der hohen Standardabweichungen statistisch nicht abgesichert werden. Die Mittelwerte des Tausendkorngewichts waren alle in einem vergleichbaren Bereich.

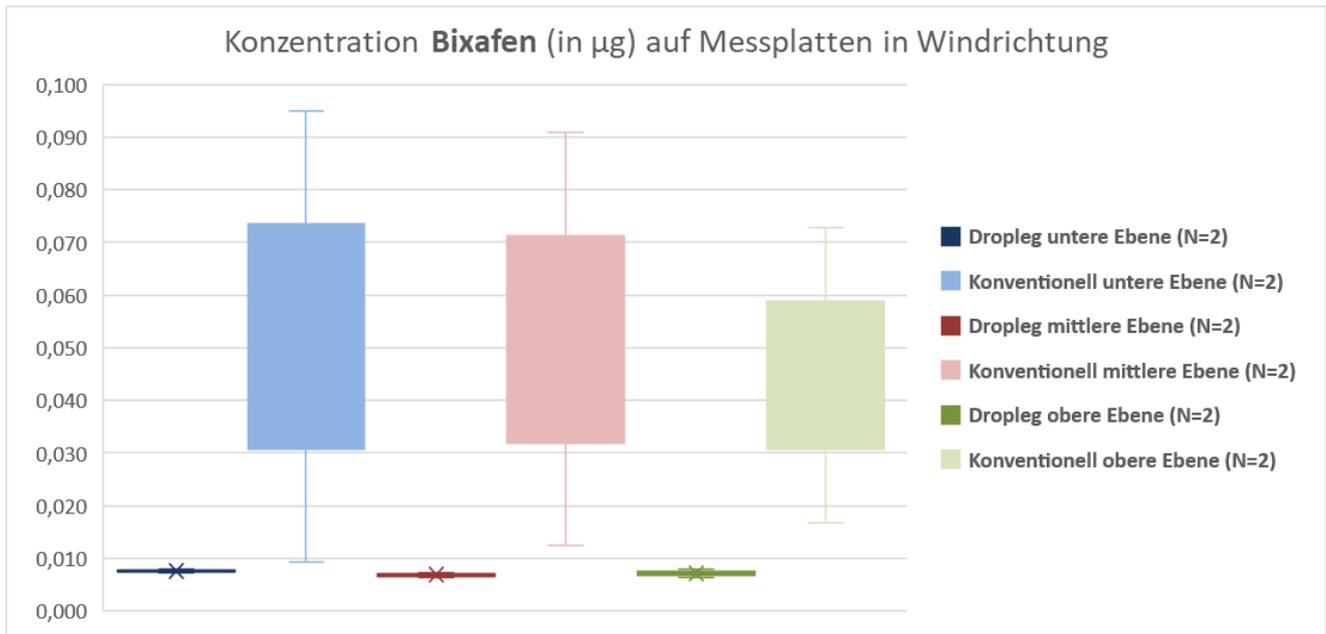
**Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der Ertragsdaten und des Tausendkorn- gewichts von Winterweizen in Abhängigkeit der untersuchten Prüfglieder (N = 6 je Prüfglied).**

Prüfglied	Ertrag (dt/ha)	SD	TKM (g)	SD	RP (%)	SD	Fallzahl	SD	Sedi-Wert	SD
1 - Unbehandelte Kontrolle	84,81	4,74	43,77	1,15	11,51	0,98	361	11,81	41	3,90
2 - Betriebsüblich	83,47	7,18	43,46	2,37	11,18	1,20	356	23,03	43	8,19
3 - Konventionell	87,04	8,24	44,28	1,28	10,60	0,80	350	19,37	38	4,42
4 - Dropleg-Technik	81,03	10,16	43,18	1,57	11,60	0,74	363	11,33	43	4,96

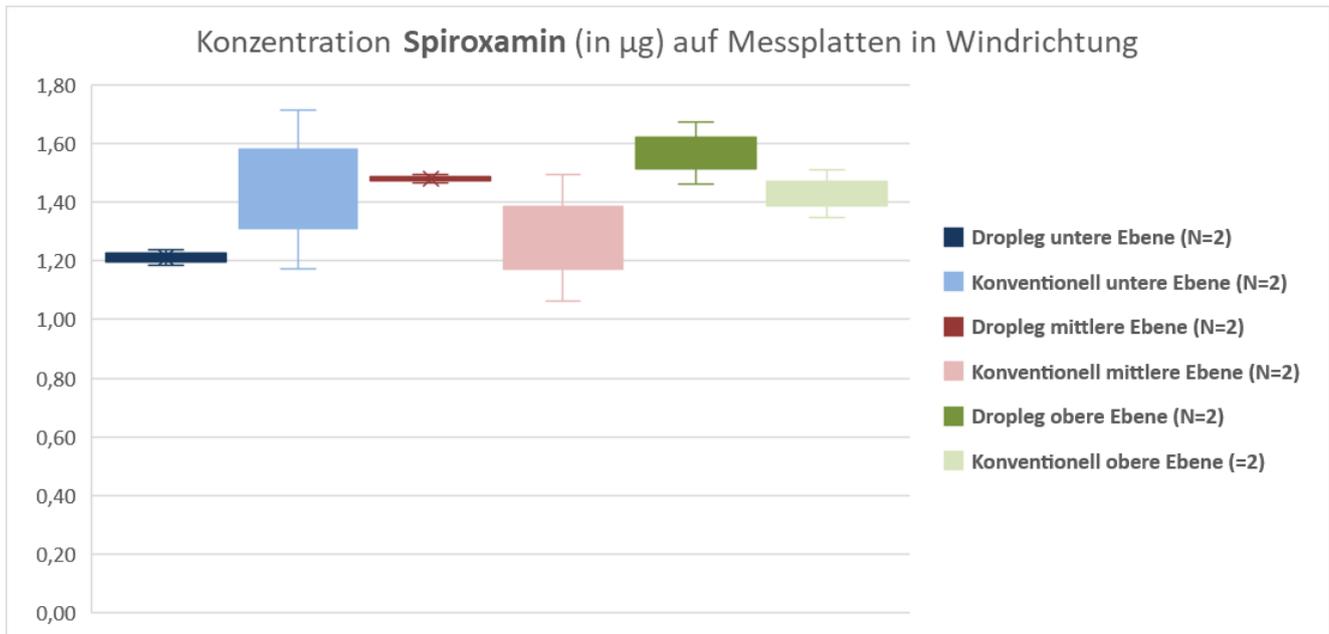
Legende: "SD" = Standardabweichung; "TKM" = Tausendkornmasse; "RP" = Rohproteingehalt in Prozent Trockenmasse

### 3.4.2 Abdrift der Wirkstoffe

Die Abdriftmessungen haben ergeben, dass die Konzentration der Wirkstoffe auf den Platten in Windrichtung deutlich höher war als gegen die Windrichtung (siehe Abbildung A 1 bis Abbildung A 3). Da es sich um einen Tastversuch gehandelt hat und der Stichprobenumfang entsprechend gering war, wurde auf eine statistische Analyse verzichtet und mögliche Trends entsprechend mit Boxplots graphisch dargestellt. Bei der ersten Messvorrichtung neben der Dropleg-Variante in Windrichtung wurde bei allen Wirkstoffen im Vergleich zu den restlichen Messvorrichtungen mit Abstand die höchste Konzentration gemessen (siehe Abbildung A 1 bis Abbildung A 3). Die wahrscheinlichen Gründe für diese hohen Werte werden im Abschnitt 4.2.2 näher diskutiert, an dieser Stelle werden sie als Ausreißer betrachtet. Entsprechend wurden die Messungen der ersten Abdriftvorrichtungen entlang der Dropleg als auch der konventionellen Behandlung bei der Erstellung der entsprechenden Abbildungen ausgeschlossen (Abbildung 10 und Abbildung 11). Die Messungen haben ergeben, dass die Konzentration der Wirkstoffe **Bixafen** und **Prothioconazol-desthio** auf den Platten in Windrichtung deutlich geringer bei der Verwendung der Dropleg-Technik im Vergleich zur konventionellen Behandlung war (siehe Abbildung 10 und Abbildung A 4). Bei dem Wirkstoff **Spiroxamin** konnte kein tendenzieller Unterschied zwischen den unterschiedlichen Düsentechiken festgestellt werden (siehe Abbildung 11). Auf den Platten gegen die Windrichtung hat sich unabhängig vom Wirkstoff ebenfalls kein Unterschied bei den Konzentrationen angedeutet (siehe Abbildung A 5 bis Abbildung A 7).



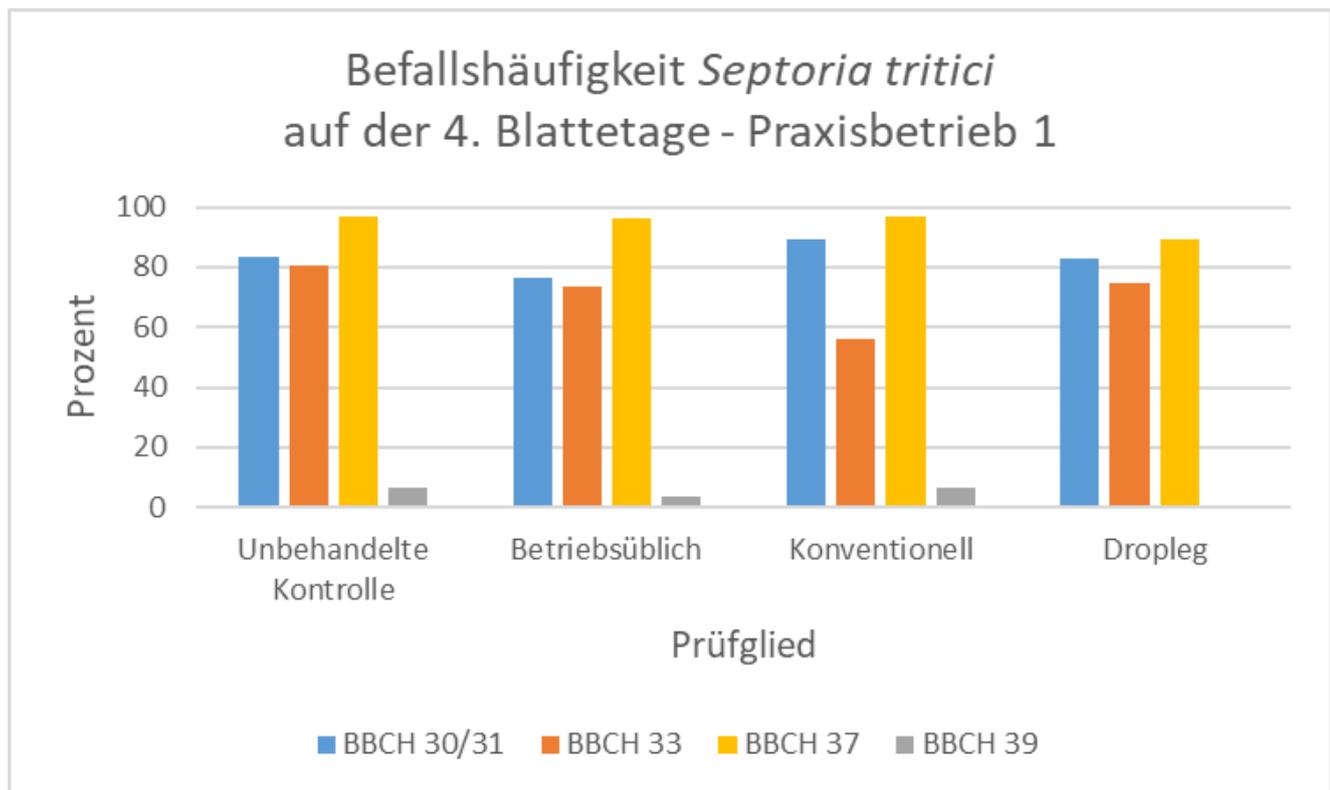
**Abbildung 10: Wirkstoffkonzentration Bifoxen in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell).**



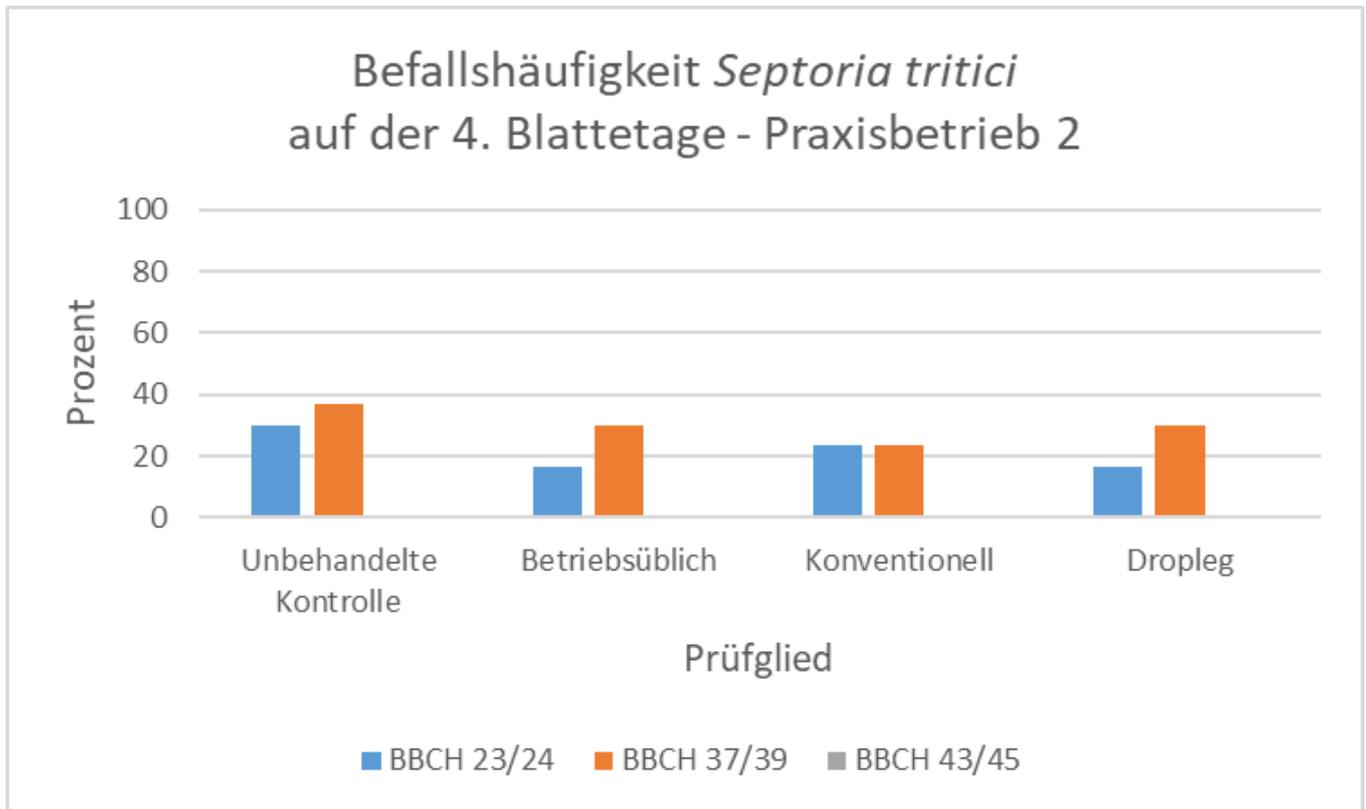
**Abbildung 11: Wirkstoffkonzentration Spiroxamin in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. konventionell).**

### 3.4.3 Kontrolle von Septoria-Blattflecken und Gelbrost

Es wurde ausschließlich *Septoria tritici* bonitiert und nur an einer Pflanze *Puccinia striiformis*, deswegen wird im Folgenden nur auf *Septoria tritici* eingegangen. Die Entscheidungsbonituren haben aufgezeigt, dass die BH mit *Septoria tritici* auf der vierten Blattetage auf Praxisbetrieb 1 deutlich höher war im Vergleich zum Praxisbetrieb 2. Kurz vor Durchführung der PSM war die Befallshäufigkeit in beiden Betrieben auf sehr niedrigem Niveau bzw. nicht mehr vorhanden (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Zwischen den Prüfgliedern konnte auf beiden Betrieben kein Unterschied bzgl. der Befallshäufigkeit festgestellt werden. Auf den drei oberen Blattetagen wurde, im Vergleich zur vierten Blattetage, weniger Befall mit *Septoria tritici* bonitiert (siehe Abbildung A 8 und Abbildung A 9). Auch hier war der Befall in Praxisbetrieb 1 stärker als im zweiten Betrieb und es konnte kein Unterschied zwischen den Prüfgliedern festgestellt werden.



**Abbildung 12: Befallshäufigkeit von Winterweizen mit *Septoria tritici* im Rahmen der Entscheidungsbonituren in Praxisbetrieb 1 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM. Erfasst an fünf Probepunkten (je zwei Pflanzen) je Untersuchungsparzelle. Die Fungizidmaßnahme erfolgte in der betriebsüblichen Variante im BBCH 39 und in der konventionellen sowie Dropleg Variante im BBCH 41-43.**

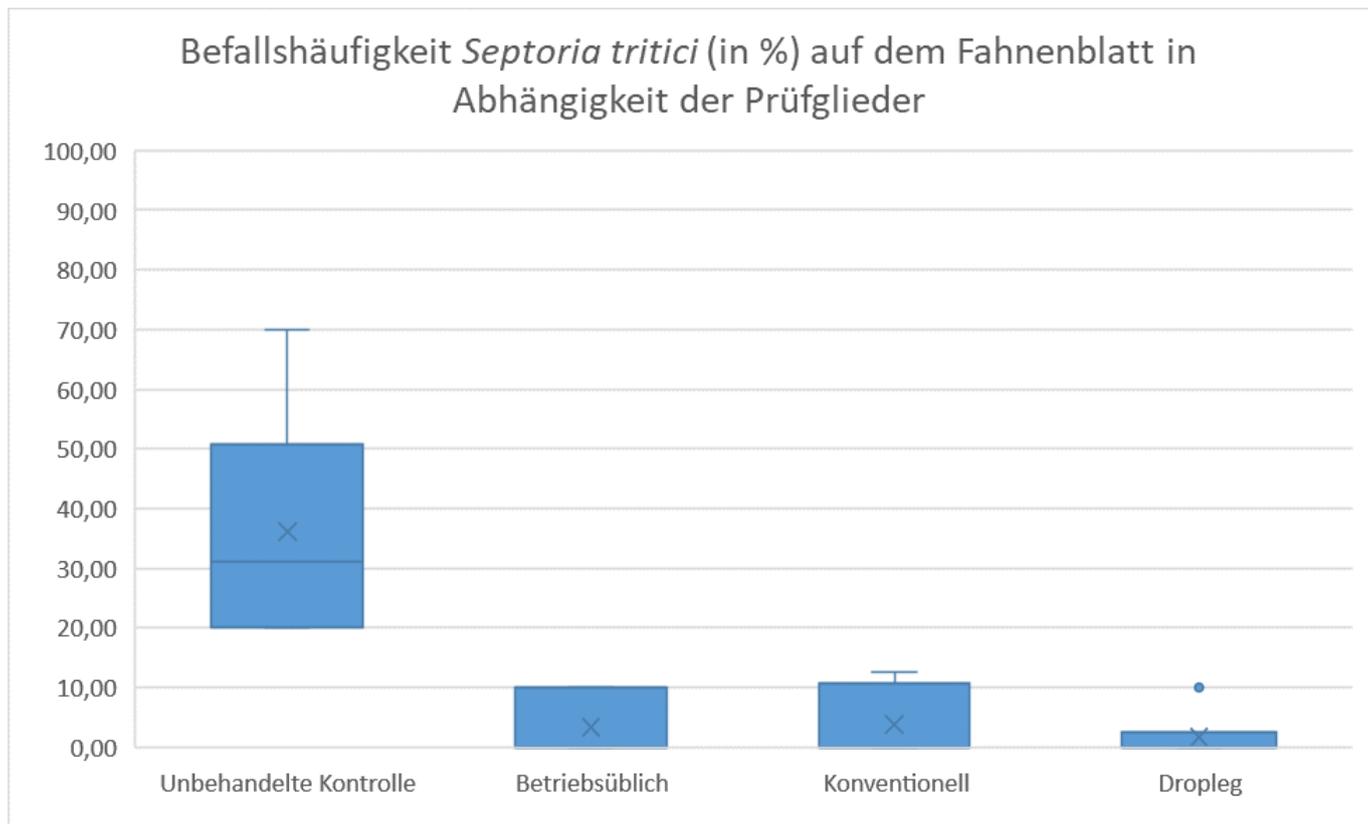


**Abbildung 13: Befallshäufigkeit von Winterweizen mit *Septoria tritici* im Rahmen der Entscheidungsbonituren in Praxisbetrieb 2 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM. Erfasst an fünf Probepunkten (je zwei Pflanzen) je Untersuchungsparzelle. Die Fungizidmaßnahme erfolgte im BBCH bei allen behandelten Prüfgliedern im BBCH 41-47.**

Im Rahmen der Erfolgsbonitur werden die BH getrennt nach den Blattetagen Fahnenblatt (F), erstes Blatt unter Fahnenblatt (F-1) und zweites Blatt unter Fahnenblatt (F-2) erfasst. Bei der Analyse der BH des Fahnenblattes wurde ein starker signifikanter Effekt der Prüfglieder angezeigt ( $p = 0,001$ ; siehe Tabelle A 1). Die post-hoc Analyse hat ergeben, dass alle behandelten Prüfglieder signifikant geringere BH im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle aufgewiesen haben (siehe Tabelle 9 und Abbildung 14). Der Vergleich der behandelten Varianten untereinander hat ergeben, dass die Art der Ausbringungstechnik und ggf. abweichende Behandlungszeitpunkte (siehe Praxisbetrieb 1) keinen signifikanten Effekt hatten, auch wenn der Befall bei der Dropleg-Variante tendenziell am niedrigsten war.

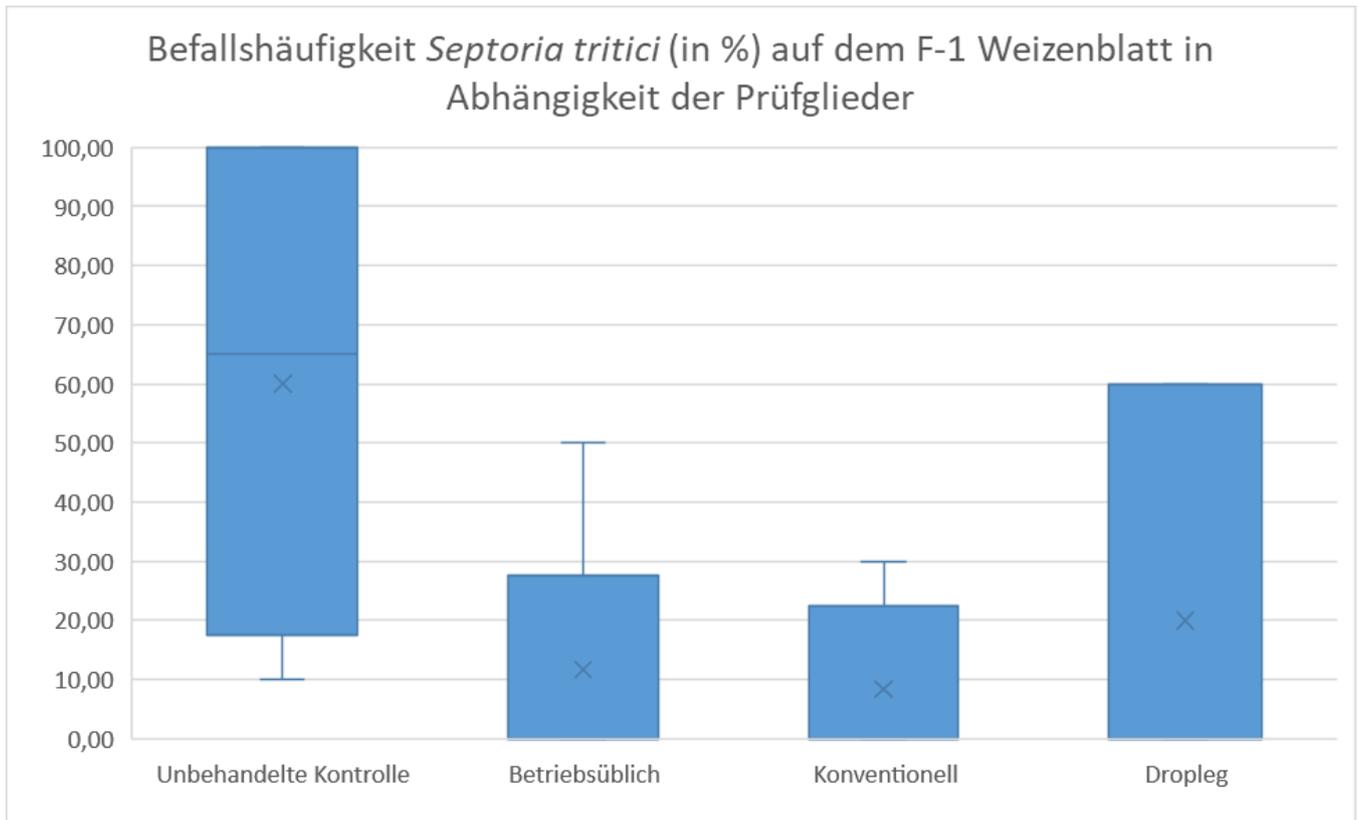
**Tabelle 9: Signifikanzwerte (p-Werte) der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit des Fahnenblatts mit *Septoria tritici*, Signifikanzlevel p-Werte  $\leq 0,05$ .**

	1 - Unbehandelte Kontrolle	2 - Betriebsüblich	3 - Konventionell
2 - Betriebsüblich	0,011	-	-
3 - Konventionell	0,016	1,000	-
4 - Dropleg-Technik	0,003	1,000	1,000



**Abbildung 14: Boxplots zur Verdeutlichung der Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit mit *Septoria tritici* des Winterweizen-Fahnenblatts in Abhängigkeit der Prüfglieder (N = 6 je Prüfglied).**

Bei der Analyse der BH des F-1 wurde ebenfalls ein signifikanten Effekt der Prüfglieder angezeigt ( $p = 0,044$ ; siehe Tabelle A 1). Bei der post-hoc Analyse konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen bestimmten Prüfgliedern festgestellt werden (siehe Tabelle A 4). Beim Vergleich der behandelten Prüfglieder war die BH des F-1 Blattes in der Dropleg-Variante tendenziell am höchsten (siehe Abbildung 15). Bei der Analyse der BH des F-2 wurde kein signifikanter Effekt der Prüfglieder festgestellt (siehe Tabelle A 1). Im Vergleich zum F-1 und zum Fahnenblatt war die BH mit *Septoria tritici* auf dem F-2 am höchsten, unabhängig vom Prüfglied (siehe Abbildung A 10).



**Abbildung 15: Boxplots zur Verdeutlichung der Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit des F-1 Blattes in Abhängigkeit der Prüfglieder (N = 6 je Prüfglied).**

## 4 Diskussion

### 4.1 Dropleg-Technik im Winterraps

#### 4.1.1 Ertrag, Qualitätsparameter und Kontrolle Weißstängeligkeit

In der Ringversuchsgruppe der Länder (BB, HE, SN, ST und TH) wird die Meinung vertreten, dass zur Bestimmung von Unterschieden zwischen Prüfgliedern der konservative Tukey-HSD-Test verwendet werden soll, da mit diesem nur klare Unterschiede als signifikant angezeigt werden. Basierend auf der entsprechenden GD konnte im Rahmen des dreijährigen Strategieversuchs kein ertragssteigernder Effekt der Fungizidbehandlung festgestellt werden. Nur bei der GD basierend auf einem t-Test hatte die Fungizidbehandlung zur Blüte als auch die kombinierte Herbst-/Blütenbehandlung, unabhängig von der Applikationstechnik, einen ertragssteigernden Effekt. Diese also eher schwachen (signifikanten) Unterschiede sind mit Sicherheit auf den allgemein sehr geringen bzw. nicht vorhandenen Befall mit Weißstängeligkeit in den Untersuchungsjahren zurück zu führen. In einer Studie von DICKE (2015) hat die Fungizidbehandlung zur Blüte zu einer signifikanten Ertragssteigerung im Vergleich zur Kontrolle geführt, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Applikationstechniken festgestellt werden konnte. In dieser Studie wurde aber auch eine hohe BH mit Weißstängeligkeit festgestellt, wobei bei der unbehandelten Kontrolle BH zwischen 17 und 40 % bonitiert worden sind und bei den behandelten Prüfgliedern signifikant geringere BH. Dieser signifikante Unterschied in der BH mit Weißstängeligkeit konnte in der vorliegenden Untersuchung für zwei Situationen mit relativ hohem Befall (Behandlungsempfehlung nach *SkleroPro*) bestätigt werden. In den bisher durchgeführten Studien wurden die Qualitätsparameter, insbesondere in Form vom Rohfettgehalt nicht betrachtet. Allerdings konnte auch hier im Versuch kein signifikanter Effekt der unterschiedlichen Fungizidmaßnahmen festgestellt werden. Der gefundene signifikante Unterschied im Rohfettgehalt in Abhängigkeit der Sorte, bestätigt die Angaben der Landessortenversuche in Sachsen (BSA, 2020).

#### 4.1.2 Wirkstoff-Rückstände Pflanzenmaterial

Die im Rahmen des Strategie- sowie Praxisversuchs durchgeführte Rückstandsstudie wurde zum ersten Mal mit diesem hohen Aufwand realisiert im Vergleich zu abgeschlossenen Untersuchungen am z.B. JKI oder der Uni Hohenheim. Insgesamt wurden in den drei Jahren 483 Proben entnommen, aufbereitet und analysiert. Die signifikant höhere Konzentration an Wirkstoffen im Blütenhorizont bei der Verwendung konventioneller Düsentechnik bestätigt die Ergebnisse von Untersuchungen mit wassersensitiven Papier (OSTEROTH, 2014) sowie UV-Licht (HEINKEL, WALLNER, & MORHARD, 2014). Damit kann die Eignung des Dropleg-Verfahrens bzgl. der Verringerung der Wirkstoffbelastung im Blütenhorizont bestätigt werden. Die Ergebnisse aus dem Strategieversuch haben zusätzlich gezeigt, dass durch die Dropleg Düsentechnik tendenziell mehr Wirkstoffe im Stängelbereich angelagert werden. Dieser ist der Hauptinfektionsbereich, genauer die Blattachsel, für Weißstängeligkeit. Somit könnte die Dropleg-Technik die Möglichkeit eröffnen, den Mitteleinsatz von Fungiziden zu reduzieren. Für belastbare Praxisempfehlungen sind aber weitere Versuche in starken Befallsjahren mit Weißstängeligkeit erforderlich.

### 4.1.3 Wirkstoff-Rückstände Honig und Pollen

Es wurden Rückstandsanalysen in Honig- und Pollenproben durchgeführt, da die Anzahl entsprechender Untersuchungen derzeit noch überschaubar ist (WIEDENAU, 2018; WALLNER, 2019) und die Ergebnisse teilweise von Imkern angezweifelt werden (BOTENS, 2019). Die in einer vergleichbaren Feldstudie (WALLNER, 2014b) gefundenen deutlichen Unterschiede bzgl. der Wirkstoff-Konzentration in Pollen in Abhängigkeit der Ausbringungstechnik (geringere Konzentration bei Verwendung der Dropleg-Technik) konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Auch wenn die höchste Konzentration in einer Probe von dem konventionell behandelten Schlag festgestellt worden ist, hat keine Probe den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwert eingehalten. Hierbei muss natürlich erwähnt werden, dass die Pollenfallen ca. 1 Stunde vor Applikation für 24 Stunden geöffnet worden sind. Somit wurde ein Zeitraum beprobt, in welchem die höchste Wirkstoffkonzentration zu erwarten war. In der Feldstudie von WALLNER (2014b) wurden die Pollen über einen Zeitraum von 7 Tagen geerntet und untersucht. Dabei konnte ein deutlicher Abbau der Wirkstoffkonzentration festgestellt werden, welche ab Tag 3 schon auf einem sehr niedrigen Niveau (unterhalb der zulässigen Höchstmenge) angekommen war. Auf Grundlage der gewonnenen Ergebnisse sollte aber von der Gewinnung von Pollenproben zeitnah nach Applikation abgesehen werden, unabhängig von der Ausbringungstechnik. Die gefundenen Unterschiede in den Honigproben bestätigen die Ergebnisse von einem 5-jährigen Freilandversuch der Uni Hohenheim (WALLNER, 2019). Auch in dieser Studie war die Wirkstoff-Konzentration von **Azoxystrobin** in den Honigproben der Dropleg-Variante deutlich geringer. Weiterhin wurden teilweise ebenfalls Überschreitungen der Rückstandshöchstmengen in Honigproben von konventionell behandelten Flächen festgestellt. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Honigprobe 5 Tage nach Applikation entnommen und analysiert, in der Praxis würden die Bienen aber bis zum Ende der Vollblüte Honig eintragen, bevor der Honig für den Verkauf abgeschleudert wird. Es wird also deutlich länger deutlich weniger belasteter Nektar eingetragen, was zu einem Verdünnungseffekt der Wirkstoffkonzentration im endgültigen verkaufsfertigen Produkt führen kann. Je nach Wetterlage wird die Wirkstoffkonzentration auch durch die Bienen selber reduziert, da an Nicht-Flugtagen mit Regen der bereits eingetragene und unter Umständen belastete Honig durch die Bienen verzehrt wird. Ein weiterer Verdünnungseffekt kann durch den Eintrag von Honig aus anderen Blütenquellen (z.B.: Kern- und Steinobst, Ahorn) erreicht werden, wobei entsprechende Strukturen nicht flächendeckend zu finden sind (WALLNER, 2019). In zukünftigen Untersuchungen sollten Proben bis zum Ende der Vollblüte entnommen werden, um klare Empfehlungen für die Imkerei ableiten zu können bzw. um die Notwendigkeit von Kontrollen abzuklären. Das ist aber nur mit einem größeren Aufwand möglich, da zur Vermeidung von Verschleppungseffekten große Tunnelzelte auf den Rapsflächen aufgebaut werden müssen. In diese werden dann die Bienenstöcke gestellt und die Zelte verschlossen. Dies verhindert, dass die Bienen Nicht-Zielflächen anfliegen.

## 4.2 Dropleg-Technik im Winterweizen

### 4.2.1 Ertrag, Qualitätsparameter und Kontrolle Septoria-Blattflecken

Es konnte kein signifikanter ertragssteigernder Effekt der unterschiedlichen Fungizidbehandlungen festgestellt werden. Auch wenn der Ertrag bei der Dropleg-Variante tendenziell am niedrigsten war, verdeutlichen die hohen Werte der Standardabweichung, wie unterschiedlich die Erträge je Prüfglied ausgefallen sind. Um eine höhere Sicherheit bzgl. möglicher negativer Effekte der Dropleg-Technik auf den Ertrag zu erreichen, müssen dementsprechend mehr Versuche durchgeführt werden, um die Stichprobengröße zu erhöhen.

Den Empfehlungen von ISIP folgend wäre auf Praxisbetrieb 1 eine Behandlung von Septoria tritici im BBCH 32-37 empfehlenswert gewesen (ISIP, 2020a). Aufgrund des Versuchsaufbaus konnten die Prüfglieder 3 und 4 aber nur im BBCH 37-59 behandelt werden. Die Möglichkeit einer Vorlage in der Schoßphase hat trotz Indikation der Praxisbetrieb nicht genutzt. Im BBCH 39-61 wurde die Bekämpfungsschwelle in keinem Betrieb erreicht. Dennoch wurde zum Teil eine hohe BH in der unbehandelten Kontrolle bonitiert, die aber aufgrund geringer Befallsstärken (auf dem Fahnenblatt 0,7 % Bedeckungsgrad und auf dem F-2 den stärksten Befall mit 6,8 %) keinen Einfluss auf den Ertrag hatte. Dies bestätigt die Empfehlungen von ISIP, da keine Fungizidmaßnahme im BBCH 39-61 angezeigt wurde. Zur weiteren Validierung der ISIP-Empfehlungen sollte bei zukünftigen Versuchen ein Prüfglied eine verpflichtende Fungizidmaßnahme bei Indikation durch ISIP beinhalten. Die Erfolgsbonituren haben ergeben, dass die Dropleg-Technik das Fahnenblatt von Winterweizen genauso effektiv schützen kann wie eine konventionelle Behandlung. Beim F-1 Blatt, welches für die Nährstoffversorgung ebenfalls von großer Bedeutung ist, ist keine Tendenz einer höheren BH bei der Dropleg-Variante erkennbar. Dies bestätigt noch nicht die Grundannahme, dass eine gezieltere Applikation der Wirkstoffe zu einer deutlich besseren Kontrolle der Schadorganismen führt. Dazu war der Befall insgesamt zu gering, um eindeutige Effekte nachzuweisen. Auch bedarf es ggf. technischer Verbesserungen (z.B. Düsen-Typ und Düsenorientierung), um den Effekt zu verstärken. Eine Erhöhung des Stichprobenumfangs ist ebenso notwendig, um mögliche Ausreißer auszuschließen.

### 4.2.2 Abdrift der Wirkstoffe

#### Abdriftminderung

Die Ergebnisse des Tastversuchs weisen darauf hin, dass die Abdrift von Wirkstoffen durch den Einsatz der Dropleg-Technik im Winterweizen verringert werden könnte. Eine abschließende Beurteilung ist nicht möglich aufgrund des vereinfachten Versuchsaufbaus, welcher nicht den strengen Vorgaben des JKI (JKI, 2013) entspricht, aber durch die begrenzten Ressourcen auch nicht entsprechen konnte. Weiterhin wurden die Messungen nur im Rahmen eines Versuchs mit drei Wiederholungen durchgeführt, was für eine statistische Analyse einen sehr geringen Stichprobenumfang ergibt. Die Boxplots für die Wirkstoff Bixafen und dem Metaboliten Prothioconazol-desthio zeigen aber einen klaren Trend auf und bestätigen die Grundannahme, dass die Dropleg-Technik die Abdrift deutlich verringern kann und mehr Wirkstoffe im Pflanzenbestand verbleiben.

## Ansprüche an den Pflanzenbestand

Die Messwerte einer Messvorrichtung wurden in den Darstellungen ausgeschlossen, da sie im Vergleich zu allen anderen Werten unverhältnismäßig hoch ausgefallen sind. In der Umgebung dieser Messstation wurde großflächig ein sehr lichter und niedriger Bestand festgestellt, welcher mit hoher Wahrscheinlichkeit die Droplegs nicht stabilisiert und ein starkes Pendeln der Droplegs quer zur Drillrichtung ermöglicht hat. Es ist davon auszugehen, dass die seitlich ausgerichteten 140°Düsen durch das Pendeln aus dem Bestand herausgehoben worden sind und der Spritzfilm ungehindert auf die Messvorrichtung appliziert wurde. Dies legt die Vermutung nahe, dass ein erfolgreicher Einsatz der Dropleg-Technik im Rahmen der Abdriftminderung auch stark von Bestandeseigenschaften abhängt: Wuchshöhe und Dichte. Ein anderer Grund für die gemessenen Abweichungen, könnte auch ein zu tiefes Führen der Droplegs im Bestand sein. Dies erhöht die Gefahr von Bodenkontakt verbunden mit einem leichten Abknicken der Droplegs. Durch ein solches Abknicken würde der Spritzfilm ebenfalls verstärkt aus dem Bestand herausgetragen werden. Dementsprechend wäre von technischer Seite aus wichtig, dass die Droplegs möglichst konstant mit einem Mindestabstand zum Boden geführt werden, um einen ungewollten Austrag von Pflanzenschutzmitteln zu vermeiden. Weitere Untersuchungen sollten sich auch mit dem Düsen-Typ beschäftigen. Im vorliegenden Fall wurde eine 140°Düse ausgewählt, durch den entsprechenden Strahlwinkel können auch Tröpfchen nach oben aus dem Bestand getragen werden. Neben dem Düsen-Typ könnten auch unterschiedliche Orientierungen der Düsen am Dropleg untersucht werden (z.B. Applikation schräg nach unten).

## Wirkstoffeigenschaften

Für den Wirkstoff Spiroxamin konnte kein Unterschied zwischen den unterschiedlichen Ausbringungstechniken festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte eine starke Verflüchtigung dieses Wirkstoffes direkt nach Applikation sein. Die Arbeitsgruppe Focus Air (2008) empfiehlt einen Grenzwert bzgl. des Dampfdrucks von 10-5 Pa, um die Verflüchtigung von Substanzen zu minimieren. Mit einem Dampfdruck von 10-1 Pa liegt Spiroxamin deutlich über diesen Empfehlungen, was eine schnelle Verflüchtigung sehr wahrscheinlich macht. Die anderen beiden Wirkstoffe hingegen liegen deutlich unter den Empfehlungen mit Drücken um die 10-7 Pa. Der Fa. Lechler zufolge kommt hinzu, dass FT-Düsen im Vergleich zu Injektor-Düsen ein sehr feines Tropfenspektrum produzieren. Die kleineren Tropfen benetzen den Bestand zwar besser, befördern aber auch die Freisetzung der Wirkstoffe über Dampfdruck.

## 4.3 Erfahrungen aus der Praxis

### Technische Einschränkungen

Für den Praxiseinsatz der Dropleg-Technik haben sich zwei Faktoren als besonders problematisch herausgestellt: die Halterungen und der Straßentransport. Bei den Feldspritzen von John Deere und Tecnomat Fortis mussten in unterschiedlichem Umfang neue Halterungen angefertigt werden. Teilweise mussten auch neue Löcher ins Spritzgestänge gebohrt werden, um die Halterungen im vorgeschriebenen Abstand von 50 cm anbringen zu können. Die Herstellung neuer Halterungen für diese Hersteller war konstruktiv nur bedingt aufwendig, erforderte trotzdem ein recht hohes Maß an Genauigkeit, um ein konstantes Eintauchen der Droplegs in den Bestand über die gesamte AB zu gewährleisten. Ein Straßentransport der Droplegs war bei allen drei Herstellern aufgrund der Klapptechnik des Spritzgestänges als auch dem geringen Abstand zw. Spritzgestängen und Radkasten nicht möglich. Während die Halterungen mit vergleichbar geringem Aufwand nachgerüstet werden können, stellt eine Umrüstung auf Straßentransport, wenn überhaupt für alle Anbieter möglich, einen sehr viel höheren technischen und finanziellen Aufwand dar. Bei einem Round-Table zum Thema „Breite Markteinführung der Droplegtechnologie“ (04.02.2020 in Berlin, organisiert von DBV und UFOP) wurde deutlich, dass derzeit nur

die Firmen Dammann und Horsch eine fertige technische Lösung bzgl. einer Nachrüstung mit Klapp-technik haben (Kosten ca. 100-150 € pro Meter AB). Die anderen Hersteller warten derzeit noch ab, ob sich die Nachfrage nach der Dropleg-Technik verstärkt und sich entsprechend die Entwicklung einer Klapptechnik lohnt. Ein An- und Abbau der Droplegs vor bzw. nach einer Feldbehandlung ist in vielerlei Hinsicht nicht praxistauglich (Zeitaufwand, Transport der Droplegs zum nächsten Schlag und Beachtung des Anwenderschutzes) und macht die Verfügbarkeit einer entsprechenden Klapptechnik unverzichtbar für die Praxis. Im Rahmen des Round-Tables wurde von den meisten anwesenden Landmaschinen-Herstellern deutlich gemacht, dass sie ein Nachrüstungsset für die Halterungen anbieten würden. Allerdings bleibt die Gewährleistung in den meisten Fällen nur erhalten, wenn die Umrüstung werkseitig erfolgt und verursacht damit weitere Kosten. Die Hersteller-Angaben bzgl. Verfügbarkeit von solchen Nachrüstungssets wurde von unserer Seite nicht überprüft.

### **Materialbeanspruchung und Einstellung der Droplegs**

Die erhöhte Belastung am Spritzgestänge (ca. 400 g pro Dropleg) stellte laut den Praktikern kein Problem dar, es wurde lediglich von einem leichten Ruckeln berichtet, aber ansonsten wurde kein Unterschied zum Fahren mit konventioneller Düsentchnik festgestellt. Auch bei halbseitiger Belastung des Spritzgestänges konnte kein Verdrehen des Spritzgestänges beobachtet werden. Die Fahrgeschwindigkeit ist bei der Verwendung der Dropleg-Technik etwas geringer. Dies wurde aber nicht als negativ wahrgenommen. Als nachteilig wird das individuelle Einstellen der Droplegs für jeden neuen Schlag betrachtet. Dies ist aufgrund der Unterschiede im Blütenhorizont (durch z.B. Feldaufgang, Sorte, Standort, Nährstoffversorgung, usw.) notwendig und bei vielen kleinteiligen Schlägen recht zeitaufwendig.

### **Ungewollte Wirkstoffein- und austräge**

Beim Einsatz im Winterraps kam es entsprechend eigener Beobachtungen durch das Aufschwingen des Spritzgestänges beim Einlenken und Einfahren in die Fahrgasse auch beim Dropleg-Verfahren zum Eintrag größerer Mengen der Spritzbrühe in den Blütenhorizont. Dies kann auch geschehen durch das Ausheben des Spritzgestänges bei unebenem und abfallendem Gelände, wenn kein automatischer Ausgleich vorhanden ist. Beim Einsatz im Winterweizen ist, wie zu Beginn des Tastversuchs vermutet, zu beachten, dass die Bestände gut entwickelt sind und die Droplegs nicht zu tief geführt werden. Ein zu tiefes Führen der Droplegs durch die Bestände erhöht das Risiko eines Bodenkontakts und demzufolge einer erhöhten Abdrift der Wirkstoffe. Auch wurden bei Praxisbetrieb 1 hohe Rückstände des Pflanzenschutzmittels am Spritzgestänge nach der Applikation mit der Dropleg-Technik festgestellt. Vermutlich wurden die Droplegs zu tief geführt, was zum Abknicken geführt hat und das Spritzmittel direkt in Richtung Fahrgestänge appliziert hat.

## 5 Beitrag zur Risikominderung(?!)

Die durchgeführten Untersuchungen am LfULG ergänzen frühere Studien zum Dropleg-Verfahren und in der Gesamtschau kann zusammenfassend eine Einschätzung vorgenommen werden, ob das Verfahren einen Beitrag zur Risikominderung leisten kann oder nicht. In der Tendenz zeichnet sich ein klares "Ja" ab, welches aber auch mit einem großen "Aber" verbunden ist:

### Ja:

- Durch die Dropleg-Technik kann das Risiko hoher Wirkstoffkonzentration im Honig vermindert werden.
- Die Dropleg<sup>UL</sup> der Firma Lechler als auch die Dropleg® Beluga der Firma Agrotop sind in Kombination mit den entsprechenden Düsen für den Einsatz im Winterraps in der Abdriftminderungskategorie 90 % des JKI eingetragen, der ungewollte Austrag von Wirkstoffen kann minimiert werden.
- Im Winterweizen konnte eine Abdriftminderung für bestimmte Wirkstoffe gemessen werden.
- Aus Sicht des Pflanzenschutzes stellt die Technik nach derzeitigem Kenntnisstand keine Risikoerhöhung dar, da die Effektivität der Krankheitskontrolle vergleichbar mit einer konventionellen Behandlung ist.

### Aber:

- Es fallen hohe Investitionskosten für die Dropleg-Technik an: 200 € pro Meter Arbeitsbreite und für den Klappmechanismus zusätzlich 100-150 € pro Meter Arbeitsbreite, soweit für den Typ Feldspritze verfügbar. In Sachsen sind die Droplegs im Rahmen der Investitionsförderung förderwürdig, allerdings gilt hier eine Untergrenze der Investition von 20.000 €. Dienstleister ohne landwirtschaftliche Fläche sind nicht antragsberechtigt, was einen großen Anteil der Anbieter mit hoher Reichweite ausschließt.
- Im Gegensatz zum Gemüsebau gibt es im Ackerbau neben den guten Erfahrungen im Winterraps nur noch für Mais (Herbizidbehandlung) einen breiteren Erfahrungsschatz. Aufgrund der hohen Kosten müssen aber mehr Untersuchungen in anderen Feldfrüchten durchgeführt werden, um die Attraktivität für den Anwender zu erhöhen, speziell vor dem Hintergrund der Abdriftminderung und einer potentiellen Einstufung in eine Abdriftminderungskategorie durch das JKI.
- In den Pollen konnte die Gefahr einer hohen Wirkstoff-Belastung nicht reduziert werden, zumindest in unserem Tastversuch. Hier ist eine gute Kommunikation zwischen Imkerei und Landwirtschaft notwendig, um eine Entnahme der Pollen direkt nach Applikation zu vermeiden.

# Literaturverzeichnis

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2017): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bonn
- BOTENS, F. (2019). Praxistest Rapsblütenspritzung. Kann Droplegtechnik Rückstände im Honig verhindern. In: [https://Imkerverband\\_Rheinland\\_Pfalz\\_Pressemitteilung.pdf](https://Imkerverband_Rheinland_Pfalz_Pressemitteilung.pdf) , 17.12.2020
- BSA – Bundessortenamt (2020): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2020. Hannover, ISSN 21 90-61 30
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2019): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen), Fachserie 3 Reihe 3.1.2. Wiesbaden
- DICKE, D. (2015). Bienen, Umwelt und Natur schützen. Bekämpfung des Rapskrebses mit Droplegdüsen. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft 14, S. 21-23
- EC – European Commission (2019): EU Pesticide Database. In: [https://EU\\_Datenbank\\_Pestizide\\_englisch](https://EU_Datenbank_Pestizide_englisch), 17.12.2020
- Focus Air (2008): Pesticides in Air: Considerations for Exposure Assessment. Report of the FOCUS Working Group on Pesticides in Air, EC Document Reference SANCO/10553/2006 Rev 2 June 2008, 327 pp
- HEINKEL, R., WALLNER, K., & MORHARD, J. (2014): Neue Ansätze zur Rapsblütenbehandlung mit dem DroplegUL. In: Raps, Heft: 1, S. 27-29
- CAU – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2005). Sclerotinia sclerotiorum (Weißstengeligkeit, syn. Rapskrebs). In: [http://Integrierte\\_Pflanzenschutzmodelle\\_Sclerotinia](http://Integrierte_Pflanzenschutzmodelle_Sclerotinia), 17.12.2020
- ISIP – Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion (2020a): Bekämpfungsschwellen für Blattkrankheiten in Winterweizen. In: [https://Bekämpfungsschwellen\\_Blattkrankheiten\\_Winterweizen](https://Bekämpfungsschwellen_Blattkrankheiten_Winterweizen), 17.12.2020
- ISIP – Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion (2020b): Sklerotinia Prognose. In: [https://Online\\_Sklerotinia\\_Prognosemodell](https://Online_Sklerotinia_Prognosemodell), 17.12.2020
- JKI – Julius Kühn-Institut (2013): Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten 7-1.5. Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland. In: [https://JKI\\_Richtlinien\\_Abdriftmessungen\\_Freiland](https://JKI_Richtlinien_Abdriftmessungen_Freiland), 17.12.2020
- JKI – Julius Kühn-Institut (2020): Verzeichnis Verlustmindernde Geräte. In: [https://JKI\\_Übersicht\\_Verlustmindernde\\_Geräte](https://JKI_Übersicht_Verlustmindernde_Geräte), 17.12.2020
- KIEFER, S. (2015): Pflanzenschutztechnik im Mais. In: mais, Heft: 1, S. 20-23.
- LECHLER (2019): DroplegUL - Technische Daten. In: [https://Datenblatt\\_DroplegUL](https://Datenblatt_DroplegUL), 17.12.2020
- MUNZERT, M. (2015): Landwirtschaftliche und gartenbauliche Versuche mit SAS. Erscheinungsort: Springer, 449 Seiten, ISBN 978 3 642 54505 4
- OSTEROTH, H.-J. (2014): Trends in der Pflanzenschutzgerätetechnik - elektronische Assistenten, Reinigung, Düsen und Säegeräte. In: [https://Vortrag\\_Pflanzenschutz\\_Ackerbau\\_Grünland\\_Groitzsch](https://Vortrag_Pflanzenschutz_Ackerbau_Grünland_Groitzsch), 17.12.2020
- RÜEGG, J., & TOTAL, R. (2013): Dropleg-Applikationstechnik für zielgerichteten Pflanzenschutz in Reihenkulturen. Erscheinungsort: Agroscoop, 27 Seiten
- RUPPERT, F. (2017): Unterblattspritzungen schützen Pflanzen und Bienen. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft: 13, S. 21-23

SCHÖNBERGER, H. (2016): Schlechte Rapsertträge, was sind die Ursachen? In: Innovation, Heft 4, S. 19-23

Staatsregierung Sachsen (2019): Erreichtes bewahren, Neues ermöglichen, Menschen verbinden, Gemeinsam für Sachsen Koalitionsvertrag 2019 bis 2024. In: [https://Sächsischer\\_Koalitionsvertrag](https://Sächsischer_Koalitionsvertrag), 17.12.2020

WALLNER, K. (2014a): Bienen schützen mit Droplegs. In: DLZ Agrarmagazin, Heft: 3, S. 52-55

WALLNER, K. (2014b). DroplegUL - die bienenfreundliche Düse. In: Innovation, Heft: 2, S. 4-6

WALLNER, K. (2019). Droplegs mindern Honigbelastung. In: bienen&natur, Heft: 4, S. 15-17

WIEDENAU, M. (2018). Droplegs: Investment in die Zukunft. In: Raps, Heft: 2, S. 28-31.

# Anhang

## Anhangverzeichnis

Anhang A	Übersicht der durchgeführten statistischen Analysen .....	38
Anhang B	Befallshäufigkeit mit Weißstängeligkeit im Winterraps.....	40
Anhang C	Art und Anzahl der analysierten Pollen.....	41
Anhang D	Abdriftmessung im Winterweizen .....	42
Anhang E	Befallshäufigkeit mit Septoria-Blattflecken im Winterweizen auf zwei Praxisbetrieben.....	49

## Anhang A Übersicht der durchgeführten statistischen Analysen

Tabelle A 1: P-Werte der durchgeführten Vergleiche zweier Stichproben sowie der einfaktoriellen Varianzanalysen (Signifikanzlevel  $\leq 0,05$ ).

Analyse <sup>1</sup>	Shapiro-Wilk Test <sup>2</sup>	F-Test <sup>3</sup>	Bartlett Test <sup>4</sup>	t-Test <sup>5</sup>	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test <sup>6</sup>	Fligner-Policello Test <sup>7</sup>	Anova <sup>8</sup>	Kruskal-Wallis Test <sup>9</sup>
Analyse 1a	K <sup>10</sup> : 0,0097 / D <sup>11</sup> : <0,0001	< 0,0001	-	-	-	< 0,0001	-	-
Analyse 1b	K <sup>10</sup> : 0,0029 / D <sup>11</sup> : 0,0003	0,0047	-	-	-	0,1494	-	-
Analyse 1c	K <sup>10</sup> : <0,0001 / D <sup>11</sup> : <0,0001	0,0005	-	-	-	< 0,0001	-	-
Analyse 1d	K <sup>10</sup> : 0,0047 / D <sup>11</sup> : 0,0013	0,02134	-	-	-	0,0855	-	-
Analyse 2	U <sup>12</sup> : 0,1808 / H <sup>13</sup> : 0,0663 / Bl <sup>14</sup> : 0,0013 / K <sup>10</sup> : < 0,0001 / D <sup>11</sup> : < 0,0001	-	0,1461	-	-	-	-	0,0003
Analyse 3a	U <sup>12</sup> : 0,1987 / K <sup>10</sup> : 0,9857 / D <sup>11</sup> : 0,2203	-	0,5349	-	-	-	0,6391	-
Analyse 3b	U <sup>12</sup> : 0,7192 / K <sup>10</sup> : 0,9845 / D <sup>11</sup> : 0,3888	-	0,9091	-	-	-	0,5128	-
Analyse 4a	K <sup>10</sup> : 0,0008 / D <sup>11</sup> : 0,0016	0,2407	-	-	< 0,0001	-	-	-
Analyse 4b	K <sup>10</sup> : 0,2608 / D <sup>11</sup> : 0,5208	0,1635	-	0,1898	-	-	-	-
Analyse 5a	U <sup>12</sup> : 0,7490 / B <sup>15</sup> : 0,1700 / K <sup>10</sup> : 0,4128 / D <sup>11</sup> : 0,0531	-	0,4344	-	-	-	0,6643	-
Analyse 5b	U <sup>12</sup> : 0,9390 / B <sup>15</sup> : 0,5101 / K <sup>10</sup> : 0,5418 / D <sup>11</sup> : 0,9950	-	0,5203	-	-	-	0,7240	-
Analyse 5c	U <sup>12</sup> : 0,8424 / B <sup>15</sup> : 0,0414 / K <sup>10</sup> : 0,8148 / D <sup>11</sup> : 0,9950	-	0,8065	-	-	-	-	0,3358
Analyse 5d	U <sup>12</sup> : 0,3313 / B <sup>15</sup> : 0,1697 / K <sup>10</sup> : 0,4076 / D <sup>11</sup> : 0,0586	-	0,4920	-	-	-	0,4268	-
Analyse 5e	U <sup>12</sup> : 0,4047 / B <sup>15</sup> : 0,6438 / K <sup>10</sup> : 0,7083 / D <sup>11</sup> : 0,4357	-	0,4285	-	-	-	0,6060	-
Analyse 6a	U <sup>12</sup> : 0,1476 / B <sup>15</sup> : 0,0013 / K <sup>10</sup> : 0,0042 / D <sup>11</sup> : < 0,0001	-	0,0012	-	-	-	-	0,0013
Analyse 6b	U <sup>12</sup> : 0,0269 / B <sup>15</sup> : 0,0042 / K <sup>10</sup> : 0,0065 / D <sup>11</sup> : 0,0013	-	0,081	-	-	-	-	0,0437
Analyse 6c	U <sup>12</sup> : 0,1125 / B <sup>15</sup> : 0,0742 / K <sup>10</sup> : 0,0260 / D <sup>11</sup> : 0,1133	-	0,9194	-	-	-	-	0,3847

- Legende: <sup>1</sup> Beschreibung der Analyse im folgendem Abschnitt  
<sup>2</sup> Test auf Normalverteilung  
<sup>3</sup> Test auf Varianz-Homogenität (zwei Stichproben)  
<sup>4</sup> Test auf Varianz-Homogenität (> zwei Stichproben)  
<sup>5</sup> Test zweier Stichproben auf Unterschiedlichkeit  
<sup>6</sup> Nichtparametrischer Test zweier Stichproben auf Unterschiedlichkeit  
<sup>7</sup> Nichtparametrischer Test zweier Stichproben auf Unterschiedlichkeit beim Vorliegen eines Behrens-Fischer Problems  
<sup>8</sup> Einfaktorielle Varianzanalyse  
<sup>9</sup> Einfaktorielle Varianzanalyse wenn Vorbedingungen für Anova Test nicht erfüllt ist  
<sup>10</sup> "K" = Konventionell  
<sup>11</sup> "D" = Dropleg-Technik  
<sup>12</sup> "U" = Unbehandelte Kontrolle  
<sup>13</sup> "H" = Herbstbehandlung  
<sup>14</sup> "Bl" = Blütenbehandlung  
<sup>15</sup> "B" = Betriebsübliche Variante

Analyse 1a: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Rückstände von **Fluopyram** im Blütenbereich von Winterraps. Die Daten wurden im Rahmen eines dreijährigen Strategieversuchs generiert.

Analyse 1b: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Rückstände von **Fluopyram** im Stängelbereich von Winterraps. Die Daten wurden im Rahmen eines dreijährigen Strategieversuchs generiert.

Analyse 1c: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Rückstände von **Prothioconazol-desthio** im Blütenbereich von Winterraps. Die Daten wurden im Rahmen eines dreijährigen Strategieversuchs generiert.

Analyse 1d: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Rückstände von **Prothioconazol-desthio** im Stängelbereich von Winterraps. Die analysierten Daten stammen von zwei Versuchstandorten, bei den jeweils einmal das *SkleroPro* Modell (ISIP) eine Fungizidbehandlung zur Blüte empfohlen hat.

Analyse 2: Effektanalyse der Applikationstechnik und-häufigkeit auf die Befallshäufigkeit mit Weißtängeligkeit im Winterraps. Die Daten wurden im Rahmen eines dreijährigen Strategieversuchs generiert.

Analyse 3a: Effektanalyse der Applikationstechnik auf den Ölgehalt von Winterraps in Abhängigkeit der Prüfglieder. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 3b: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Tausendkornmasse von Winterraps in Abhängigkeit der Prüfglieder. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse a: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Wirkstoff-Rückstände im Blütenbereich von Winterraps. Daten wurden in einem Jahr auf drei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 4 b: Effektanalyse der Applikationstechnik auf die Wirkstoff-Rückstände im Stängelbereich von Winterraps. Daten wurden in einem Jahr auf drei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 5a: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf den Ertrag von Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 5b: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf das Tausendkorngewicht von Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 5c: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf den Rohprotein-Gehalt von Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 5d: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf den Sedi-Wert von Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 5e: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf den Fallzahl von Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 6a: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf die Befallshäufigkeit des Fahnenblattes mit Septoria-Blattflecken im Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 6b: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf die Befallshäufigkeit des F-1 Blattes mit Septoria-Blattflecken im Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

Analyse 6c: Effektanalyse der Applikationstechnik und des Applikationszeitpunktes auf die Befallshäufigkeit des F-2 Blattes mit Septoria-Blattflecken im Winterweizen. Daten wurden in einem Jahr auf zwei Praxisbetrieben generiert.

## Anhang B Befallshäufigkeit mit Weißstängeligkeit im Winterraps

Tabelle A 2: Versuchsstandorte und -jahre, bei denen das Modell *SkleroPro* (ISIP) eine Fungizidbehandlung zur Blüte empfohlen hat.

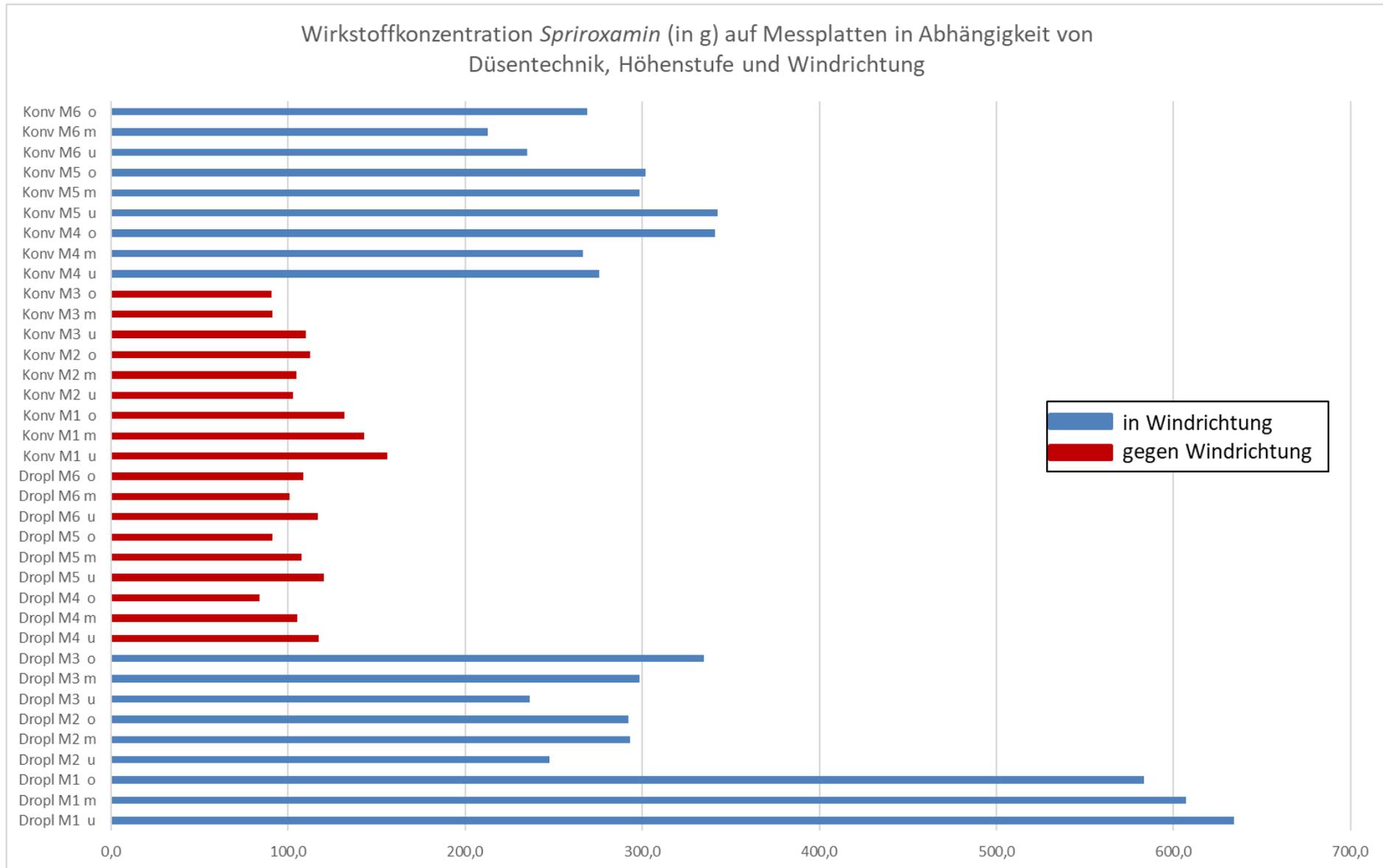
Jahr	Christgrün	Forchheim	Nossen	Pommritz
2018	Nein	Nein	Nein	Ja
2019	-	Nein	Ja	Nein
2020	-	Nein	-	Nein

## Anhang C Art und Anzahl der analysierten Pollen

**Tabelle A 3: Übersicht über die Art und Anzahl der Pollen, welche durch die Bienen am Rand der konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Untersuchungsflächen eingetragen wurden.**

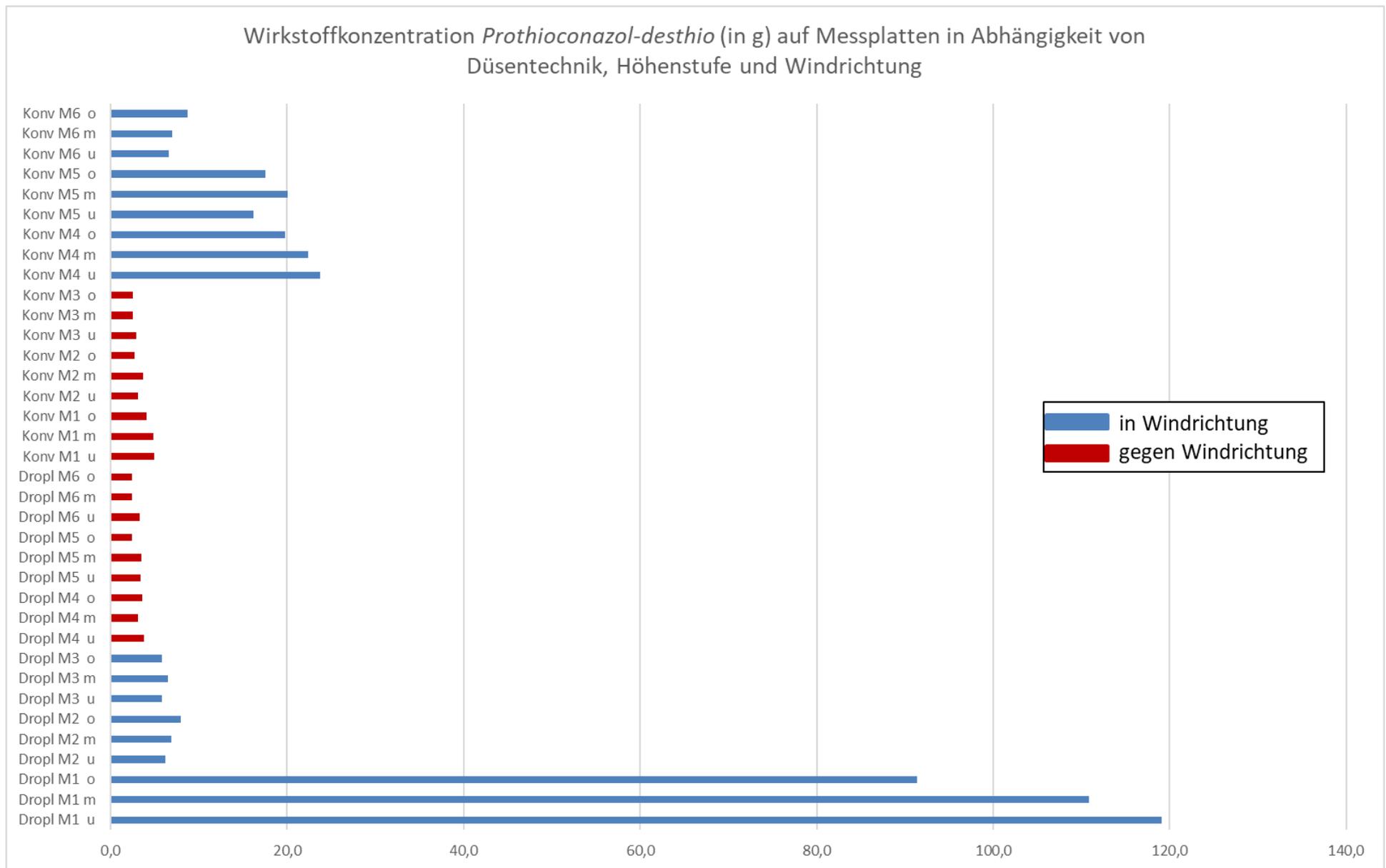
Name latein	Name deutsch	Dropleg Probe 1	Dropleg Probe 2	Konventionell Probe 1	Konventionell Probe 1
Salix	Weiden	1		43	
Populus	Pappeln			1	
Betula	Birken				1
Quercus	Eichen	1	1	4	1
Ranunculus	Hahnenfuß			1	
Brassica napus	Raps	490	481	431	429
Sinapis	Senfe		6		
Raphanus	Rettiche			1	
Prunus/Pyrinae	Stein- obst/Kernobst	6	7	5	43
Vicia	Wicken				1
Aesculus	Rosskastanien	1	1		7
Acer	Ahorne	1	4	1	3
Parthenocissus	Wilder Wein				1
Tilia	Linden				1
Viola tricolor	Ackerveilchen			1	
Phacelia	Büschelschön			19	9
Lonicera	Heckenkirschen	1			
Helianthus annuus	Sonnenblumen				1
Taraxacum-Typ	Löwenzahn-Typ	1			
Poaceae	Süßgräser	1	1	1	3
<b>Ausgezählte</b>	<b>Pollen (gesamt)</b>	<b>503</b>	<b>501</b>	<b>506</b>	<b>500</b>

## Anhang D Abdriftmessung im Winterweizen



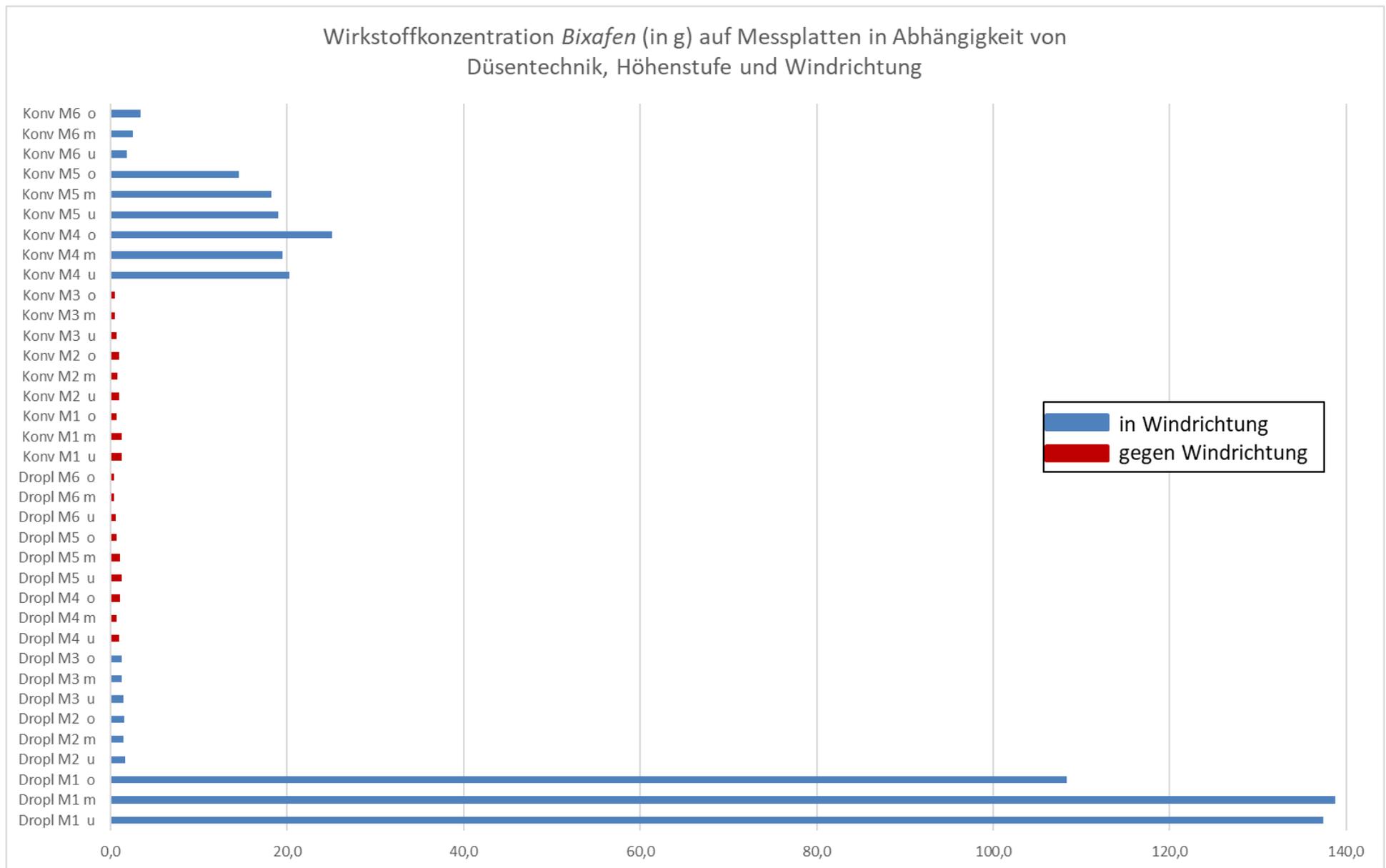
Legende: „Konv“ = Konventionell; „Dropl“ = Dropleg; „M“ = Messung; „u“ = Unten; „m“ = Mitte; „o“ = Oben

**Abbildung A 1: Wirkstoffkonzentration von Spiroxamin auf den Messplatten zur Messung der Abdrift aus konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Flächen.**



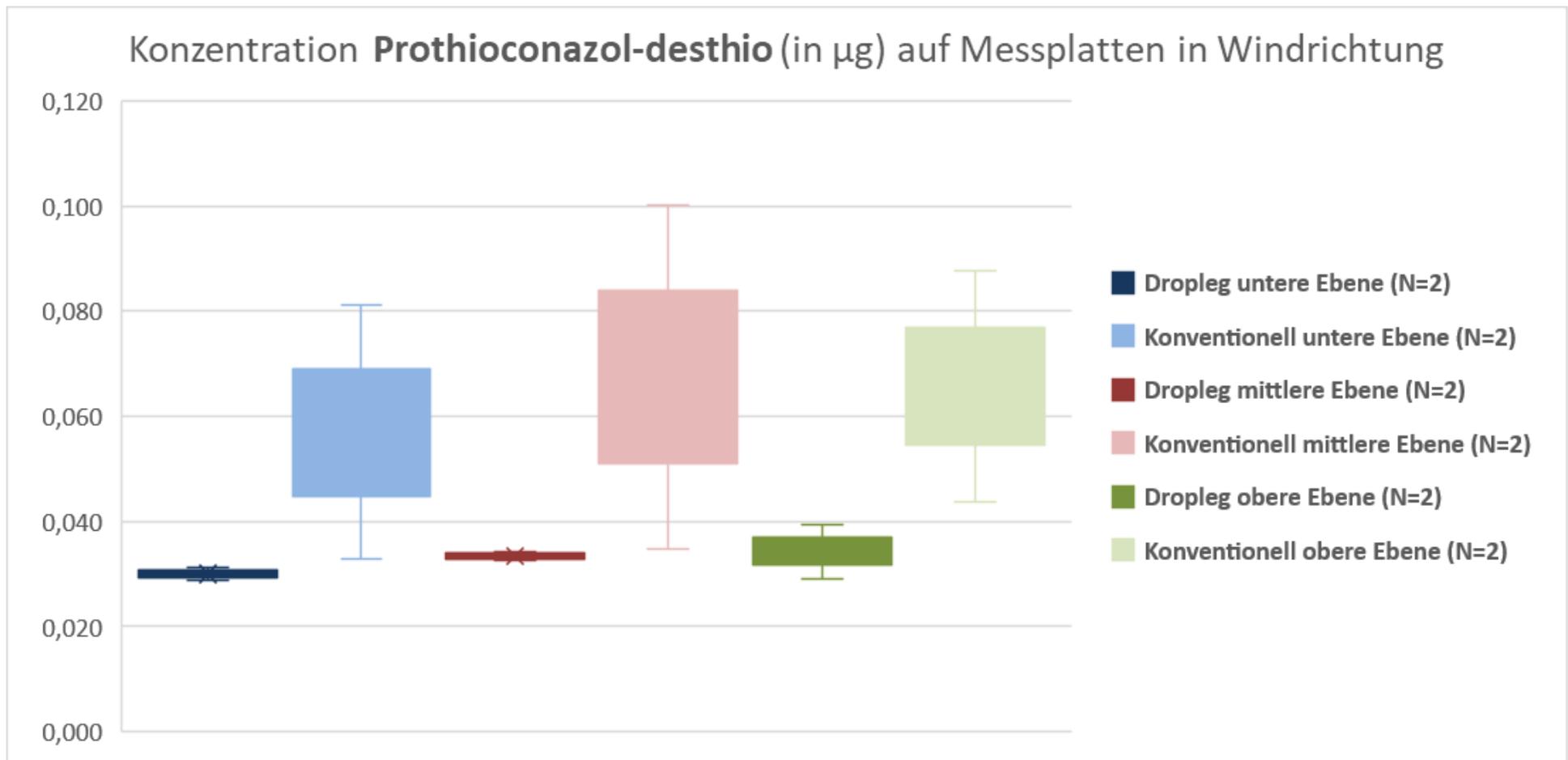
Legende: „Konv“ = Konventionell; „Dropl“ = Dropleg; „M“ = Messung; „u“ = Unten; „m“ = Mitte; „o“ = Oben

**Abbildung A 2: Wirkstoffkonzentration von Prothioconazol-desthio auf den Messplatten zur Messung der Abdrift aus konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Flächen.**

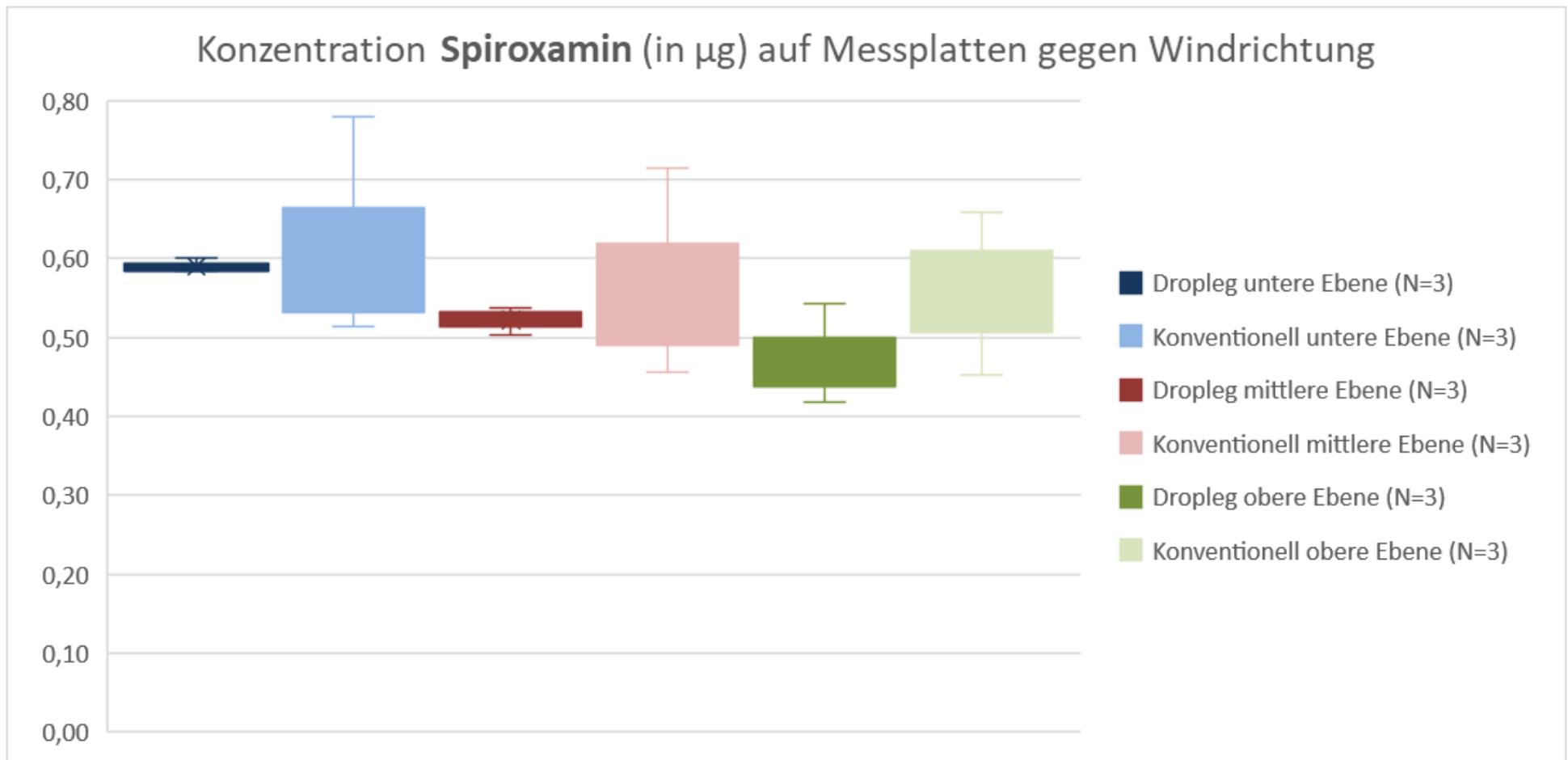


Legende: „Konv“ = Konventionell; „Dropl“ = Dropleg; „M“ = Messung; „u“ = Unten; „m“ = Mitte; „o“ = Oben

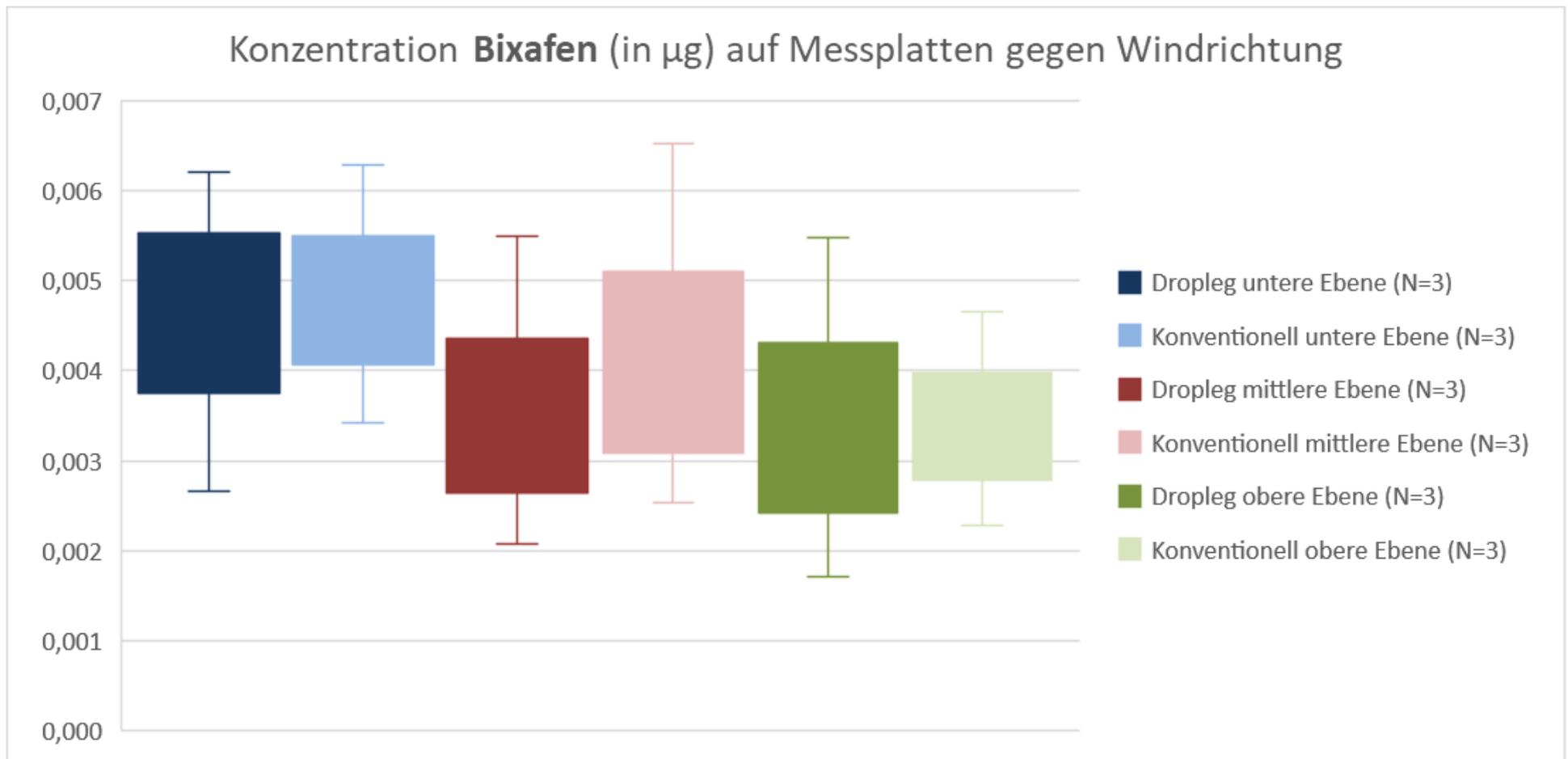
**Abbildung A 3: Wirkstoffkonzentration von Bixafen auf den Messplatten zur Messung der Abdrift aus konventionell und mit Dropleg-Technik behandelten Flächen.**



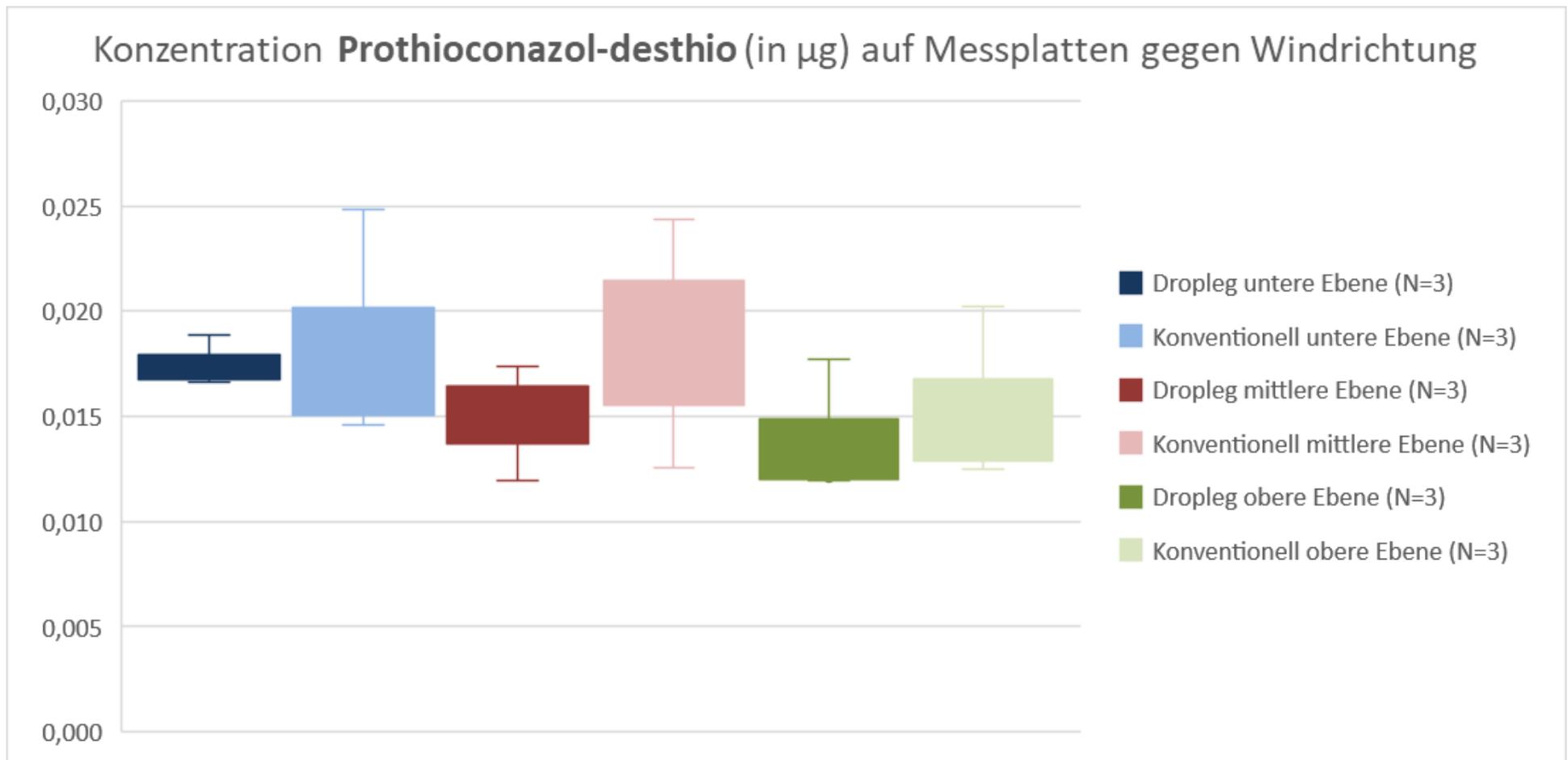
**Abbildung A 4: Wirkstoffkonzentration Prothioconazol-desthio in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsentechnik (Dropleg vs. Konventionell), Ausrichtung der Messplatten in Windrichtung. Unterschiede im Stichprobenumfang (N) durch Ausschluss von Ausreißern bei der Droplegvariante (siehe Kapitel 4.2.2).**



**Abbildung A 5: Wirkstoffkonzentration Spiroxamin in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. Konventionell), Ausrichtung der Messplatten gegen Windrichtung.**



**Abbildung A 6: Wirkstoffkonzentration Bixafen in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. Konventionell), Ausrichtung der Messplatten gegen Windrichtung.**



**Abbildung A 7: Wirkstoffkonzentration Prothioconazol-desthio in Abhängigkeit der Höhenstufe der Messplatten und Düsenteknik (Dropleg vs. Konventionell), Ausrichtung der Messplatten gegen Windrichtung.**

## Anhang E Befallshäufigkeit mit *Septoria tritici* im Winterweizen auf zwei Praxisbetrieben

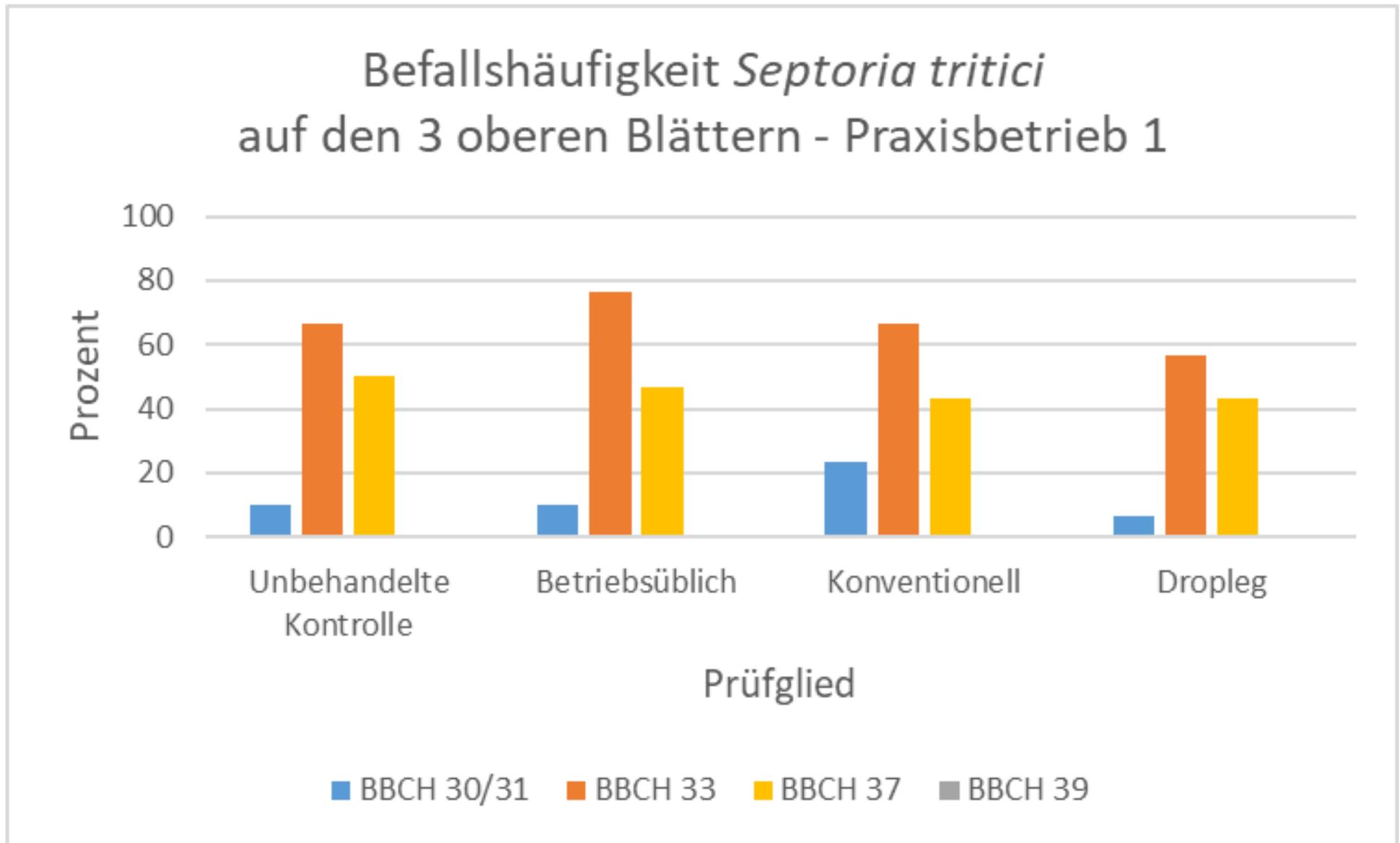
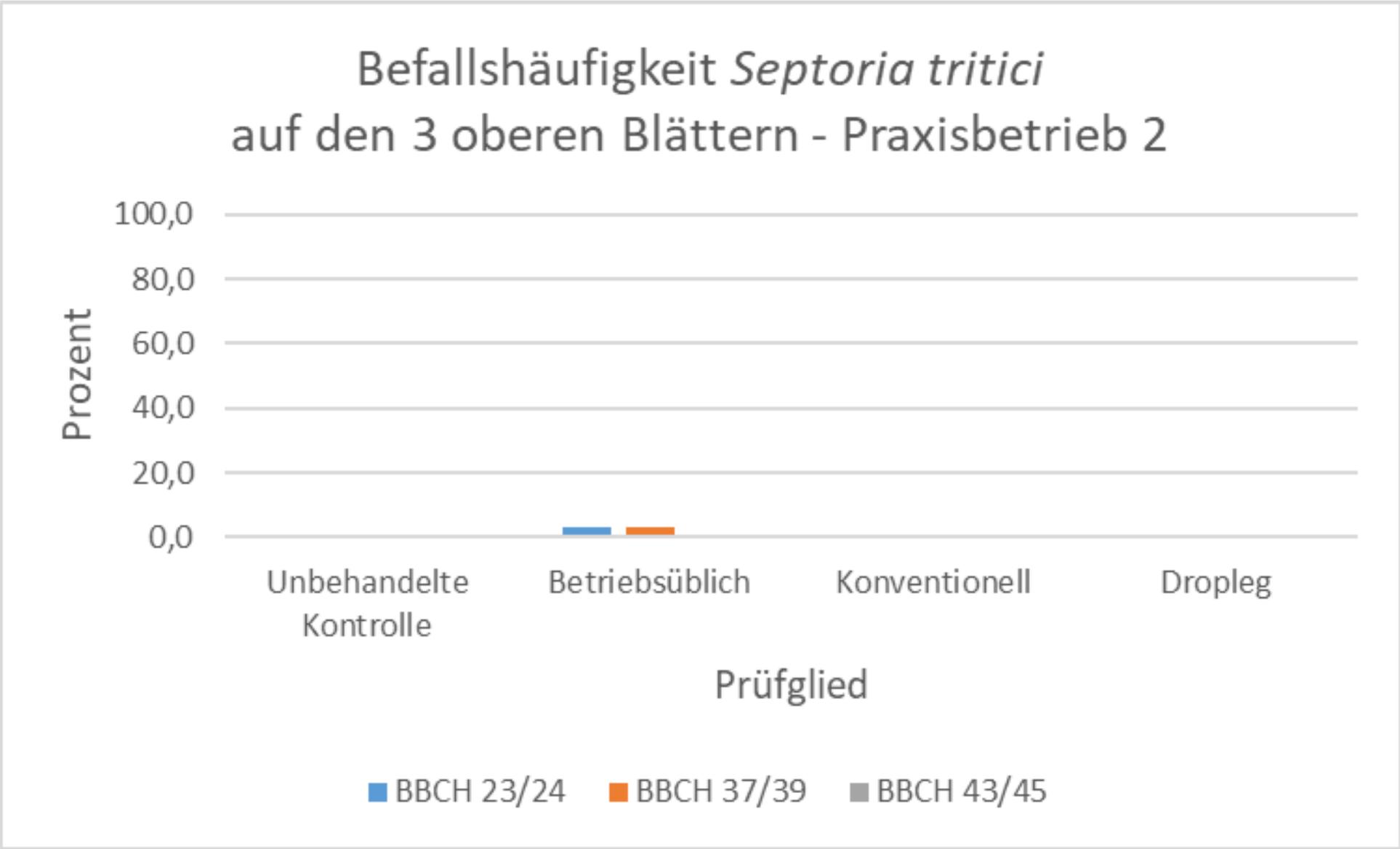


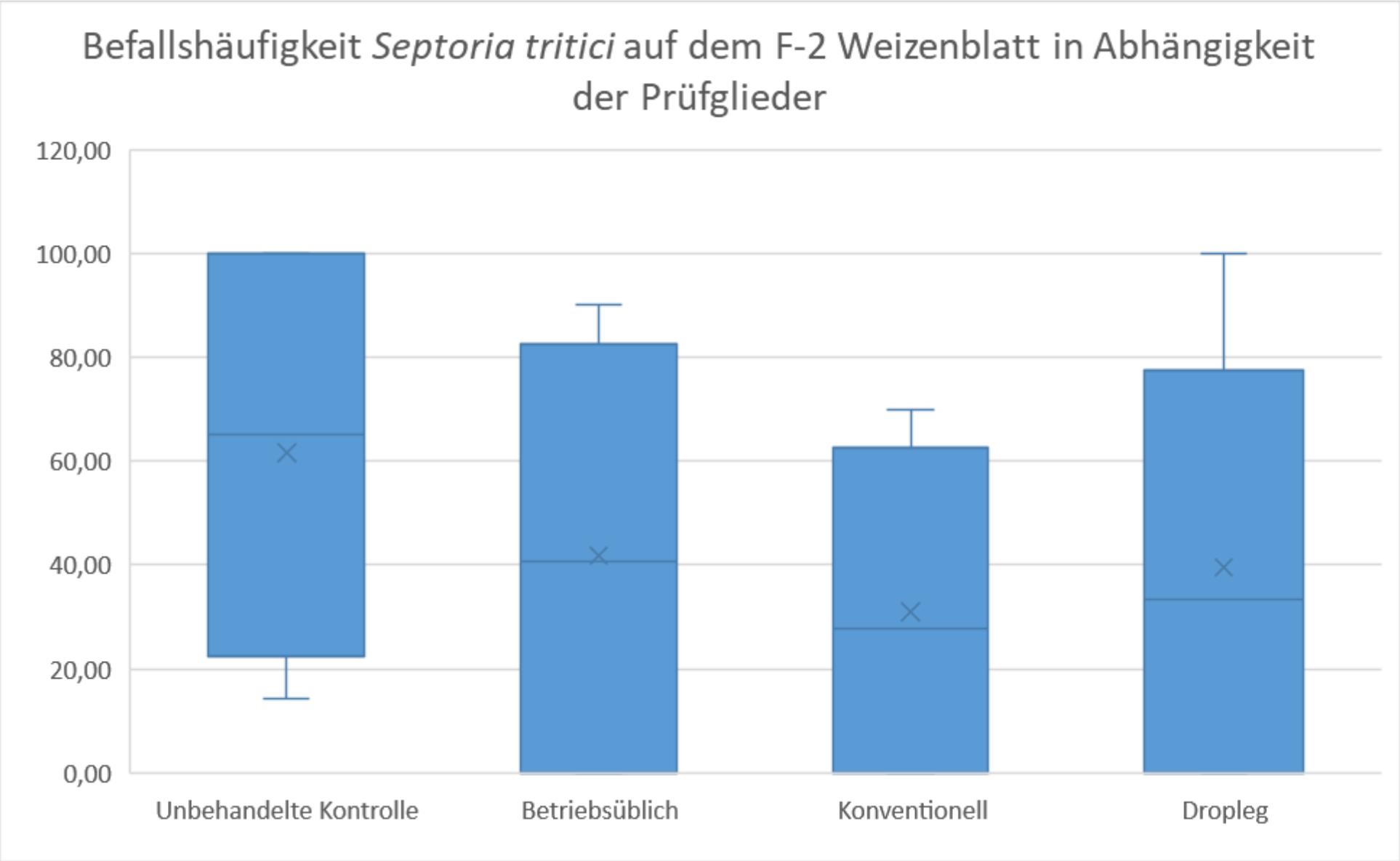
Abbildung A 8: Befallshäufigkeit mit *Septoria tritici* in Praxisbetrieb 1 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM.



**Abbildung A 9: Befallshäufigkeit mit *Septoria tritici* in Praxisbetrieb 2 zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Winterweizens und bonitiert auf den unterschiedlichen Prüfgliedern vor Durchführung der PSM.**

**Tabelle A 4: Signifikanzwerte (p-Werte) der post-hoc Analyse zur Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Prüfgliedern bzgl. Befallshäufigkeit des F-1 Blattes mit *Septoria tritici*. Bei p-Werte < 0,05 liegt ein signifikanter Unterschied vor.**

	1 - Unbehandelte Kontrolle	2 - Betriebsüblich	3 - Konventionell
2 - Betriebsüblich	0,103	-	-
3 - Konventionell	0,086	1,000	-
4 - Dropleg-Technik	0,227	1,000	1,000



**Abbildung A 10: Boxplots zur Verdeutlichung der Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit des F-2 Blattes in Abhängigkeit der Prüfglieder.**

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
(LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)

**Autor:**

Andreas Dittrich

Abteilung 7/Referat 73

Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen

Telefon: +49 35242 631-7326

Telefax: +49 35242 631-7399

E-Mail: [Andreas.Dittrich@smul.sachsen.de](mailto:Andreas.Dittrich@smul.sachsen.de)

**Redaktion:**

Andreas Dittrich, Anke Hoppe, Andela Thate

Abteilung 7/Referat 73

Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen

Telefon: +49 35242 631-7326

Telefax: +49 35242 631-7399

E-Mail: [Andreas.Dittrich@smul.sachsen.de](mailto:Andreas.Dittrich@smul.sachsen.de)

**Fotos:**

Andreas Dittrich, Anke Hoppe

**Redaktionsschluss:**

04.05.2021

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)