Jan Helbig, Annett Gummert, Madeleine Paap, Gerd Eberhardt, Birgit Schlage, Jörg Sellmann, Jörn Strassemeyer, Bernd Freier, Marcel Peters, Friederike Suhl, Lucas Pramschüfer, Heike Stosius, Anita Herzer, Hella Kehlenbeck

BMEL Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“

Abschlussbericht – Teilprojekt „Koordination“

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut

218

Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Kontaktadresse/ Contact
Dr. Hella Kehlenbeck
Julius Kühn-Institut (JKI)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Strategien und Folgenabschätzung
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow
Germany

E-Mail: sf@julius-kuehn.de
Telefon: +49 (0) 33203 48-0
Telefax: +49 (0) 33203 48-424

Wir unterstützen den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen.
Die Berichte aus dem Julius Kühn-Institut erscheinen daher als OPEN ACCESS-Zeitschrift.

We advocate open access to scientific knowledge.
Reports from the Julius Kühn Institute are therefore published as open access journal.

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut sind online verfügbar unter
https://www.openagrar.de/receive/zimport_mods_00000017

Reports from the Julius Kühn Institute are available free of charge under
https://www.openagrar.de/receive/zimport_mods_00000017

Herausgeber / Editor
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, Deutschland
Julius Kühn Institute, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Quedlinburg, Germany

ISSN 1866-590X
ISBN 978-3-95547-113-2
DOI 10.5073/20211215-101835

© Der Autor/ Die Autorin 2021.
Dieses Werk wird unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de).

© The Author(s) 2021.
This work is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en)

„Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“
Teilprojekt „Koordination“

Abschlussbericht – DIPS Projektkoordination
für den Berichtszeitraum 10/2011 - 12/2019

Jan Helbig[1], Annett Gummert[1], Madeleine Paap[1], Gerd Eberhardt[1], Birgit Schlage[1], Jörg Sellmann[2], Jörn Strassemeyer[1], Bernd Freier[3], Marcel Peters[4], Friederike Suhl[1], Lucas Pramschüfer[1], Heike Stosius[1], Anita Herzer[1], Hella Kehlenbeck[1]

[1]Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow.
[2]Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale DV-Gruppe, Kleinmachnow.
[3]Martin Luther-Universität, Halle-Wittenberg, Halle.
[4]Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Neubrandenburg.

Danksagung

Die Erstellung des vorliegenden Abschlussberichtes zum Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ wäre ohne die große Unterstützung aller beteiligten Partnerinnen und Partner nicht möglich gewesen.

Unser Dank gilt insbesondere den Demonstrationsbetrieben für ihre Bereitschaft, am Projekt mitzuwirken und die Daten zur Verfügung zu stellen.

Besonders bedanken möchten wir uns bei den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer Tanja Aldenhoff, Dr. Annette Bartels, Heinrich Bätke, Stefanie Bringmann, Bernhard Bundschuh, Michael Dietz, Eva Geist, Johanna Heidrich, Felix Holst, Cordula von Junker, Anke Kahl, Anneke Karstens, Ulrike Kirchner, Tea Kljajic, Tim Kollath, Julian Lindstaedt, Ludger Lüders, Maria Lutz, Beate Mahlberg, Fabian Mengel, Franziska Möhl, Andreas Nagelschmitz, Bernd Neckerauer, Regina Obster, Uwe Pasler, Benjamin Pförtner, Kay Prokein, Anke Scheel-Büki, Joachim Schmidt, Lucia Schreiner, Constanze Süttinger, Gerd Weinert, Stephan Wiemer, Sonja Wischnewsky und Elke Zabaschus. Durch ihr persönliches Engagement bei der intensiven Betreuung der Demonstrationsbetriebe und der Zusammenstellung der Daten für das JKI konnte die Auswertung in diesem Umfang erfolgen.

Weiterhin danken wir den Projektleiterinnen und Projektleitern und den mitwirkenden Beraterinnen und Beratern der Pflanzenschutzdienste der Länder für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit.

Nicht zuletzt danken wir dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft für die finanzielle Unterstützung des Projektes sowie der Projektbetreuung durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ 2810MD001.

Im Laufe des Modellvorhabens wurden folgende Abschlussarbeiten angefertigt: Marcel Peters, Doktorarbeit 2022; Madeleine Paap, Masterarbeit 2017; Bianca Kinne, Masterarbeit 2015; Tobias Wenzel, Masterarbeit 2015.

Die Betreuung der Studierenden erfolgte durch die Projektkoordination am Julius Kühn-Institut in Kleinmachnow.

Kurzfassung der Ergebnisse

Das Modellvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“

Zur Förderung der Praxiseinführung neuer integrierter Pflanzenschutzverfahren wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft das Modellvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ finanziert (Laufzeit 2011-2019). Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung betreute das Vorhaben als Projektträgerin. Die Koordination erfolgte im Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen.

Die Demonstrationsbetriebe setzten die neuesten Erkenntnisse und Verfahren im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) auf einzelnen Demonstrationsschlägen bzw. -anlagen ihres Betriebes um und veranschaulichten diese anderen Landwirten und Beraterinnen und Beratern sowie der Öffentlichkeit. Grundlage hierfür war eine besondere Betreuung dieser Betriebe durch Experten der Pflanzenschutzdienste der Länder, die weit über das übliche Maß hinausging und die Betriebe umfassend bei der Umsetzung des IPS, der Schaderregerüberwachung und Einführung neuer Verfahren unterstützte.

Das Modellvorhaben startete 2011 mit zunächst 27 Betrieben in den Produktionsrichtungen Weinbau und Obstbau sowie Ackerbau. Im Jahr 2014 begann die 2. Phase mit weiteren Betrieben und anderen Produktionsrichtungen (Feldgemüsebau und Hopfen). Insgesamt wirkten 67 verschiedene Betriebe in repräsentativen Anbaugebieten Deutschlands im Projekt mit. Für jeden Demonstrationsbetrieb war eine Projektteilnahme von fünf Jahren vorgesehen, um belastbare Daten aus der landwirtschaftlichen Praxis zu gewinnen, Entwicklungen aufzuzeigen und weiteren Forschungsbedarf abzuleiten.

Der Abschlussbericht der Projektkoordination stellt die Ergebnisse der wissenschaftlichen Auswertungen zur Anwendung vorbeugender und nichtchemischer Verfahren, der für die Umsetzung des IPS notwendigen zeitlichen Aufwendungen für die Schaderregerüberwachung, der Entscheidungsgrundlagen, die den Pflanzenschutzmittelanwendungen zugrunde lagen, der Behandlungsintensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendungen und der damit einhergehenden Bewertung des notwendigen Maßes sowie der ökonomischen Auswertung der Umsetzung des IPS im Ackerbau vor.

Abstract

The model project „demonstration farms for integrated pest management“

The model project “Demonstration Farms for Integrated Pest Management”, funded by the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL), was launched to promote the implementation of new integrated plant protection methods at farm level (project term 2011-2019). The Federal Office for Agriculture and Food (BLE) supported the project as the executing agency. The Julius Kühn-Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, was lead coordinator.

The demonstration farms were set up in representative German growing regions to implement the latest findings and methods of IPM in practice and demonstrate these to other farmers, advisers and the public. The demonstration farm activities were individually supported by advisors, knowledge transfer and decision support systems which go well beyond usual advisory support. The demonstration fields were intensively monitored by experts of the German federal states' plant protection services. Based on those findings farmers received tailor-made information and comprehensive support for implementing available and new promising integrated plant protection measures.

The demonstration project was launched in 2011 with 27 farms specialised in viticulture, apple growing and arable farming. The second phase started in 2014 adding more farms and other areas of specialisation (cultivation of field vegetables and hops). The project peaked in 2014 and 2015 with a total of 67 different farms involved. Participation was limited to 5 years/growing seasons in order to collect and analyse relevant data on implementation of integrated pest management (IPM), trends and research needs. The demonstration project ended in 2018.

The final report of the project coordination presents the results of the analysis of various indicators for IPM implementation: the use of preventive and non-chemical plant protection measures, the monitoring of crops, pests and diseases, the intensity of pesticide use (treatment index) and its assessment with respect to the necessary minimum of pesticide use as well as the results of the economic analysis of IPM implementation in arable crops.

Inhalt

Kurzfassung der Ergebnisse		**2**
Abbildungsverzeichnis		**7**
Tabellenverzeichnis		**13**
Abkürzungsverzeichnis		**16**
1.	**Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens**	**18**
2.	**Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**	**22**
3.	**Der Wissenstransfer im Modellvorhaben**	**24**
4.	**Material und Methoden**	**27**
4.1.	Datenerfassung	27
4.2.	Datenanalyse und Ergebnisdarstellung	29
5.	**Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Ackerbau**	**35**
5.1.	Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen	35
5.1.1.	Anwendung vorbeugender Maßnahmen	35
5.1.2.	Fruchtfolgen	35
5.1.3.	Bodenbearbeitung	39
5.1.4.	Saatzeiten	43
5.1.5.	Sortenwahl	50
5.1.6.	Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzmaßnahmen	58
5.1.7.	Nützlingsfördernde Maßnahmen	61
5.2.	Monitoring im Ackerbau	61
5.3.	Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen	62
5.3.1.	Behandlungsindices in Winterweizen	62
5.3.2.	Behandlungsindices in Wintergerste	73
5.3.3.	Behandlungsindices in Winterraps	79
5.3.4.	Reduktionspotentiale im Ackerbau	88
5.4.	Entscheidungsgrundlagen	89
5.5.	Notwendiges Maß	94
5.6.	SYNOPS-GIS Risikobewertung	97
5.7.	Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS	99
5.8.	Zusammenfassung Ackerbau	103
5.9.	Forschungs- und Beratungsbedarf	106
6.	**Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Apfelanbau**	**108**
6.1.	Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen	108
6.2.	Monitoring im Apfelanbau	114
6.3.	Entscheidungsgrundlagen	116
6.4.	Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen	118
6.4.1.	DIPS-Region Altes Land	118
6.4.2.	DIPS-Region Südwest	121
6.4.3.	Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln	124
6.5.	Notwendiges Maß	126

6.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung 127
6.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS 129
6.8. Zusammenfassung 134
7. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Gemüsebau 135
7.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen 136
7.1.1. Sortenwahl 136
7.1.2. Aussaat-/Pflanztermin 140
7.1.3. Nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen 140
7.2. Monitoring im Gemüsebau 144
7.3. Entscheidungsgrundlagen 149
7.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen 152
7.4.1. Behandlungsindices im Möhrenanbau 152
7.4.2. Behandlungsindices im Kohlanbau 158
7.5. Notwendiges Maß 165
7.6. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS 167
7.7. Zusammenfassung Gemüsebau 177
7.8. Forschungs- und Förderungsbedarf 178
8. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Hopfenanbau 180
8.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen 180
8.2. Monitoring im Hopfenanbau 186
8.3. Entscheidungsgrundlagen 187
8.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen 189
8.5. Notwendiges Maß 195
8.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung 195
8.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS 197
8.8. Zusammenfassung 200
9. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Weinbau 201
9.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen 201
9.1.1. Unterlagenwahl 201
9.1.2. Sortenwahl 202
9.1.3. Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzverfahren 203
9.2. Monitoring im Weinbau 208
9.3. Entscheidungsgrundlagen 211
9.4 Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen 213
9.5. Notwendiges Maß 225
9.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung 226
9.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS 227
9.8. Zusammenfassung Weinbau 232
9.9. Forschungs- und Förderungsbedarf 233
10. Ökonomische Auswertung 236

10.1.	Auswirkungen der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau auf die Wirtschaftlichkeit des betrieblichen Pflanzenschutzes	236
10.1.1.	Herangehensweise und Datengrundlage	236
10.2.	Ergebnisse der Leistungsrechnung	238
10.2.1.	Erträge auf den Demonstrationsflächen und den Flächen aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz	238
10.2.2.	Potentielle Erzeugerpreise im Projektzeitraum	240
10.2.3	Potentielle Erlöse im Projektzeitraum	242
10.3.	Ergebnisse der Kostenrechnung	243
10.3.1.	Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK)	243
10.3.1.1	Pflanzenschutzmittelkosten nach Kultur und Jahren	245
10.3.1.2.	Pflanzenschutzmittelkosten nach Bundesländern	246
10.3.1.3	Pflanzenschutzmittelkosten nach CEPI-Clustern	249
10.3.1.4.	Vergleich der Kosten für Pflanzenschutzmittel auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz	250
10.3.1.5.	Kosten der Saatgutbeizung	254
10.3.2.	Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln	255
10.3.2.2.	Berechnung der Arbeitskosten	257
10.3.2.3.	Anzahl der Überfahrten je Schlag und Anbauperiode	261
10.3.2.4.	Vergleich der gesamten Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutz-mitteln auf den Demonstrationsflächen mit den Restflächen bzw. den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz	262
10.3.3.	Kosten für das Monitoring auf den Demonstrationsflächen	266
10.3.4.	Pflanzenschutzkosten (PSK)	270
10.3.4.1.	Pflanzenschutzkosten im Projektverlauf	271
10.3.4.2.	Pflanzenschutzkosten nach Bundesländern	273
10.3.4.3.	Pflanzenschutzkosten nach Betriebskategorie	275
10.3.4.4.	Vergleich der Pflanzenschutzkosten auf den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen	275
10.3.4.5.	Pflanzenschutzkosten nach Demonstrationsbetrieben	277
10.4.	Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL)	278
10.4.1.	Pflanzenschutzkostenfreie Leistung nach Kulturen	278
10.4.2.	Entwicklung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung im Projektverlauf nach Kulturen	279
10.4.3.	Vergleich der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und den Vergleichsbetrieben	281
10.4.3.1.	Vergleich Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und auf den Vergleichsbetrieben nach Kultur	282
10.4.3.2.	Vergleich der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und den Vergleichsbetrieben nach Kultur im Projektzeitraum	282
10.4.4.	Vergleich der Ergebnisse der Checklisten und der Pflanzenschutzkostenfreie Leistung der DIPS-Betriebe	283
10.5.	Faktoren, die den Umsetzungsgrad des integrierten Pflanzenschutzes auf den Betrieben positiv oder negativ beeinflussen	284
10.5.1.	Vorbeugende Maßnahmen	286

10.5.1.1. Fruchtfolgegestaltung und Sortenwahl 286
10.5.1.2. Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug 288
10.5.2. Anwendung nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen 290
10.5.2.1. Mechanische Pflanzenschutzmaßnahmen 290
10.5.3. Anwendung chemischer Behandlungsmaßnahmen 295
10.5.3.1. Reduktion der angewendeten Wirkstoffe je Hektar durch die Reduktion der Aufwandmenge bzw. der angewendeten Mittel 296
10.5.3.2 Optimaler Behandlungszeitpunkt 297
10.6. Zusammenfassung der ökonomischen Auswertung 301
10.7. Forschungsbedarf Ökonomie 303
11. Zusammenfassung 304
12. Literaturverzeichnis 311
13. Anlagen 318
13.1. Ackerbau 318
13.2. Ökonomie 337

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Lage der Demonstrationsbetriebe in Deutschland (Stand 2016) ... 19
Abb. 2. Projektflyer ... 24
Abb. 3. Projektarbeitstreffen 2018 in Kleinmachnow ... 25
Abb. 4. Feldfahrt mit Bundestagsabgeordneten auf dem Demonstrationsbetrieb Groß Kiesow 2015 ... 26
Abb. 5. Startseite des Wissensportals Pflanzenschutz (https://demo-ips.julius-kuehn.de) ... 26
Abb. 6. Aussaatklassen im Winterweizenanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G ... 45
Abb. 7. Aussaatklassen im Wintergerstenanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G ... 47
Abb. 8. Aussaatklassen im Winterrapsanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G ... 49
Abb. 9. Resistenzspektrum des Winterweizensortiments der DIPS in BL A, B, C, D, E, F, G ... 54
Abb. 10. Behandlungsintensität der Fungizide im Winterweizen der Demonstrationsbetriebe aus Bundesland A und E ... 55
Abb. 11. Resistenzspektrum des Wintergerstensortiments der DIPS in BL A, B, C, D, E, F, G ... 58
Abb. 12. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen Maßnahmen im Ackerbau der DIPS in BL A, B, C, D, E, G im Projektzeitraum 2011-2016 ... 59
Abb. 13. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland A ... 64
Abb. 14. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland B ... 65
Abb. 15. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland C ... 67
Abb. 16. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland C ... 68
Abb. 17. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland E ... 69
Abb. 18. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B22-24 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland F ... 71
Abb. 19. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland G ... 72
Abb. 20. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland A ... 73
Abb. 21. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland B ... 74
Abb. 22. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland C ... 75
Abb. 23. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B14-16 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland D ... 76
Abb. 24. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B18-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland E ... 77
Abb. 25. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B22-24 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland F ... 78
Abb. 26. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland G ... 79
Abb. 27. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland A ... 80
Abb. 28. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland B ... 82
Abb. 29. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland C ... 83
Abb. 30. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B14-16 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland D ... 84
Abb. 31. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland E ... 85

Abb. 32. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland E ... 86
Abb. 33. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland G ... 88
Abb. 34. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen in Winterweizen [%] ... 91
Abb. 35. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen in Winterraps [%] ... 93
Abb. 36. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Winterweizen ... 94
Abb. 37. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Wintergerste ... 95
Abb. 38. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Winterraps ... 96
Abb. 39. Entwicklung der Insektizidbehandlungen je Demonstrationsfläche in Winterraps in den DIPS Bundesländer A, B, C, D, E, F, G in den Jahren 2012 bis 2018 ... 97
Abb. 40. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Winterweizen in den Jahren 2010-2018 ... 98
Abb. 41. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Wintergerste in den Jahren 2010-2018 ... 98
Abb. 42. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Winterrraps in den Jahren 2010-2018 ... 99
Abb. 43. Auswertung der Checklisten der DIPS Ackerbau der Bundesländer A-G 2011-2018, VJ = Vorherjahr, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 ... 102
Abb. 44. Bewertung der Praktikabilität von nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2011-2018) ... 109
Abb. 45. Bewertung der Praktikabilität von nützlingsfördernden Maßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2011-2018) ... 112
Abb. 46. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau [Anteil Nennungen %] in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2011-2018) ... 117
Abb. 47. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in der DIPS-Region Altes Land ... 120
Abb. 48. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in der DIPS-Region Südwest ... 123
Abb. 49. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2013-2018) ... 127
Abb. 50. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2010-2018) ... 128
Abb. 51. Auswertung der Checklisten im Apfelanbau in der DIPS-Region Altes Land, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 ... 132
Abb. 52. Auswertung der Checklisten im Apfelanbau in der DIPS-Region Südwest, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 ... 133
Abb. 53. Sortenverteilung mit Anzahl Schlägen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) für Möhrenanbau (2012-2018) ... 137
Abb. 54. Sortenverteilung mit Anzahl Schlägen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) für Kohlanbau, 2012-2018 ... 138
Abb. 55. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen, biologischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau (2014-2018) ... 144
Abb. 56. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Möhrenanbau (2014-2018) [Anteil Nennungen %] ... 151
Abb. 57. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Kohlanbau (2014-2017 bzw. 2018) [Anteil Nennungen %] ... 152
Abb. 58. Gesamt-Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im

Möhrenanbau je Aussaatklasse 154
Abb. 59. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse 155
Abb. 60. Behandlungsintensität der Herbizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse 156
Abb. 61. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse 158
Abb. 62. Gesamt-Behandlungsindex in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH) 159
Abb. 63. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH) 160
Abb. 64. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau in Nordrhein-Westfalen je Pflanzkategorie 161
Abb. 65. Behandlungsintensität der Herbizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH) 162
Abb. 66. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau je Verwendungszweck 164
Abb. 67. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau in Nordrhein-Westfalen je Pflanzkategorie 165
Abb. 68. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Möhrenanbau, 2014-2018 166
Abb. 69. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Kohlanbau, 2014-2018 167
Abb. 70. Auswertung der Checklisten der Demonstrationsbetriebe für Möhrenanbau, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 171
Abb. 71. Auswertung der Checklisten der Demonstrationsbetriebe für Kohlanbau 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 176
Abb. 72. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau (2014-2018) 183
Abb. 73. Sortenwahl im Hopfenanbau 2012-2018 (Vorherjahre, Demonstrationsflächen und Restbetrieb, n = 130) 185
Abb. 74. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau [Anteil Nennungen %], 2014-2018 189
Abb. 75. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-B5 und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau 191
Abb. 76. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Hopfenanbau, 2014-2018 195
Abb. 77. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau in den Jahren 2012-2018 196
Abb. 78. Auswertung der Checklisten im Hopfenanbau, Vorherjahr 2013 und Projektjahre 2014-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 199
Abb. 79. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Weinbau (2011-2018) 204
Abb. 80. Mechanische Unterstockbearbeitungsgeräte in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz für Weinbau 205
Abb. 81. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen im Weinbau [%], 2011-2018 213
Abb. 82. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 214
Abb. 83. Fungizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 216
Abb. 84. Anteil Botrytizide am Fungizid-Behandlungsindex (F-BI) der Demonstrationsbetriebe im Weinbau [%] 219
Abb. 85. Wachstumsregler-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 220
Abb. 86. Insektizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 221

Abb. 87. Insektizid-Behandlungsintensität der mit Pheromonen verwirrten und der nicht verwirrten Flächen der Demonstrationsbetriebe im Weinbau 222
Abb. 88. Pheromon-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 222
Abb. 89. Akarizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 223
Abb. 90. Herbizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau 224
Abb. 91. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau 226
Abb. 92. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau in den Jahren 2011-2018 227
Abb. 93. Auswertung der Checklisten im Weinbau, Vorherjahr 2013 und Projektjahre 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10 231
Abb. 94. Zusammenhang zwischen Ackerzahl und Ertrag (dt/ha) in Wintergerste, Winterraps und Winterweizen auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in den Jahren 2012-2018 238
Abb. 95. Vergleich der Ertragsentwicklung auf den Demonstrationsflächen und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) mit den Ertragsdaten der Statistischen Ämter des Bundes
und der Länder 239
Abb. 96. Monatlicher Durchschnitt bzw. Durchschnitt je Wirtschaftsjahr der Erzeugerpreise für Wintergerste (Futtergerste), Winterweizen und Winterraps 240
Abb. 97. Prozentuale Anteile der Qualitätseinstufungen E-, A-, B- und C-Weizen der in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) angebauten Winterweizensorten 241
Abb. 98. Entwicklung der mittleren Erlöse auf den Demonstrationsflächen, den Restflächen der Demonstrationsbetriebe und den Flächen der Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 242
Abb. 99. Vergleich der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in Euro je Hektar und Anbauperiode 244
Abb. 100. Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Hektar und Anbauperiode und Pflanzenschutzmittelkategorie für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 245
Abb. 101. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) der Demonstrations-flächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz im Projektzeitraum 248
Abb. 102. Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau (CEPI) 249
Abb. 103. Prozentuale Differenz der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Kultur, CEPI-Cluster und Pflanzenschutzmittelkategorie 250
Abb. 104. Anteile der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Pflanzenschutzmittelkategorie an den gesamten PSMK 251
Abb. 105. Entwicklung der Kostendifferenz (Δ) zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz 252
Abb. 106. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 253
Abb. 107. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) 254
Abb. 108. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Vergleichsbetriebsflächen (VGB) und den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) für Insektizide je Hektar nach Kultur und Jahr 254
Abb. 109. Einflussfaktoren auf die Höhe der Arbeitserledigungskosten (Arbeitskosten + Maschinenkosten) für die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel 255
Abb. 110. Pflanzenschutzspritzen auf vier verschiedenen Demonstrationsbetrieben im Einsatz ((Quelle: Planet Schule, Agro Bördegrün GmbH & Co. KG) 256

Abb. 111. Arbeitsprozesse des Arbeitsverfahrens Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln 258
Abb. 112. Flächenleistung einer Pflanzenschutzspritze mit einer Arbeitsbreite von 15 Metern (links) bzw. 36 Metern (rechts) nach Flächengröße und Flächenform. (Quelle: ENGELHARDT, 2004) 259
Abb. 113. Aufteilung der Gesamtarbeitszeit einer Pflanzenschutzmaßnahme in die Teilzeiten Applikationszeit, Befüllzeit, Reinigung und Transportzeit für die der DIPS-Schläge 260
Abb. 114. Flächenleistung der Mechanisierungsvarianten (MeV) „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“, sowie äquivalenter KTBL-Mechanisierungsvarianten (KTBL-Äquivalent) bei gegebener Schlaggröße und Hof-Feld Entfernung (Daten aus dem Demonstrationsvorhaben integrierter Pflanzenschutz) 261
Abb. 115. Anzahl der Überfahrten ja Hektar und Jahr unterteilt nach Betriebskategorie (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“) und Kultur für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 261
Abb. 116. Anzahl der durchschnittlichen Überfahrten je Hektar und Jahr (2012-2018) und Kultur für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz über alle Betriebskategorien (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“) 262
Abb. 117. Anzahl der Überfahrten je Hektar und Jahr unterteilt nach Kulturen und Demonstrationsflächen, Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und den Restflächen der Demonstrationsbetriebe 262
Abb. 118. Differenz der mittleren Anzahl der Überfahrten zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz unterteilt nach Pflanzenschutzmittelkategorien im Projektzeitraum 2013-2018 263
Abb. 119. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) in der Wintergerste über die gesamte Projektdauer 264
Abb. 120. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) im Winterweizen über die gesamte Projektdauer 264
Abb. 121. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) im Winterraps über die gesamte Projektdauer 265
Abb. 122. Differenz zwischen den Arbeitserledigungskosten auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 266
Abb. 123. Median (x̃) bzw. Durchschnitt (MW) Kosten für den Monitoringprozess (€/ha). 267
Abb. 124. Median (x̃) bzw. Mittelwert (MW) der Kosten für den Monitoringprozess (€/ha). 268
Abb. 125. Median (x̃) bzw. Mittelwert (MW) der Kosten für den Monitoringprozess (€/ha). 270
Abb. 126. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen in der Wintergerste 270
Abb. 127. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen im Winterweizen 271
Abb. 128. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Wintergerste 271
Abb. 129. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) je Jahr und Kultur 272
Abb. 130. Vergleich von Pflanzenschutzmittel- und Arbeitserledigungskosten je Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und Jahr in einem bestimmten Projektjahr mit dem Projektdurchschnitt (5 Jahre) der Demonstrationsbetriebe, die in dem Vergleichsjahr an dem Projekt teilnahmen 273
Abb. 131. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) in der Kultur Wintergerste aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018) 273
Abb. 132. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) im Winterraps aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018) 274
Abb. 133. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) im Winterweizen aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018) 274
Abb. 134. Mittlere Pflanzenschutzkosten (€/ha) und dem Anteil der Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten, Kosten für Saatgutbeizung und den Kosten für Monitoring aller Demonstrationsflächen (2012-2018) 275
Abb. 135. Vergleich der kumulierten mittleren Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten und Kosten für das Monitoring der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) (Mittelwert 2012-2018) 276
Abb. 136. Veränderung der mittleren Kostendifferenz je Jahr (€/ha) (Pflanzenschutzmittelkosten, Arbeitskosten und Maschinenkosten) zwischen den Pflanzenschutzkosten (PSK) der Demonstrationsflächen und den Flächen
der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz im Projektzeitraum 276

Abb. 137. Mittlere Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) je Demonstrationsbetrieb (5 Jahre im Zeitraum 2012-2018) aufgeteilt nach Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und CEPI-Clustern (1-5; anonymisiert) 277
Abb. 138. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) in der Wintergerste für die Jahre 2012 bis 2018 280
Abb. 139. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) im Winterraps für die Jahre 2012 bis 2018 280
Abb. 140. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) im Winterweizen für die Jahre 2012 bis 2018 281
Abb. 141. Durchschnittliche Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL), Pflanzenschutzkosten (PSK) und Erlös (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (2012-2018) 281
Abb. 142. Veränderung der Differenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz 283
Abb. 143. Faktoren, welche die Übernahme von Maßnahmen bzw. Innovationen zur Umsetzung des IPS beeinflussen. Eigene Darstellung nach ALBRECHT, H., 1969; MOHR, H.-W., 1977, ROGERS, E. M., 1995 285
Abb. 144. Szenario Striegeln im Wintergetreide: 294
Abb. 145. Szenario Hacken im Winterraps: 294
Abb. 146. Maschinenkosten (€/ha) für drei Mechanisierungsvarianten (unterschiedliche Volumina der Pflanzenschutzspritze bzw. Arbeitsbreiten) in Abhängigkeit der Auslastung in % der Auslastungsschwelle 298
Abb. 147. Überfahrten im Jahresverlauf (je Monat) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterraps und der Summe aller Kulturen 299
Abb. 148. Anzahl der Überfahrten je Monat (März (Mrz), April (Apr), Mai, August (Aug), September (Sep), Oktober (Okt) und November (Nov)) je Schlag aufgeteilt nach Projektjahr (2012-2018). 300

Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Die Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in den mitwirkenden Bundesländern 20
Tab. 2. Anzahl durchgeführter Hoftage der Demonstrationsbetriebe IPS in der Projektlaufzeit von 2011 bis 2018 25
Tab. 3. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Ackerbau je Bundesland 30
Tab. 4. Aussaatkategorien in den Erhebungsregionen Ackerbau ERA für Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Demonstrationsbetrieben 30
Tab. 5. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau je DIPS-Region und Erhebungsregion (ERH) 31
Tab. 6. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau je DIPS-Region und Erhebungsregion (ERH) 31
Tab. 7. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau je DIPS-Region 32
Tab. 8. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Gemüsebau je Bundesland 32
Tab. 9. Einteilung der Aussaatklassen/Pflanzkategorien in den Demonstrationsbetrieben für Möhren- und Kohlanbau nach Erhebungsregion (ERH) 32
Tab. 10. Legende der Säulendiagramme zur Ergebnisdarstellung der Checklistenbewertungen 33
Tab. 11. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Winterweizen in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 36
Tab. 12. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Wintergerste in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 36
Tab. 13. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Winterraps in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 37
Tab. 14. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 37
Tab. 15. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Wintergerste in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 38
Tab. 16. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Winterraps in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 39
Tab. 17. Prozentualer Anteil Flächen mit Grundbodenbearbeitung zu Winterweizen in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 40
Tab. 18. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Winterweizen auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide, Insektizide und Wachstumsregler in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 41
Tab. 19. Prozentualer Anteil Schläge mit Grundbodenbearbeitung zu Wintergerste in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 41
Tab. 20. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Wintergerste auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide, Insektizide in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 42
Tab. 21. Prozentualer Anteil Schläge mit Grundbodenbearbeitung zu Winterraps in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 42
Tab. 22. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Winterraps auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide und Insektizide in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 43
Tab. 23. Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Behandlungsindex (BI) von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 45
Tab. 24. Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Behandlungsindex (BI) von Wintergerste in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 48
Tab. 25. Einfluss des Aussaatzeitpunktes von Winterraps auf den Behandlungsindex (BI) in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 50
Tab. 26. Einfluss der Sorteneigenschaften auf den Behandlungsindex (BI) von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 55
Tab. 27. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Ackerbau (2014-2018) 62
Tab. 28. Anzahl der Demonstrationsbetriebe und der Demonstrations- und Vergleichsanlagen im Apfelanbau 108
Tab. 29. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2011-2018) 115
Tab. 30. Anzahl Demonstrationsbetriebe sowie Demonstrationsschläge und Vergleichsschläge im Gemüsebau 135
Tab. 31. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Gemüsebau im Möhrenanbau (2014-2018), Frischkohlanbau (2014-2018) und Lagerkohlanbau (2014-2017) 144
Tab. 32. Anzahl der Demonstrations- und Vergleichsanlagen im Hopfenanbau 180
Tab. 33. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau

(2014-2018) 187
Tab. 34. Einfluss der Sortenwahl im Hopfenanbau auf den Fungizid-Behandlungsindex in den Vorherjahren (2012/13) und Projektjahren (2014-2018) 192
Tab. 35. Anzahl der Demonstrations- und Vergleichsbetriebe, Phase I und II im Weinbau 201
Tab. 36. Zeitlicher Aufwand für das Schaderregermonitoring in den Demonstrationsflächen im Weinbau (2011-2018) 211
Tab. 37. Datengrundlage zur Berechnung der Leistung des Produktionsverfahrens in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 237
Tab. 38. Berechnungsgrundlage der Kosten für Pflanzenschutzmittel (PSM) in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 237
Tab. 39. Berechnungsgrundlage der Arbeitserledigungskosten für die Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und die Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 237
Tab. 40. Mittlere Ackerzahlen der Demonstrationsflächen in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS), den Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) und den Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 238
Tab. 41. Durchschnittliche Erträge von Winterweizen und Wintergerste (dt/ha) 240
Tab. 42. Durchschnittliche Erzeugerpreise für Winterweizen, unterteilt nach Qualitätseinstufungen in den Jahren 2011/12 bis 2018/19. 241
Tab. 43. Durchschnittliche Erlöse (€/ha) auf den Flächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), den Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) und den Flächen der Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 243
Tab. 44. Prozentuale Veränderung der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 247
Tab. 45. Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und auf den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz 252
Tab. 46. Kostendifferenz der durchschnittlichen Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha, %) 252
Tab. 47. Einteilung der Demonstrationsbetriebe bzw. der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 256
Tab. 48. Kennwerte für die Mechanisierungsvarianten (MeV) der Betriebskategorien des Arbeitsverfahrens Ausbringung von Pflanzenschutzmittel 257
Tab. 49. Arbeitszeitbedarf (h/ha) für das Vorbereiten, Befüllen und Reinigen der Pflanzenschutzspritze 258
Tab. 50. Arbeitszeitbedarf (Transportzeit) (h/ha) für die Fahrt zwischen Hof und Feld, sowie die Entfernung (Entf.) zwischen Hof und Feld (km), bezogen auf ein Hektar behandelte Demonstrationsfläche 259
Tab. 51. Arbeitszeitbedarf (h/ha) für die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel auf dem Feld 260
Tab. 52. Differenz der durchschnittlichen Überfahrten je Hektar zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) 263
Tab. 53. Schematische Darstellung eines idealtypischen Monitoringprozess und dessen Arbeitsschritte zur Kontrolle pilzlicher, tierischer und pflanzlicher Schadorganismen 266
Tab. 54. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Boniturаufwand je Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 267
Tab. 55. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Boniturаufwand je Demonstrationsfläche der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 268
Tab. 56. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Boniturаufwand je Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 269
Tab. 57. Vergleich der durchschnittlichen Pflanzenschutzkosten (PSK) sowie der mittleren Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten und Kosten für das Monitoring und die Saatgutbeizung (€/ha) (2014-2018) 277
Tab. 58. Anzahl Schläge (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s) für den Erlös, die Pflanzenschutzkosten (PSK) und die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) in (€/ha) 279
Tab. 59. Mittlere Pflanzenschutzkosten (PSK) und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) (€/ha) 282
Tab. 60. Faktoren, die zur Veränderung der Anbaustruktur einzelner Kulturen (Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl), von Betrieben beitragen bzw. diese hemmen können 287
Tab. 61. Vergleich der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) für Herbizide (PSMK-F), Fungizide (PSMK-F) und der Erträge (dt/ha) 287
Tab. 62. Durchschnittliche Fungizid-Kosten (€/ha) und Erträge (dt/ha) verschiedener Winterweizensorten 288
Tab. 63. Auswahl von Faktoren, die Einfluss auf die Art der Grundbodenbearbeitung (Einsatz des Pfluges) der

Betriebe Einfluss nehmen 289
Tab. 64. Durchschnittliche Anteile an gepflügten Demonstrationsflächen (%) bzw. Ackerfläche (ha) je Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) und CEPI-Cluster (A, B, E, D, F) 289
Tab. 65. Vergleich unterschiedlicher Anbausysteme („Pflug“/“Pfluglos“) 289
Tab. 66. Auswahl von Einflussfaktoren auf die Anwendung nicht-chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen 290
Tab. 67. Durchschnittliche Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) 291
Tab. 68. Szenario zur Darstellung der Unterschiede beim Arbeitszeitbedarf auf betrieblicher Ebene zwischen der chemischen Vorsaatbehandlung (VS) gegen Unkräuter auf Basis der Schläge der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und einer einmaligen Grubber-Behandlung..... 292
Tab. 69. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha; ohne Monitoring und Saatgutbeizung) bzw. Arbeitszeitbedarf (h/ha) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz für die Anwendung von Herbiziden im Bestand je Hektar 293
Tab. 70. „Betriebsszenario mechanische Unkrautbekämpfung im Bestand“: 295
Tab. 71. Auswahl von Einflussfaktoren auf die optimale Ausgestaltung von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen im Betrieb 296
Tab. 72. Differenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB-Flächen) bei den Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€ /ha) 297
Tab. 73. Durchscnittliche Entfernung der Demonstrationsflächen zur nächstgelegen Wetterstation 297
Tab. 74. „Szenario Arbeitszeit chemischer Pflanzenschutz“: 300

Abkürzungsverzeichnis

AC	Ackerbau
AIC	Akaikes Informationskriterium
AMI	Marktbilanzen der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft
AP	Apfelanbau
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen
B	Betrieb
BI	Behandlungsindex
BL	Bundesland
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BÖLN	Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
BSA	Bundessortenamt
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CEPI	Cluster für die regionale Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität
C-IPM	Coordinated Integrated Pest Management in Europe
CZ	Tschechische Republik
DEPHY	Réseau de Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en phytosanitaires
DIPS	Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
DK	Dänemark
DLR RP	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Neustadt W.
EG	Europäische Gemeinschaft
ERA	Erhebungsregionen Ackerbau
ERH	Erhebungsregion der jeweiligen Kultur
EU	Europäische Union
FAM	Modellvorhaben Forschungsverbund Agroökosysteme München
FR	Frankreich
F.R.A.N.Z.	Projekt Für Ressourcen, Agrarwirtschaft & Naturschutz mit Zukunft
GE	Gemüsebau
GLIMMIX	Generalisierte Lineare Gemischte Modelle
HALM	Hessische Agrarumwelt- und Landschaftspflege-Maßnahmen
HE	Hessen
HIAP	Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm
HO	Hopfenanbau
IP-Richtlinie	Richtlinie Integrierte Produktion
IPS	integrierter Pflanzenschutz
ISIP e. V.	Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e. V.
JKI	Julius Kühn-Institut
KOB BW	Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, Ravensburg
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KUW	Kontrolliert Umweltschonender Weinbau
LALLF MV	Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Rostock
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
LfL BY	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Wolnzach
LLFG ST	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg
LTZ BW	Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Baden-Württemberg
LWK SH	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Rendsburg und Heide
LWK NI	Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Standort Hannover

LWK NW	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
MuD	Modell- und Demonstrationsvorhaben
MV	Mecklenburg-Vorpmmern
MW	Mittelwert
NAP	Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln
NI	Niedersachsen
NTA	Nicht-Ziel-Arthropoden
NW	Nordrhein-Westfalen
OVR Jork	Obstbauversuchsring des Alten Landes e.V., Jork
PAULA	Programm-Agrar-Umwelt-Landschaft
PiWi	pilzwiderstandsfähig
PSD	Pflanzenschutzdienste der Länder
PSK	Pflanzenschutzkosten
PSKFL	Pflanzenschutzkostenfreie Leistung
PSM	Pflanzenschutzmittel
PSMK	Pflanzenschutzmittelkosten
PURE	Pesticide Use and Risk Reduction
RP	Rheinland-Pfalz
s	Standardabweichung
SH	Schleswig-Holstein
ST	Sachsen-Anhalt
SYNOPS-GIS	Modell zur synoptischen Bewertung des Risikopotentials chemischer Pflanzenschutzmittel
TH	Thüringen
TLL TH	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Thüringen
VGB	Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz
WE	Weinbau
ZEPP	Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Mit dem Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das im Jahr 2011 gestartet ist, wurde schrittweise ein Netzwerk eingerichtet, in dem Praxisbetriebe den integrierten Pflanzenschutz (IPS) bestmöglich umsetzen und demonstrieren sollten. Die teilnehmenden Betriebe vertraten wichtige Produktionsrichtungen und repräsentative Regionen Deutschlands. Das Vorhaben sollte erstmals Aussagen über die Möglichkeiten und Grenzen des integrierten Pflanzenschutzes unter Praxisbedingungen erlauben. Eingebettet war das Projekt in die Maßnahmen des „Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“, der 2013 vom Bundeskabinett beschlossen wurde (ANONYMUS, 2013).

Das Vorhaben in enger Zusammenarbeit zwischen dem Julius Kühn-Institut (JKI), den Pflanzenschutzeinrichtungen der Länder, den Betrieben und anderen Mitwirkenden hatte folgende Ziele:

1. **Demonstration des integrierten Pflanzenschutzes** in einzelnen Betrieben repräsentativer Regionen bei intensiver Betreuung
   - Begrenzung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß
   - Umsetzung von kulturpflanzenspezifischen JKI-Leitlinien zum IPS
2. **Analyse wichtiger Kennziffern zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes**
   - Anwendung vorbeugender und nichtchemischer Maßnahmen
   - Aufwendungen für Befallsermittlungen und Beratung
   - Behandlungsindex
   - Ökologische und ökonomische Auswirkungen
3. **Kommunikation** der Ergebnisse mit allen relevanten Interessengruppen und Schlussfolgerungen für die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes.

Die Hauptakteure

Im Mittelpunkt des Modellvorhabens standen die Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) aus den Produktionsbereichen Ackerbau, Apfelanbau, Gemüsebau, Hopfenanbau und Weinbau. Die insgesamt 67 Betriebe hatten sich bereit erklärt, praktikable und innovative Verfahren im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes anzuwenden und diese anderen Landwirtinnen und Landwirten, Beraterinnen und Beratern sowie der Öffentlichkeit zu veranschaulichen (Abb. 1). Sie wurden aufgrund ihrer Bewerbung und besonderen Eignung zur Mitwirkung am Vorhaben ausgewählt. Auswahlkriterien waren u. a. die Repräsentanz im Bundesland, die Betriebsgröße, Flächeneigenschaften (Naturräume, Klima und Bodentypen), die Entfernung zum Pflanzenschutzdienst oder die bisherige Zusammenarbeit mit der Offizialberatung.

Die Beteiligung eines jeden Betriebes war auf fünf Jahre ausgelegt. Die 1. Phase (2011 bis 2013) begann mit sieben Betrieben im Apfelanbau, vier Betrieben im Weinbau und 17 Betrieben im Ackerbau. Mit der im Jahr 2014 begonnenen 2. Phase wurden weitere Betriebe und Produktionszweige bzw. Kulturen, wie Kohl und Möhre sowie Hopfen, aufgenommen (Tab. 1). Im Laufe des Projektes haben zwei Gemüsebaubetriebe wegen Aufgabe der Produktion die Teilnahme vorzeitig beendet. Es konnte ein weiterer Gemüsebaubetrieb gewonnen werden, der im Jahr 2017 nachträglich in das Projekt eingestiegen ist.

Da die konsequente Umsetzung der Forderungen des IPS einer professionellen und unabhängigen Beratung bedarf, erhielten die Demonstrationsbetriebe eine intensive Betreuung und umfassende Unterstützung durch die Pflanzenschutzdienste der teilnehmenden Bundesländer und vor allem durch speziell für das Vorhaben eingestellte Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer. Sie standen in regelmäßigem Kontakt zu den Betrieben, kontrollierten die Bestände, stimmten die Pflanzenschutzmaßnahmen mit den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern ab, sammelten und erhoben Daten und führten weitergehende Untersuchungen auf den Demonstrationsflächen durch. Zusätzlich zur Betreuung wurden besondere Aufwendungen für den integrierten Pflanzenschutz und für die technische Umsetzung des Projektes in einem begrenzten Rahmen finanziell unterstützt.

Projektkoordination

Das Modellvorhaben wurde vom Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, am Standort Kleinmachnow koordiniert. Als Forschungseinrichtung des BMEL oblagen dem JKI die betriebsübergreifende Auswertung der gewonnenen Daten, z. B. zum Aufwand bei den Befallskontrollen auf den Feldern und der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, der Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit für das Modellvorhaben. Zusätzlich

unterstützte das JKI die Tätigkeit der Pflanzenschutzdienste der Länder, bei denen die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer angesiedelt waren. Es wurden regelmäßig Projekttreffen mit den beteiligten Pflanzenschutzdiensten und den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern durchgeführt.

Die Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) in Bad Kreuznach unterstützte das Projekt mit Entscheidungshilfesystemen (Prognose- und Simulationsmodelle für Schaderreger an Kulturpflanzen) in allen projektrelevanten Kulturen. Zusätzlich wurde die nötige Infrastruktur zur detaillierten Erfassung und Verarbeitung von Befallsdaten auf den Demonstrationsflächen bereitgestellt. Dazu wurde unter anderem eine Applikation für Smartphones entwickelt, die die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bei den Schaderregerkontrollen im Feld unterstützte.

Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) betreute das Vorhaben als Projektträgerin.

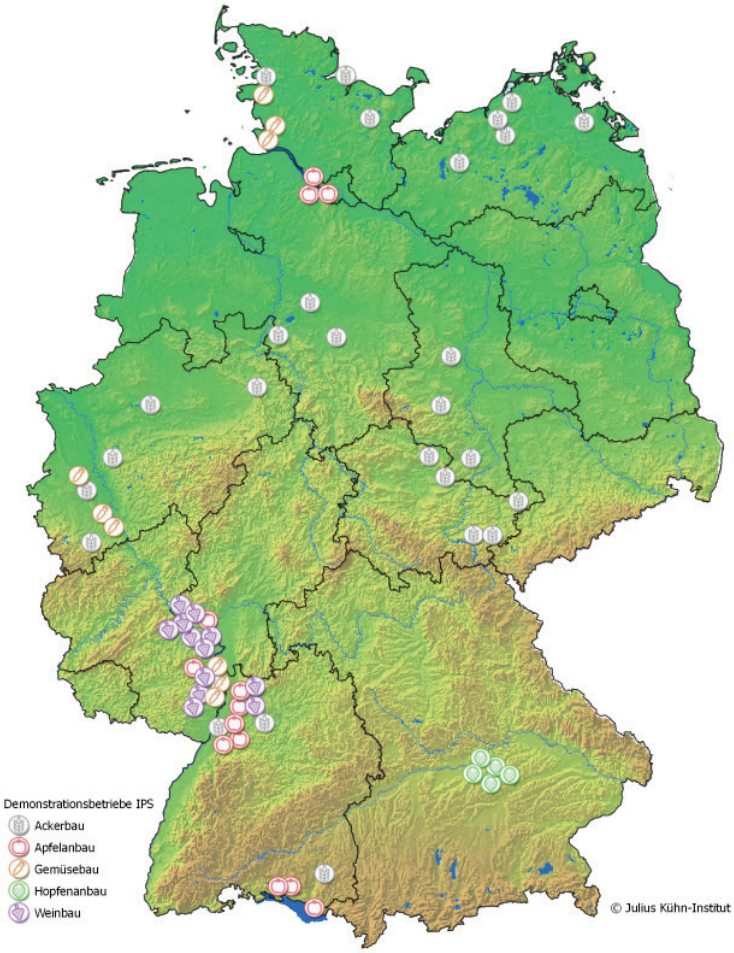


Abb. 1. Lage der Demonstrationsbetriebe in Deutschland (Stand 2016).

Tab. 1. Die Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in den mitwirkenden Bundesländern

Produktionsrichtung	Bundesland	1. Phase			2. Phase				
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ackerbau	Bundesland A	-	5	5	5	5	5	-	-
	Bundesland B	-	-	2	3	3	3	3	-
	Bundesland C	-	-	5	5	5	5	5	-
	Bundesland D	-	-	-	3	3	3	3	3
	Bundesland E	-	-	5	5	5	5	5	-
	Bundesland F	-	-	-	3	3	3	3	3
	Bundesland G	-	-	-	3	3	3	3	3
	Summe	-	5	17	27	27	27	22	9
Apfelanbau	Bundesland A	3	3	3	8	8	6	6	6
	Bundesland B	2	2	2	2	2	-	-	-
	Bundesland C	-	2	2	3	3	3	3	3
	Summe	5	7	7	13	13	9	9	9
Gemüsebau	Bundesland A	-	-	-	3	3	3	3	3
	Bundesland B	-	-	-	3	3	3	3	3
	Bundesland C	-	-	-	3	3	3	2	-
	Summe	-	-	-	9	9	9	8	6
Hopfenanbau	Bundesland A	-	-	-	5	5	5	5	5
	Summe	-	-	-	5	5	5	5	5
Weinbau	Bundesland A	2	2	2	2	2	-	-	-
	Bundesland B	2	2	2	7	7	5	5	5
	Bundesland C	-	-	-	3	3	3	3	3
	Summe	4	4	4	12	12	8	8	8
	Gesamtsumme	**8**	**15**	**27**	**66**	**66**	**58**	**51**	**38**

Vorgehen

Für die Durchführung des Vorhabens wurden vom JKI in Zusammenarbeit mit den Expertinnen und Experten der Landeseinrichtungen des Pflanzenschutzes Arbeitsanweisungen für jede Produktionsrichtung, sogenannte „JKI-Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz“, erarbeitet, die auf den allgemeinen Grundsätzen des IPS der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie (2009/128/EG) aufbauen und die die Demonstrationsbetriebe gemeinsam mit ihren Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern auf ihren Demonstrationsflächen umsetzten. Im Projekt sollten vor allem die Möglichkeiten des vorbeugenden und nichtchemischen Pflanzenschutzes weitestgehend ausgeschöpft und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konsequent auf das notwendige Maß begrenzt werden, um schließlich Risiken, die durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für Mensch, Tier und Naturhaushalt entstehen können, weiter zu reduzieren. Dazu gehörten unter anderem folgende Maßnahmen:

- Anbau möglichst resistenter/toleranter Sorten
- kontinuierliche Befallskontrollen und Überwachung der Bestände
- situations- und schlagspezifische Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen nach Schwellenwerten und Prognosemodellen
- Schutz und Förderung von Nützlingen
- Anwendung praktikabler nichtchemischer Bekämpfungsverfahren
- im Ackerbau mindestens dreigliedrige Fruchtfolge.

Die Einhaltung des notwendigen Maßes und weitere Kenngrößen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wurden auf den Betrieben erfasst. Die im Modellvorhaben gewonnenen Daten wurden für die Berechnung von Indikatoren genutzt und wenn möglich mit denen der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in der betreffenden Region verglichen. Besonderes Augenmerk verdienten bei den Analysen die Anwendung vorbeugender und nichtchemischer

Maßnahmen, die Intensität und die Risiken der Pflanzenschutzmittelanwendung, die Aufwendungen für Feldkontrollen und Beratung sowie die ökonomischen Auswirkungen der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes.

Neben einer umfassenden Analyse der Umsetzung des IPS und ihrer Auswirkungen lag ein besonderer Fokus darauf, die Ergebnisse mit allen relevanten Interessengruppen zu kommunizieren und Schlussfolgerungen für die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes zu ziehen. Im Mittelpunkt standen dabei Hoftage, zu denen alle Demonstrationsbetriebe in Zusammenarbeit mit ihren Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern meist einmal jährlich einluden und die sich an die Praxisbetriebe der Region sowie die interessierte Öffentlichkeit richteten. Durch die Demonstration der durchgeführten Maßnahmen sollten auch nicht beteiligten Betrieben der Nutzen und die Anwendbarkeit der in diesem Vorhaben verwendeten Methoden aufgezeigt werden.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Seit mehr als 50 Jahren gilt der integrierte Pflanzenschutz als nachhaltige Strategie im praktischen Pflanzenschutz, weil es sich dabei um einen ganzheitlichen Ansatz handelt, vorbeugenden Maßnahmen und der nichtchemischen Abwehr von Schadorganismen Vorrang gegeben und die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß begrenzt wird.

Dieses Leitbild ist seit 1987 im Pflanzenschutzgesetz Deutschlands verankert und seit 2009 mit der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie 2009/128/EG auch in der Europäischen Union Maßstab des Handelns im Pflanzenschutz. Die Pflanzenschutzrahmenrichtlinie sah vor, dass die Mitgliedstaaten Nationale Aktionspläne entwickeln (Artikel 4). Artikel 14 der Richtlinie forderte, dass ab 2014 alle beruflichen Anwender von Pflanzenschutzmitteln die acht allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes befolgen. Weiterhin sollen die Betriebe unterstützt und ermutigt werden, möglichst, d. h. auf freiwilliger Basis, kulturpflanzen- oder sektorspezifische Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz anzuwenden.

Am 10. April 2013 hat die Bundesregierung den „Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“ (NAP) verabschiedet. Der Aktionsplan ist Teil der Umsetzung der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie 2009/128/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln vom 21.10.2009. Wichtige Beweggründe der Europäischen Union, ihren Mitgliedsstaaten die Entwicklung von Nationalen Aktionsplänen aufzuerlegen war die Tatsache, dass in den Mitgliedstaaten in unterschiedlichem Umfang festgestellt wurde, dass chemische Pflanzenschutzmittel und ihre Metabolite trotz aller rechtlichen Vorgaben und einer sachkundigen Anwendung in Gewässern zu finden sind, Schäden an Bienen oder Wirbeltieren auftreten und Rückstandshöchstgehalte für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in Lebensmitteln überschritten werden. Weiterhin ist Konsens, dass die Abnahme der biologischen Vielfalt in unserer Kulturlandschaft neben vielen anderen Faktoren auch durch verschiedene Pflanzenschutzmaßnahmen beeinflusst wird (ANONYMUS, 2013).

Im Mittelpunkt des NAP stehen die Reduktion von Risiken für Mensch, Tier und Naturhaushalt, die durch die Anwendung von zugelassenen Pflanzenschutzmitteln entstehen können, sowie unter anderem die Förderung von Innovationen im Pflanzenschutz und die Weiterentwicklung der Verfahren des integrierten Pflanzenschutzes. Dazu sollen geeignete Maßnahmen, die von Bund und Ländern durchgeführt und getragen werden, beitragen. Hierzu zählen beispielsweise die Entwicklung und Anwendung resistenter/toleranter Sorten von Kulturpflanzen, von computergestützten Entscheidungshilfen und Verfahren des biologischen Pflanzenschutzes. Eine wichtige Maßnahme des NAP ist die Praxiseinführung neuer integrierter Pflanzenschutzverfahren. In diesem Zusammenhang wurde vom BMEL das „Modell- und Demonstrationsvorhaben Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ (MuD) finanziert.

Modellvorhaben bzw. Modell- oder Demonstrationsbetriebe zum integrierten Pflanzenschutz gibt es schon seit Einführung des Begriffs und der strategischen Ausrichtung des Pflanzenschutzes in Richtung integrierter Pflanzenschutz (STERN et al., 1959). Mehrere Modellvorhaben wurden zunächst im Obstbau etabliert, auch in Deutschland (STEINER, 1975). Später wurden Modellbetriebe in Deutschland auch im Ackerbau eingerichtet. Ein herausragendes Beispiel war die Langzeitstudie „Lauterbacher Hof“ (EL TITI, 1990) in Baden-Württemberg.

Auch in der ehemaligen DDR wurden Demonstrationsvorhaben zum integrierten Pflanzenschutz u. a. im Obstbau durchgeführt, wobei über mehrere Jahre ganze Betriebe oder Betriebsteile, z. B. in Damsdorf (Brandenburg) nach Richtlinien des integrierten Pflanzenschutzes arbeiteten und die Ergebnisse wissenschaftlich ausgewertet wurden (FREIER et al, 1990). Das vorrangige Ziel war seinerzeit die Reduktion oder Substitution teurer importierter chemischer Pflanzenschutzmittel durch die Umsetzung des Konzeptes des integrierten Pflanzenschutzes.

In den Jahren 1989-1998 wurde das Göttinger INTEX-Projekt (Niedersachsen) durchgeführt, das als Modellvorhaben zum integrierten Pflanzenschutz mit umfassenden wissenschaftlichen Analysen beeindruckte, sich aber nur auf wenige Felder einer betrieblichen Struktur konzentrierte (STEINMANN & GEROWITT, 2000). Große Aufmerksamkeit erlangte auch das Modellvorhaben Forschungsverbund Agroökosysteme München (FAM) in den Jahren 1990-2004 in Scheyern bei Freising (Bayern), wo auf betrieblicher Ebene der integrierte Pflanzenschutz untersucht und z. B. mit dem Pflanzenschutz im Ökolandbau verglichen wurde (SCHRÖDER et al., 2002). Diese und viele andere Beispiele zeigen, dass sich die bisherigen Modellvorhaben zum IPS auf Untersuchungen an Versuchsstandorten der Universitäten oder Länder, aber nur selten auf ganze Betriebe konzentrierten. Mit der Einrichtung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ im Jahr 2011 wurde somit erstmalig

ein Instrument geschaffen, die Umsetzung des IPS in Deutschland mehrjährig in repräsentativen Regionen und Kulturen unter Praxisbedingungen und in enger Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzdiensten der Länder zu begleiten und zu unterstützen sowie die sich daraus ergebenden Grenzen und Möglichkeiten wie auch den Forschungs- und Förderungsbedarf abzuleiten.

Seitdem wurden deutschlandweit zahlreiche weitere Modell- und Demonstrationsvorhaben zur pflanzlichen Erzeugung, jedoch mit anderem inhaltlichen Schwerpunkt vom BMEL initiiert und gefördert (BLE, 2020a). Darunter auch das F.R.A.N.Z.-Projekt, welches sich zum Ziel gesetzt hat, Naturschutzmaßnahmen zu entwickeln und zu erproben, die die Artenvielfalt in der Agrarlandschaft erhalten und erhöhen oder die Demonstrationsbetriebe Ökologischer Landbau im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN). Auf europäischer Ebene erlangten vor allem das französische Demonstrationsvorhaben zum IPS „DEPHY“ sowie die hoch angesetzten, jedoch nicht erreichten Ziele der französischen Regierung, den Pflanzenschutzmittelverbrauch Frankreichs zu halbieren, viel Aufmerksamkeit (STOKSTAD, 2018).

Seit Beginn des Modellvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ im Jahr 2011.ist die gesellschaftliche Wahrnehmung der problematischen Aspekte der konventionellen Landwirtschaft immer mehr in den Vordergrund gerückt, während die Zahl der Problemfelder und Herausforderungen gestiegen ist. Zum einen sind die Landwirte mit einem Rückgang der Anzahl zugelassener Wirkstoffe bzw. verfügbarer Pflanzenschutzmittel konfrontiert, der einerseits Bekämpfungslücken/-probleme bei einigen Schadorganismen nach sich zieht (HARZER et al., 2016), andererseits aber auch die Notwendigkeit und Motivation, nichtchemisch und vorbeugend zu arbeiten, erhöht. Auch die öffentliche Debatte um die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel hat sich verschärft bzw. wird vor dem Hintergrund der Berichte rund um das Insektensterben von einem nicht unerheblichen Teil der Bevölkerung zunehmend kritisch gesehen. Zum anderen führen Klimawandel und Witterungsextreme sowie das Auftreten invasiver Arten zu neuen Problemen und Ertragseinbußen. Die Neuordnung des Düngerechts stellt für die konventionell wirtschaftenden Betriebe eine weitere große Herausforderung dar. Zugleich hat sich der Umfang des Beratungsangebotes der Offizialberatung für die landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebe in der Zeit seit 2011, obwohl dringend benötigt, nicht verbessert und weist insbesondere im Acker- und Gemüsebau große Defizite auf (AGRATHAER GMBH, 2018; BLE, 2020b).

In diesem Spannungsfeld war die Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ eine zeitgemäßes und für die teilnehmenden Akteure zukunftsgerichtetes und zielführendes Projekt.

3. Der Wissenstransfer im Modellvorhaben

Auszug aus der Broschüre „Integrierter Pflanzenschutz in der Praxis - Erfahrungen aus acht Jahren Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz““ (FINK et.al 2021).

“Hier wird Pflanzenschutz durch innovative Maßnahmen optimiert durchgeführt“. Dieser Satz begrüßte Besucherinnen und Besucher auf Hinweisschildern an den Hofstätten oder auch Feldern der Demonstrationsbetriebe. Er regte so manches Gespräch mit Vorbeigehenden am Feldrand an und bildete auch das Motto für zahlreiche Hoftage der Demonstrationsbetriebe.

Auf insgesamt 164 Veranstaltungen zwischen 2011 und 2018 zeigten die Demonstrationsbetriebe anderen Betrieben, Vertreterinnen und Vertretern von Handel und Industrie sowie der interessierten Öffentlichkeit, wie die betrieblichen Pflanzenschutzstrategien anhand des Leitbilds des IPS fortlaufend optimiert werden können (siehe Tab. 2). Dabei wurden sehr verschiedene Veranstaltungsformate für den Wissenstransfer genutzt. Die Spanne reichte von Feldbegehungen in Kleingruppen mit 10-20 Personen, die einen intensiven Austausch ermöglichten, bis zu publikumswirksamen Hoffesten mit zum Teil mehreren tausend Besuchenden. Dort wurden Informationsangebote zum integrierten Pflanzenschutz z. B. bei Flurfahrten eingebunden. Die Gestaltung und Bewerbung der Veranstaltungen erfolgt dabei in enger Zusammenarbeit mit der Projektbetreuung und den jeweiligen Pflanzenschutzdiensten.

Die vielen Feldtage boten dem Fachpublikum die Möglichkeit, anhand der Bestände und Spritzfenster aktuelle Pflanzenschutzprobleme sowie die Notwendigkeit und den Erfolg der unternommenen Pflanzenschutzmaßnahmen zu erörtern. Der konstruktive Austausch auf Augenhöhe trug dazu bei, dass manche Vorbehalte anderer Betriebe einem offenen Interesse, Pflanzenschutz neu zu denken, weichen konnte. Besonders im Bereich Ackerbau mussten die Feldtage allerdings mit einer Vielzahl etablierter Veranstaltungen von Offizialberatung, Handel und Industrie konkurrieren. Zusätzliche Programmpunkte auf den Feldtagen steigerten die Attraktivität und Teilnehmerzahlen. Als attraktive Angebote erwiesen sich unter anderem:

- Die Besichtigung von auf den Betrieben angelegten Versuche zu Sorten, Pflanzenschutzmittelanwendungen oder alternativen Maßnahmen,
- Maschinenvorführungen z. B. zur mechanischen Unkrautbekämpfung oder abdriftmindernder Pflanzenschutztechnik,
- Schulungen z. B. zu Boniturmethoden, Schaderregerbestimmung oder zur optimalen Nutzung der Pflanzenschutztechnik,
- Fachvorträge mit Hintergrundinformation u. a. zur Resistenzbildung bei Schaderregern, Versuchsreihen der Pflanzenschutzdienste oder dem Einsatz von Prognosemodellen.

Abb. 2 Projektflyer

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurden Flyer zur Verfügung gestellt (Abb. 2), welche von den Projektpartnerinnen und Projektpartnern u. a. an Besuchergruppen auf Hoftagen verteilt werden konnten.

Zusätzlich wurde das Projekt auf den zahlreichen Veranstaltungen wie Winterschulungen oder Sachkundefortbildungen der Pflanzenschutzdienste der beteiligten Bundesländer vorgestellt. In diesem Rahmen konnten die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer ihre Erkenntnisse aus ihrer Beratungstätigkeit einem großen Kreis an Praktikerinnen und Praktikern näherbringen. Auch der berufliche Nachwuchs war auf den Veranstaltungen der Demobetriebe gerne gesehen. Viele Betriebe engagieren sich bereits seit Jahren in der Ausbildung von jungen Menschen in den grünen Berufen.
Besuchergruppen von Berufs-, Fach- und Hochschulen erfuhren auf den Demonstrationsbetrieben greifbar, was modernen integrierten Pflanzenschutz ausmacht.

Tab. 2 Anzahl durchgeführter Hoftage der Demonstrationsbetriebe IPS in der Projektlaufzeit von 2011 bis 2018

Produktionsbereiche	Anzahl Veranstaltungen 2011-2018
Ackerbau	94
Apfelanbau	30
Gemüsebau	9
Hopfenanbau	6
Weinbau	25
Veranstaltungen gesamt	**164**

Wissenstransfer ist nicht nur eine einseitige Wissensvermittlung sondern auch ein Prozess des gegenseitigen Lernens. Regelmäßige Projekttreffen der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer (Abb. 3) als auch der teilnehmenden Betriebe in den einzelnen Produktionsbereichen ermöglichten einen Erfahrungsaustausch auf allen Ebenen und gaben insbesondere den Betrieben die Möglichkeit, frühzeitig eigene Ideen und Anregungen in die Projektumsetzung einzubringen.

Abb. 3 Projektarbeitstreffen 2018 in Kleinmachnow

Auf zahlreichen überregionalen Fachveranstaltungen (Abb. 4) wurden das Modellvorhaben Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und seine Ergebnisse mit Pflanzenschutzfachleuten, Vertretungen aus Handel und Industrie sowie mit der Praxis diskutiert. Hervorzuheben sind hier die Deutsche Pflanzenschutztagung sowie die Feldtage der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), die von mehreren tausend Fachbesucherinnen und -besuchern aus ganz Deutschland sowie aus dem Ausland besucht werden.

Zu den DLG-Feldtagen 2018 organisierte das JKI ein Symposium unter dem Titel „Was kann integrierter Pflanzenschutz? – Betriebsleiter reden Klartext: Lektionen aus langjährigen Demonstrationsbetrieben“. In der Diskussionsveranstaltung berichteten drei Demonstrationsbetriebe im Bereich Ackerbau über ihre Erfahrungen. Die Redebeiträge der Betriebe sowie die nachfolgende angeregte Diskussion zeigten die Möglichkeiten aber auch Grenzen der weiteren Optimierung des integrierten Pflanzenschutzes auf.

Die Demonstrationsbetriebe erwiesen sich zudem als beliebte Station für Fachexkursionen aus den Europäischen Nachbarstaaten. Hervorzuheben ist hierbei der 2016 in Bonn durchgeführte EU-Workshop, bei dem sich 71 Fachleute der EU-Mitgliedstaaten über den Aufbau von Demobetriebsnetzen zum integrierten Pflanzenschutz austauschten. Dabei durfte ein Besuch auf einem Demonstrationsbetrieb in Nordrhein-Westfalen nicht fehlen.

Abb. 4 Feldfahrt mit Bundestagsabgeordneten auf dem Demonstrationsbetrieb Groß Kiesow 2015

Ein wichtiges Informationsmedium für das Projekt war und ist weiterhin die Projektwebseite, die durch das JKI betreut wird. Sie informiert eine breite Öffentlichkeit über die Inhalte des Modellvorhabens sowie über die einzelnen Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (Abb. 5, https://demo-ips.julius-kuehn.de). Während des Projektes diente sie als Plattform zur Veröffentlichung von Terminen und Neuigkeiten aus dem Projekt sowie zum Austausch zwischen den Projektbeteiligten.

Abb. 5 Startseite des Wissensportals Pflanzenschutz (https://demo-ips.julius-kuehn.de)

Bis zum Projektende 2018 verzeichnete die Webseite seit ihrer ersten Veröffentlichung im Februar 2012 mehr als 50.000 Besuche mit steigenden Zugriffszahlen jedes Jahr. Nach Projektende bleibt dieses Informationsangebot bestehen, so dass die Inhalte, Methoden und Ergebnisse auch langfristig zugänglich und nutzbar sind. Hier finden sich auch eine Übersicht der weit über 100 Artikel aus der Fach- und Tagespresse, in denen über das Projekt informiert, Ergebnisse und Erfahrungen präsentiert oder über Veranstaltungen wie die Hoftage berichtet wurde. Viele Beiträge können dort eingesehen werden.

4. Material und Methoden

4.1. Datenerfassung

In den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) wurden in den Produktionsrichtungen Ackerbau, Gemüsebau, Weinbau, Apfel-, und Hopfenanbau pflanzenschutzrelevante Daten erhoben und ausgewertet; im Ackerbau, Gemüsebau und Hopfenanbau von jeweils drei Demonstrationsschlägen bzw. -anlagen je Kultur (Ackerbau: Winterweizen, Wintergerste, Winterraps; Gemüsebau: Kohl, Möhren). Zusätzlich wurden je Kultur Daten auf einem Restschlag, der die Gegebenheiten des Betriebes (Restbetrieb) repräsentieren sollte, sowie im Ackerbau für jeweils einen Schlag je Betrieb für die Kulturen Kartoffeln, Zuckerrüben, Mais, Triticale oder Winterroggen als Restkulturen, erhoben. Analog dazu wurden im Apfelanbau und Weinbau auf jeweils drei Demonstrationsanlagen und, im Gegensatz zu den anderen Produktionsrichtungen, auf allen weiteren Anlagen der Kultur des Betriebes (Restbetrieb) die relevanten Daten erfasst.

Die erhobenen Daten gliedern sich in agronomische Daten, Daten zur Befallseinschätzung und zur Pflanzenschutzmittelanwendung sowie zur Anwendung von nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen. Der Erfassungszeitraum begann zwei Jahre vor dem Projekteintritt des Betriebes (Vorherjahre) und endete mit dem Ausscheiden der Betriebe aus dem Projekt. Die Betriebe nahmen jeweils für fünf Jahre am MuD teil.

Für die Demonstrationsschläge bzw. -anlagen wurden alle unten beschriebenen Daten erfasst. Gleiches gilt für alle anderen Flächen ausgenommen der Daten zur Befallseinschätzung.

Zu den agronomischen Daten zählen:

- Schlagdaten
  - Schlagname, -nummer
  - Schlaggröße (ha)
  - Ackerzahl
  - Fruchtfolge (Vorfrucht, Vorvorfrucht), evtl. Zwischenfrucht
  - Bodenbearbeitung
  - Anfahrtszeit vom Betrieb zum Schlag
  - Behandlungszeit auf dem Schlag
- Sorteninformationen
  - Sortenbezeichnung
  - Sortenbeschreibung nach Bundessortenamt
  - Saatgut (Nachbau, Z-Saatgut)
  - Saat-, Pflanzdatum
  - Saat-, Pflanzstärke
- Ertragsinformationen im Ackerbau und je nach Verfügbarkeit in den anderen Kulturen.

Zu den Daten zur Befallseinschätzung zählen:

- Boniturdaten
  - Boniturmethode (Astprobenkontrolle, Bonitur, Feldbegehung, Gelbschale, Klopfprobe, Pheromonfalle, Weißtafel etc.)
  - Boniturdatum mit Entwicklungsstadium der Kultur (BBCH)
  - Schadorganismus (Indikation) mit Befallseinschätzung
  - zeitlicher Aufwand in Minuten
- Daten über verwendete Entscheidungshilfen
  - Prognosemodelle, Monitoring, Warndienst, Beratung, Erfahrung/Routine
  - zeitlicher Aufwand in Minuten.

Die Behandlungsdaten wurden wie folgt erfasst:

- Behandlungsdatum mit Entwicklungsstadium der Kultur (BBCH)
- Schadorganismus (Indikation)
- Entscheidungsgrundlagen für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen,
- Pflanzenschutzmittel
  - Kategorie

- Mittelname
- ausgebrachte Aufwandmenge je ha in kg bzw. l
- maximal zugelassene Aufwandmenge (Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis) für die jeweilige Indikation und die natürlichen Begebenheiten

- behandelte Fläche, Recyclingrate, Kronenhöhe in m, Laubwandteilflächenbehandlung
- Bewertung der Pflanzenschutzmittelanwendung durch die Pflanzenschutzdienste der Länder v. a. hinsichtlich der Einhaltung des notwendigen Maßes zum Zeitpunkt der Entscheidung.

Für die Datenaufnahme der Demonstrationsbetriebe verwendeten die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bis Ende 2015 Excel-Schlagkarteien. Diese wurden speziell für das Modellvorhaben entwickelt und mit den Projektpartnerinnen und Projektpartnern abgestimmt. Die ausgefüllten Schlagkarteien wurden von der Projektkoordination zentral gesammelt und ausgewertet. Dafür wurden die eingehenden Datensätze für die Überführung in die Oracle-Datenbank „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ aufbereitet, auf Plausibilität geprüft, Fehler ggf. manuell und nach Rücksprache mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern korrigiert und in die Datenbank eingespeist.

Um eine effektive und weniger Fehler behaftete Erfassung und Verarbeitung der Primärdaten zu ermöglichen, wurde eine Online-Dateneingabemaske für die Demonstrationsbetriebe vom ISIP e. V. entwickelt. Diese wurde seit Januar 2016 von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern für die Datenaufnahme genutzt. Im vorliegenden Abschlussbericht wurden alle in der Oracle-Datenbank vorliegenden Datensätze verwendet.

Parallel zu den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz wurden ausgewählte Datensätze aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) ausgewertet. Die in den Vergleichsbetrieben erhobenen Daten gliedern sich in agronomische Daten und Daten zur Pflanzenschutzmittelanwendung (FREIER et al., 2008; DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Die Vergleichsbetriebe gingen meist mit 3 Flächen/Anlagen pro Betrieb und Jahr in die Auswertung ein.

Zur Bewertung der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben wurden Checklisten erarbeitet (PETERS et al., 2014) und je Produktionsrichtung angepasst und weiterentwickelt. Diese Checklisten basieren auf den JKI-Leitlinien und umfassen sieben Kapitel mit insgesamt 20–22 Anforderungen, u. a. zu den Themen Verwendung von Fachinformationen zum IPS, Fruchtfolgegestaltung, Aussaattermin, Sortenwahl, Förderung natürlicher Regelmechanismen, Verwendung nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen, Schaderregerüberwachung, Nutzung von Entscheidungshilfen sowie die Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln (vgl. Tab. 10). Es konnten maximal 79 Punkte erreicht werden.

Im Jahr 2017 wurde angestrebt, auch die „weichen Faktoren“ des Projektes in der Auswertung mit zu erfassen. Hierfür wurden alle nichtchemischen, biologischen und vorbeugenden Maßnahmen, die in den Betrieben demonstriert wurden, hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Effektivität und Effizienz subjektiv bewertet. Die Einschätzung wurde durch die Landwirtinnen und Landwirte und z. T. durch die sie begleitenden Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer getroffen. Die Bewertung der Praktikabilität erfolgte hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit der jeweiligen Maßnahme und nicht gemäß den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz vom BMEL (ANONYMUS, 2010); dort definiert als: „Praktikabel im Sinne von wirtschaftlich, wirksam und bewährt [...]“). Die Effektivität wurde im Sinne der „Wirksamkeit“ für den Grad der Zielerreichung einer Maßnahme und die Effizienz auf das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand einer Maßnahme bewertet. Nützlingsfördernde Maßnahmen wurden nur im Hinblick auf ihre Praktikabilität bewertet. Die Bewertung erfolgte im Ackerbau und Hopfenanbau jedes Jahr und in den anderen Produktionsrichtungen pauschal je Maßnahme unter Zuhilfenahme einer Skala von 0-9, wobei die Bewertung mit 0 einer ungenügenden Erfüllung der Anforderung und eine Bewertung mit 9 einer sehr guten Erfüllung der Anforderung entsprechen.

4.2. Datenanalyse und Ergebnisdarstellung

Für die Demonstrationsbetriebe und Bundesländer wurde im gesamten Bericht eine anonymisierte Betriebs- und Bundeslandkennung verwendet.

Behandlungsindex

Wie auch bei den Vergleichsbetrieben Pflanzenschutz wurde die **Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln** für jeden Schlag bzw. jede Bewirtschaftungseinheit und Pflanzenschutzmittelkategorie (ohne Rodentizide, Molluskizide und Saatgutbehandlungen) als Behandlungsindex berechnet (FREIER et al., 2015a). Der Behandlungsindex stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittelanwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen dar, wobei bei Tankmischungen und sogenannten Packs jedes Pflanzenschutzmittel gesondert zählt.

Der Behandlungsindex (BI) berechnet sich wie folgt:

$$BI = \frac{\textit{reale Aufwandmenge PSM}}{\textit{maximal zugelassene Aufwandmenge PSM}} \; x \; \frac{\textit{behandelte Fläche}}{\textit{Gesamtfläche}}$$

Die Formel des Behandlungsindexes beinhaltet einen Aufwandmengenkoeffizienten (ausgebrachte Aufwandmenge eines Pflanzenschutzmittels bezogen auf die maximal zugelassene Aufwandmenge) und einen Flächenkoeffizienten (behandelte Fläche bezogen auf die gesamte Fläche). Das Produkt aus beiden ergibt den Behandlungsindex bezogen auf jede Einzelanwendung je Schlag oder Bewirtschaftungseinheit.

Zunächst wurde der BI der DIPS und der VGB für die jeweiligen Schläge/Anlagen als Schlag-/Anlagen-BI berechnet. Darauf aufbauend konnten die Behandlungsindices auf den nächsthöheren Betrachtungsebenen (z. B. Betrieb, Bundesland, Erhebungsregion Ackerbau (ERA) (ROßBERG et al., 2007), Cluster für die regionale Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2019) gemittelt werden. Zur Darstellung der Behandlungsintensitäten wurden Box-Whisker-Plots genutzt.

Zusammenfassung von Betrieben („Regionalisierung“)

Um einerseits datenschutzrechtlichen Anforderungen zu genügen und andererseits die Vergleichbarkeit der ermittelten BI zwischen DIPS und VGB herstellen zu können, war es notwendig, Betriebe die in ähnlichen Regionen liegen, zusammenzufassen.

Im Ackerbau wurden die Demonstrationsbetriebe, die z. T. in unterschiedlichen ERA lagen, auf Bundeslandebene zusammengefasst. Diesen wurde die Grundgesamtheit aller Vergleichsbetriebe derselben ERA, die in diesem Bundesland lagen, gegenübergestellt. Ein Bundesland ist zwar hinsichtlich vieler wichtiger befallsbestimmender Faktoren im Vergleich zu den ERA oder den CEPI nicht als einheitliches Gebiet zu sehen, es bestehen aber dennoch zwischen vielen Betrieben eines Bundeslandes Gemeinsamkeiten hinsichtlich der pflanzenschutzrelevanten Standortfaktoren. In Voranalysen konnten für die Pflanzenschutzmittelkategorien (Behandlungsindex gesamt, Fungizide, Herbizide, Insektizide, Wachstumsregler) in den Demonstrationskulturen zwischen den Bundesländern hoch signifikante Unterschiede (Tuckey-Test $\alpha=0,05$, $p<0,0001$) ermittelt werden.

In den anderen Produktionsbereichen wurden funktionale Zusammenschlüsse gebildet, die sich aus der Zusammenfassung einzelner Anbaugebiete ergeben und im Folgenden DIPS-Regionen genannt werden. Diese DIPS-Regionen bilden einen Betrachtungszusammenschluss, ohne den Anspruch einer Aussagekraft für geografische Regionen, Bundesländer oder für Deutschland insgesamt zu erheben.

Die Vergleichbarkeit der Demonstrationsbetriebe mit den Betrieben des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz fällt aufgrund des regionalen Zusammenschlusses, der nicht immer garantiert, dass die Betriebe in kleinräumig vergleichbaren Regionen liegen und der geringen Stichprobenanzahl der Betriebe innerhalb der Regionen dennoch schwer und erhebt deshalb keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit.

Im **Ackerbau** wurden Analysen für sieben Bundesländer durchgeführt (Tab. 3).

Tab. 3. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Ackerbau je Bundesland

Bundesland	**n DIPS**	**n VGB**
Bundesland A	5	3-5
Bundesland B	3	3
Bundesland C	5	20-31
Bundesland D	3	3
Bundesland E	5	5
Bundesland F	3	1
Bundesland G	3	3

Die Aussaattermine wurden nach Angaben der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer unter Mithilfe der Offizialberatung regionalbezogen für die „Erhebungsregionen Ackerbau“ in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in „sehr früh“, „früh“, „normal“ und „spät“ eingeteilt (Tab. 4).

Tab. 4. Aussaatkategorien in den Erhebungsregionen Ackerbau ERA für Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Demonstrationsbetrieben

ERA	**Aussaatkategorien**			
	sehr früh	**früh**	**normal**	**spät**
Winterweizen				
1014	.	< 19.09.	20.09. - 31.10.	> 31.10.
1018	.	< 19.09.	20.09. - 15.10.	> 15.10.
1002	< 10.09.	10.09. - 19.09.	20.09. - 05.10.	> 05.10.
1004	< 20.09.	20.09. - 30.09.	01.10. - 15.10.	> 15.10.
1007	< 20.09.	20.09. - 30.09.	01.10. - 15.10.	> 15.10.
1003	< 10.10.	10.10. - 14.10.	15.10. - 05.11.	> 05.11.
1009	< 10.10.	10.10. - 14.10.	15.10. - 10.11.	> 10.11.
1010	< 10.10.	10.10. - 14.10.	15.10. - 05.11.	> 05.11.
1013	< 10.10.	10.10. - 14.10.	15.10. - 05.11.	> 05.11.
1001	< 10.09.	10.09. - 24.09.	25.09. - 10.10.	> 10.10.
1008	< 15.09.	16.09. - 25.09.	26.09. - 10.10.	> 10.10.
1012	< 15.09.	16.09. - 25.09.	26.09. - 10.10.	> 10.10.
1008	< 15.09.	15.09. - 30.09.	01.10. - 15.10.	> 15.10.
1011	< 15.09.	15.09. - 30.09.	01.10. - 15.10.	> 15.10.
1012	< 10.09.	10.09. - 25.09.	26.09. - 10.10.	> 10.10.
Wintergerste				
1014	< 08.09.	09.09. - 16.09.	17.09. - 29.09.	> 29.09.
1018	< 08.09.	09.09. - 16.09.	17.09. - 29.09.	> 29.09.
1002	.	< 10.09.	10.09. - 25 10.	> 25.09.
1004	.	< 23.09.	23.09. - 30.09.	> 30.09.
1007	.	< 23.09.	23.09. - 30.09.	> 30.09.
1003	.	< 23.09.	23.09. - 03.10.	> 03.10.
1009	.	< 25.09.	25.09. - 05.10.	> 05.10.
1010	.	< 23.09.	23.09. - 03.10.	> 03.10.
1013	.	< 23.09.	23.09. - 03.10.	> 03.10.
1001	< 10.09.	10.09. - 15.09.	16.09. - 05.10.	> 05.10.
1008	< 15.09.	16.09. - 25.09.	26.09. - 10.10.	> 11.10.
1012	< 15.09.	16.09. - 25.09.	26.09. - 10.10.	> 11.10.

ERA	Aussaatkategorien			
	sehr früh	früh	normal	spät
1008	.	< 15.09.	15.09. - 30.09.	> 30.09.
1011	.	< 15.09.	15.09. - 30.09.	> 30.09.
1012	.	< 10.09.	10.09. - 25.09.	> 25.09.
Winterraps				
1014	.	< 20.08.	21.08. - 31.08.	> 31.08.
1018	.	< 20.08.	21.08. - 31.08.	> 31.08.
1002	.	< 15.08.	15.08. - 30.08.	> 30.08.
1004	.	< 25.08.	25.08. - 31.08.	> 31.08.
1007	.	< 25.08.	25.08. - 31.08.	> 31.08.
1003	.	< 16.08.	16.08. - 31.08.	> 31.08.
1009	.	< 21.08.	21.08. - 30.08.	> 30.08.
1010	.	< 18.08.	18.08. - 30.08.	> 30.08.
1013	.	< 18.08.	18.08. - 30.08.	> 30.08.
1001	< 10.08.	10.08. - 15.08.	16.08. - 25.08.	> 25.08.
1008	.	< 16.08.	17.08. - 25.08.	> 25.08.
1012	.	< 16.08.	17.08. - 25.08.	> 25.08.
1008	.	< 15.08.	15.08. - 30.08.	> 30.08.
1011	.	< 15.08.	15.08. - 30.08.	> 30.08.
1012	.	< 10.08.	10.08. - 25.08.	> 25.08.

Im **Apfelanbau** wurden zwei DIPS-Regionen gebildet: Südwest (Bundesländer A, B) und Altes Land (Bundesländer C, D, Tab. 5).

Tab. 5. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau je DIPS-Region und Erhebungsregion (ERH)

DIPS-Region	ERH	n DIPS	n VGB
Südwest	1	3	2
	2	4	2
	3	1	1
	4	2	1
Altes Land	6	3	2-3

Im **Weinbau** wurde eine DIPS-Region gebildet: Wein (Bundesländer A, B, C, Tab. 6).

Tab. 6. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau je DIPS-Region und Erhebungsregion (ERH)

DIPS-Region	ERH	n DIPS	n VGB
Wein	2	2	6
	7	1	3
	8	3	3
	9	3	3
	10	3	3

Im **Hopfenanbau** wurde eine DIPS-Region gebildet: Hopfen (Bundesland A, Tab. 7).

Tab. 7. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau je DIPS-Region

DIPS-Region	n DIPS	n VGB
Hopfen	5	3

Tab. 8. Anzahl n der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Gemüsebau je Bundesland

	Bundesland	n DIPS	n VGB
Möhren	Bundesland A	4	3-9
	Bundesland B	1	4-6
Kohlanbau	Bundesland A	3	3-8
	Bundesland B	2	4-7

Im **Gemüsebau** wurden für die Kultur Möhren Aussaatklassen in Absprache mit den Pflanzenschutzdiensten der Länder gebildet (Tab. 8). Die Auswertung der Behandlungsintensitäten erfolgte für Möhren pro Jahr und Aussaatklasse (Gesamt-BI) und für den Kohlanbau nach Anbauregion bzw. Bundesland und Pflanzkategorie (Tab. 9).

Tab. 9. Einteilung der Aussaatklassen/Pflanzkategorien in den Demonstrationsbetrieben für Möhren- und Kohlanbau nach Erhebungsregion (ERH)

	ERH	Aussaatklasse/ Pflanzkategorie	von	bis
Möhren	1003, 1009, 1010	früh		15.03.
		mittel	16.03.	15.04.
		spät	16.04.	
	1014	früh		22.03.
		mittel	23.03.	06.05.
		spät	07.05.	
Kohlanbau	1001	früh		15.04.
		mittel	16.04.	15.05.
		spät	16.05.	
	1003, 1009, 1010	früh		31.03.
		mittel	01.04.	30.04.
		spät	01.05.	

Vorbeugende, biologische und nichtchemische Verfahren

Die Bewertung der umgesetzten nichtchemischen, biologischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen wurde mithilfe von Netzdiagrammen veranschaulicht. Im Ackerbau sind die minimale Punktzahl, die maximale Punktzahl sowie der Mittelwert abgebildet; in den anderen Produktionsrichtungen jeweils der Mittelwert der Bewertungen.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Aussaatklassen und Sortenresistenzen wurden ggf. mittels Säulendiagrammen dargestellt.

Monitoring

Um den zeitlichen Aufwand für die Schaderregerüberwachung je Produktionsrichtung zu ermitteln, wurde die durchschnittliche Boniturzeit, die die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer zur Kontrolle der Schaderregergruppen (Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter) je Demonstrationsfläche benötigt hat, in Minuten und Tagen erfasst. Dabei ging lediglich die Boniturzeit auf den besuchten Flächen ein, nicht jedoch Laboruntersuchungen, die Ausbringung von Fallen, Abschlussbonituren oder die Anfahrtszeit zum Feld. Außerdem wurde die Anzahl Boniturtage gesamt je Produktionsrichtung ermittelt, da je Boniturtag in der Regel mehrere Schaderregergruppen bonitiert wurden.

Entscheidungsgrundlagen

Alle Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen wurden mit bis zu drei Entscheidungsgrundlagen hinterlegt, die durch den Pflanzenschutzverantwortlichen eines Betriebes für die Entscheidungsfindung über eine Pflanzenschutzmaßnahme herangezogen wurden. Folgende Entscheidungsgrundlagen wurden erfasst: Monitoring Projektbetreuung (z. B. Bonitur, Feldbegehung, Becherfallen, Farbtafeln, Gelbschalen), Monitoring Betrieb, Beratung PSD/Warndienst, Beratung Handel, Beratung privat, Prognosemodell, Routine, Erfahrung. Die Anteile der genannten Entscheidungsgrundlagen wurden jahresweise relativ in Säulendiagrammen veranschaulicht.

Checklisten

Die Darstellung der Checklistenergebnisse erfolgte ebenfalls mittels Säulendiagrammen. Die farblich unterschiedlichen Säulenabschnitte bilden den Grad der Erfüllung der einzelnen Checklistenanforderungen ab (Abschnitt A bis G). Die maximal zu erreichende Punktzahl beträgt 79 (im Gemüsebau 77). Die nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht zu den in den einzelnen Checklistenabschnitten enthaltenen Zielvorgaben (Tab. 10).

Tab. 10. Legende der Säulendiagramme zur Ergebnisdarstellung der Checklistenbewertungen

G	**Sorgfaltspflicht beim Umgang mit PSM**
	Sorgfaltspflicht beim Umgang mit PSM (Anwenderschutz, Reinigung PS-Geräte, Entsorgung PSM, Lagerung PSM)
F	**Erfolgskontrollen & Dokumentation**
	Kontrolle der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen
	Dokumentation von Befallsermittlungen/Pflanzenschutzmaßnahmen
E	**Anwendung nicht-chemischer & chemischer PS-Maßnahmen**
	Umsetzung von Nicht-chemischen Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen
	Mittelwahl
	Einhaltung des Notwendigen Maßes
	Umsetzung von Resistenzvermeidungsstrategien
	Pflanzenschutztechnik
D	**Befallsermittlung & Nutzung, Entscheidungshilfen**
	Umsetzung von Befallskontrollen
	Anwendung von Bekämpfungsschwellen und anderen anerkannten Entscheidungshilfen
C	**Förderung & Nutzung natürlicher Regelmechanismen**
	Schonung und Förderung von Nützlingen
	Förderung und Schonung von Strukturelementen und Kleinstrukturen
	Mitwirkung an Agrarumweltprogrammen, die zum IPS beitragen
B	**Befallsvorbeugung**
	Fruchtfolgegestaltung
	Bodenbearbeitung
	Aussaat
	Sortenwahl
	Düngung und Bewässerung
A	**Ganzheitliches Vorgehen**
	Umsetzung der JKI-Leitlinien
	Bereitstellung von Fachinformationen, -veranstaltungen und Weiterbildung
	Nutzung von Fachinformationen, Fach- und Weiterbildungsveranstaltungen

SYNOPS-GIS Risikobewertung

Das von den Pflanzenschutzmittelanwendungen ausgehende Umweltrisiko wurde mit SYNOPS-GIS berechnet. Die Auswertung erfolgte für die Produktionsrichtungen Ackerbau, Weinbau, Apfel- und Hopfenanbau. Die der Berechnung zugrundeliegende Methodik folgt der in den Auswertungen des „Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ beschriebenen Vorgehensweise (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Abweichend zur Methodik des „Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ wurden die Demonstrationsbetriebe Ackerbau auf der Ebene der jeweiligen Bundesländer A-G mit den je Bundesland und der jeweiligen Erhebungsregion Ackerbau zugeordneten Vergleichsbetrieben zusammengefasst. In den anderen Produktionsrichtungen wurden die Demonstrations- und Vergleichsbetriebe auf Ebene der DIPS-Regionen ausgewertet.

Statistik

Die statistischen Untersuchungen wurden mit der Software SAS 9.4 vorgenommen. Eine Übersicht über die Datenlage gab die beschreibende Statistik mit der Prozedur MEANS. Um die Untersuchung einzelner Einflussgrößen auf den Behandlungsindex zu identifizieren, wurde die Modellwahl mit der Prozedur HPGENSELECT durchgeführt. Diese listete die am stärksten wirkenden Einflussfaktoren (z. B. Betrieb, Bundesland, CEPI, Vorfruchtgruppe, Aussaatzeitpunkt, Sorte, Grundbodenbearbeitung, Ackerzahl, Schlag- und Betriebsgröße) unter Einbeziehung aller möglichen Interaktionen. Am geeignetsten war das statistische Modell mit dem niedrigsten AIC-Wert. Das AIC (Akaikes Informationskriterium) ist ein häufig eingesetztes Verfahren zur Modellwahl. Die Grenzen der Interpretierbarkeit werden mit Faktorinteraktionen >2 erreicht. In diesen Fällen waren die Stichprobenumfänge je Faktorkombination häufig so gering, dass deren Aussagen nicht statistisch abgesichert werden konnten. Aus diesen Gründen wurden einfaktorielle und mehrfaktorielle Einflüsse mit max. 2-fachen Faktorinteraktionen untersucht. Die Interaktion zweier Faktoren bedeutet, dass die Faktoren in komplexer Weise zusammenwirken. Dies ist nicht rein additiv zu verstehen. Vielmehr hängt die Wirkung eines Faktors von der Ausprägung des anderen Faktors ab und umgekehrt. Die mehrfaktorielle ANOVA (Varianzanalyse) der detektierten Einflussfaktoren auf die Behandlungsintensitäten wurde mit der Prozedur GLIMMIX (Generalisierte Lineare Gemischte Modelle) unter der detaillierten Berechnung der Freiheitsgrade nach Kenward Rogers und dem Tukey-Test zum Signifikanzniveau α=5 % durchgeführt. Der Mittelwertvergleich der Behandlungsintensitäten zwischen den Demonstrationsbetrieben und den Vergleichsbetrieben wurde mit der Prozedur GLIMMIX und Tukey-Test (α=0,05) mittels eines Makros nach PIEPHO (2004, 2012) durchgeführt. Die Box-Whisker-Plots stellen die Verteilung der Behandlungsindices in Abhängigkeit der jeweiligen Einflussfaktoren dar. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (α=0,05).

5. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Ackerbau

Zwischen 2012 und 2018 engagierten sich 27 Ackerbaubetriebe in sieben Bundesländern im Projekt. Die Projektteilnahme erfolgte nicht für alle Betriebe zeitgleich, sondern überschnitt sich in drei Phasen. Es nahmen fünf Betriebe in einem Bundesland zwischen 2012 und 2016, 13 Betriebe aus drei Bundesländern von 2013 bis 2017 und neun Betriebe aus drei Bundesländern zwischen 2014 und 2018 am Projekt teil (Anl. 1). Die Betriebe wirtschafteten in repräsentativen Ackerbauregionen Deutschlands. Sie wiesen eine hohe Diversität an Betriebs- und Rechtsformen, Betriebs- und Schlaggrößen, an natürlichen Produktionsfaktoren und im Kulturartenspektrum auf. Näheres findet sich in der Broschüre der am Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ beteiligten Betriebe: Broschüre: "Die Betriebe aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben stellen sich vor".

5.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen

5.1.1. Anwendung vorbeugender Maßnahmen

Vorbeugende Maßnahmen im Ackerbau bestehen aus ineinander verzahnten ackerbaulichen Maßnahmen, die dazu dienen, potentielles Schaderregerauftreten zu unterdrücken. Speziell sind damit auf den Standort ausgerichtete ausgewogene Fruchtfolgen, die Auswahl geeigneter Verfahren der Grundbodenbearbeitung (gepflügt, pfluglos), der Anbau von weitestgehend gegen die am Standort auftretenden Krankheiten resistenten Sorten, die zu möglichst optimalen Aussaatfenstern in angepasster Aussaatstärke gedrillt werden, gemeint. Die für das Projekt den Rahmen im Sinne des IPS bildenden Leitplanken sind in der JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ (FREIER et al., 2014a) definiert. Im Ackerbau werden die vorbeugenden Maßnahmen in den 27 Demonstrationsbetrieben der Bundesländer (BL) A, B, C, D, E, F und G vorgestellt. Die Saatzeiten und die Anpassung des Sortenspektrums wurden bundeslandweise ausgewertet, die Darstellung der Fruchtfolgen und der Bodenbearbeitung erfolgt zusammenfassend für den gesamten Produktionsbereich Ackerbau.

In Bezug auf die Auswertung der Aussaatkorridore und des Sortenspektrums der Demonstrationsschläge sei darauf hingewiesen, dass nicht unbedingt auf die betrieblichen Arbeitsweisen und Entwicklungen im Projekt rückgeschlossen werden kann, da bei der Wahl der hier betrachteten Demonstrationsschläge in den Bundesländern unterschiedlich verfahren wurde. So standen sich vier Strategien zur Bestimmung der Demonstrationsschläge gegenüber. Zum einen erfolgte die Auswahl der Schläge mit dem Ziel, das Sortenspektrum und die Aussaatklassen im Betrieb zu repräsentieren (Bundesländer A, C, E). Die Schläge der Betriebe in Bundesland D wurden zufällig ausgewählt und in den Bundesländern B und F wurden die Demonstrationsschläge nach dem Anbau von Sorten unterschiedlicher Resistenzklassen (resistent, mäßig resistent, anfällig) und nach unterschiedlichen Aussaatklassen (früh, normal, spät) herangezogen, um diesbezügliche fachliche Fragestellungen bearbeiten zu können. Bundesland G hingegen wählte die Demonstrationsschläge im Hinblick auf die Repräsentation regionaler, nicht-betrieblicher Gegebenheiten aus.

5.1.2. Fruchtfolgen

Im Folgenden wird die Fruchtfolgegestaltung der Demonstrationsbetriebe als zentrales Element im Ackerbau dargestellt. Zentral daher, da durch vielfältige, auf den Standort abgestimmte Fruchtfolgen die Ertragsfähigkeit der Böden erhalten, durch die Vermeidung von „grünen Brücken“ die Zyklen von Krankheiten und Schädlingen unterbrochen und dadurch Pflanzenschutzmittelanwendungen reduziert werden können. Da der Vorfrucht eine größere Bedeutung auf die Ertragsleistung und -stabilität sowie der Hygiene zukommt, wird in diesem Kapitel nur auf diesen Aspekt der Fruchtfolge eingegangen.

Die Demonstrationsbetriebe aus den Bundesländern A, B, C, D, E, F und G arbeiteten bereits vor Projektstart mit weitestgehend marktorientierten klassischen Winterraps-Fruchtfolgen, ausgenommen einzelner Betriebe, die weite Rotationen von 6 bis 12 Fruchtfolgegliedern aufwiesen. Die Fruchtfolgen sind kurzfristig schwer anzupassen, da mehr betriebswirtschaftliche als ackerbauliche oder phytosanitäre Aspekte in die Gestaltung der Rotation einfließen.

Winterweizen

Vor Winterweizen standen die typischen Vorfrüchte Winterraps (34-60 %), Blattfrüchte wie Kartoffeln oder Zuckerrüben (22 bzw. 32 %) und Mais (4-20 %). Der Anteil Wintergetreidearten war mit 6-23 % verhältnismäßig gering (Tab. 11). Die Vorzüglichkeit der Blattvorfrüchte (Winterraps, Erbsen u. a.) erklärt sich aus der besonderen Ertragsstabilität im Vergleich zu Weizen nach Wintergetreide, speziell der Selbstfolge von Winterweizen (CHRISTEN, 2001), besonders in Verbindung mit konservierender Bodenbearbeitung (KRUPINSKY et al., 2002). Hinzu kommen die gute Bearbeitbarkeit des Bodens bei geringen Kosten und die lange Spanne (ausgenommen der Vorfrucht Zuckerrübe) zwischen Ernte und Wiederbestellung, die eine gute Einarbeitung des Strohs als auch die mechanische Unterbrechung der „grünen Brücke“ begünstigt.

Tab. 11. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Winterweizen in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 2010-2018 (Vorherjahre, Demonstrationsflächen der Projektjahre)

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Vorfruchtgruppe	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Blattfrucht	25	31	26	20	20	29	26	22	28	27	32
Mais		9	11	20	7	4	6	8	7	6	7
Sommergetreide		2	5	3		2			1		4
Wintergetreide		15	15	23	13	6	14	14	14	19	11
Winterraps	35	43	42	34	60	59	54	56	50	48	46
Unbekannt	40		1								

Wintergerste

Typische Vorfrüchte der Wintergerste waren Wintergetreidearten (47-71 %) wie Winterweizen oder Winterroggen (Tab. 12).

Tab. 12. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Wintergerste in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau 2010-2018 (Vorherjahre, Demonstrationsflächen der Projektjahre)

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Vorfruchtgruppe	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Blattfrucht		8	13	12	7	11	12	10	14	13	17
Mais		4	11			7	7	5	8	12	4
Sommergetreide			5		7	5	3	3		10	9
Wintergetreide	47	76	49	60	57	64	61	70	71	49	57
Winterraps	11	12	22	28	29	13	17	12	7	16	13
Unbekannt	42										

Andere Vorfruchtgruppen traten nur in geringem Umfang auf. Trotz der Vorteile von Blattfrüchten (inklusive Winterraps) oder Hafer als Vorfrucht (CHRISTEN, 2001), kamen diese in den DIPS im Vergleich zum Winterweizen nur untergeordnet vor (21-40 %). Als Ursachen für typische Fruchtfolgen, wie Winterraps-Winterweizen-Wintergerste, sind agronomische und wirtschaftliche Vorteile von Winterweizen als Nachfrucht einer Blattfrucht zu sehen.

Winterraps

Der Winterraps wird in Abhängigkeit von der Anbauregion ab dem 15. August gesät. Dies bedingt den Anbau einer frühräumenden Fruchtart als Vorfrucht (Tab. 13). In der Regel waren dies in den DIPS Wintergetreidearten (55-96 %), hauptsächlich Wintergerste, aber auch frühreifer Winterweizen und Sommergetreide (7-26 %). Einen geringen Anteil der Vorfrüchte des Winterrapses von 1-7 % bildete die Gräservermehrung. Blattfrüchte aus der Familie der Kohlgewächse wurden in den DIPS als Vorfrucht zu Winterraps aus phytopathologischer Sicht (JOHANSSON et al., 2006) nicht angebaut.

Tab. 13. Prozentualer Anteil Flächen der Vorfruchtgruppen zu Winterraps in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau

	2010	2011	2012	2013	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vorfruchtgruppe	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Blattfrucht			2						3	2	
Gräser	5	7	2			6	1		1		
Sommergetreide		9	17	7	14	23	4	4	4	8	26
Wintergetreide	55	82	79	93	86	71	95	96	92	90	74
Unbekannt	40	2									

Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex

In Tab. 14 ist der Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex in Winterweizen in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Tab. 14. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (p<0,05) zwischen den Vorfruchtgruppen

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
Vorfruchtgruppe	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**
Herbizide												
Blattfrucht	45	1,5	0,6	B	105	1,5	0,7	B	22	1,4	0,7	A
Mais	18	1,6	0,9	AB	26	1,4	0,7	B	14	1,4	0,8	A
Sommergetreide	5	2	0,8	AB	3	1,9	0,9	AB	.	.	.	.
Wintergetreide	25	2	0,8	A	53	2,2	1,0	A	14	2,1	0,9	A
Winterraps	68	2,1	0,7	A	210	2	0,7	A	53	2	0,8	A
Fungizide												
Blattfrucht	45	1,9	0,7	A	104	2,1	0,8	A	22	2,2	0,8	A
Mais	18	2,3	0,6	A	26	2,2	0,7	A	14	2,4	0,6	A
Sommergetreide	5	2,3	1,1	A	3	2,6	1,1	A	.	.	.	.
Wintergetreide	25	2,2	0,7	A	53	2,5	1,0	A	14	2,7	1,2	A
Winterraps	68	2,2	1	A	210	2,2	0,9	A	53	2,3	0,8	A
Insektizide												
Blattfrucht	45	0,8	0,7	A	105	0,5	0,7	A	22	0,7	0,9	A
Mais	18	0,7	0,5	A	26	0,6	0,6	A	14	1	0,8	A
Sommergetreide	5	0,9	0,6	A	3	1,1	0,9	A	.	.	.	.
Wintergetreide	25	1,1	0,4	A	53	0,8	0,9	A	14	0,8	0,9	A
Winterraps	68	0,9	0,6	A	210	0,6	0,7	A	53	0,6	0,7	A
Wachstumsregler												
Blattfrucht	45	0,8	0,4	A	105	0,7	0,5	B	22	0,6	0,4	B
Mais	18	0,8	0,6	A	26	0,9	0,5	AB	14	1,1	0,6	A
Sommergetreide	5	1,3	0,9	A	3	1,9	0,5	A	.	.	.	.
Wintergetreide	25	1,2	0,6	A	53	1,3	0,7	A	14	1,3	0,8	A
Winterraps	68	1	0,6	A	210	1,1	0,6	A	53	1	0,5	A

Die Herbizidanwendungen auf den Demonstrationsschlägen unterschieden sich zum Teil signifikant zwischen den Vorfruchtgruppen in der Folge Winterraps, Wintergetreide, (Sommergetreide) > Blattfrucht, Mais. Dieses Bild wurde weitestgehend auch auf den Schlägen der Vorherjahre und der Restschläge sichtbar. Als Ursache kann der frühere Erntezeitpunkt von Wintergetreide und -raps und der damit verbundenen längeren Zeit des Auflaufens für Begleitkräuter bis zur Aussaat der Folgefrucht (Winterweizen) angeführt werden. Dadurch wurden teilweise im

Vorauflauf Totalherbizide ausgebracht. Weiterhin spielt die Vermehrung von Leitunkräutern in Fruchtfolgen mit erhöhtem Getreideanteil und den damit verbundenen zusätzlichen Herbizidanwendungen schon im Herbst eine Rolle.

Tab. 15. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Wintergerste in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (p<0,05) zwischen den Vorfruchtgruppen

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
Vorfruchtgruppe	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**
Herbizide												
Blattfrucht	13	1,9	0,9	A	42	1,7	0,7	AB	8,0	1,9	0,6	A
Mais	7	1,3	0,4	A	24	1,4	0,6	B	2,0	1,5	0	A
Sommergetreide	2	2,1	0,5	A	14	1,3	0,6	B	5,0	1,6	0,6	A
Wintergetreide	85	1,8	0,9	A	216	1,7	0,6	B	47	1,7	0,6	A
Winterraps	25	2,1	0,9	A	46	2,0	0,8	A	16	2,2	0,9	A
Fungizide												
Blattfrucht	13	0,9	0,3	B	42	1	0,8	B	8,0	0,9	0,4	B
Mais	7	0,8	0,2	B	24	0,9	0,7	B	2,0	0,5	0,7	B
Sommergetreide	2	1,2	0,5	AB	14	1,5	0,6	AB	5,0	1,6	0,2	AB
Wintergetreide	85	1,3	0,5	B	216	1,4	0,4	A	47	1,4	0,5	AB
Winterraps	25	1,7	0,3	A	46	1,8	0,9	A	16	1,7	0,7	A
Insektizide												
Blattfrucht	13	0,2	0,4	B	42	0,5	0,6	A	8,0	0,7	0,6	A
Mais	7	0,4	0,5	AB	24	0,5	0,5	A	2	0	0	A
Sommergetreide	2	0,5	0,7	AB	14	0,4	0,5	A	5,0	0,8	0,8	A
Wintergetreide	85	0,4	0,6	AB	216	0,5	0,6	A	47	0,5	0,6	A
Winterraps	25	0,5	0,5	B	46	0,5	0,5	A	16	0,4	0,5	A
Wachstumsregler												
Blattfrucht	13	0,3	0,2	C	42	0,7	0,5	B	8,0	0,9	0,5	A
Mais	7	0,4	0,2	BC	24	0,8	0,3	AB	2,0	0,6	0,8	A
Sommergetreide	2	0,6	0,4	ABC	14	0,8	0,4	AB	5,0	0,8	0,6	A
Wintergetreide	85	1	0,6	A	216	1,0	0,4	A	47	0,9	0,4	A
Winterraps	25	0,8	0,4	AB	46	1,1	0,5	A	16	1,3	0,4	A

Bei den Fungizidanwendungen zeigten sich auf den Projektschlägen tendenziell geringere Behandlungsintensitäten nach Blattfrüchten, Mais und Winterraps als nach Sommer- und Wintergetreide, da sich der Befallsdruck durch die Hauptpathogene des Weizens in Getreidefruchtfolgen insbesondere bei Weizenanbau in Selbstfolge potenzieren kann (v. a. *Fusarium* ssp., *Gaeumanomyces graminis*, *Drechslera tritici-repentis*). In den Jahren vor dem Projekt und auf den Restschlägen trat dieses Bild nicht so deutlich zutage. Hierfür können das intensive Monitoring und die damit einhergehende Beratung durch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer als Ursachen angeführt werden.

Auch bei den Anwendungen der Insektizide zeigten sich vor allem auf den Projektschlägen und auf den Schlägen der Jahre vor Projektbeginn geringere Intensitäten nach Blattfrüchten und Winterraps als nach Getreideanbau. Hier kann die Vermehrung der Getreideschädlinge, vor allem der Virusvektoren im Herbst in getreidebetonten Fruchtfolgen, als Ursache eine Rolle spielen.

Die Betrachtung der Wachstumsreglergaben zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Vorfruchtgruppen in der Folge Sommer-, Wintergetreide, Winterraps > Mais > Blattfrüchte. Vermutlich sind dafür mehrere Faktoren verantwortlich. Zum einen können die Betriebe nach Getreide und Raps den Winterweizen früher bestellen, was eine schnelle Entwicklung, vor allem in Jahren mit langer Vegetationsphase nach sich zieht, der man dann im Folgejahr begegnet ist. Zum anderen hinterlässt Winterraps eine hohe Menge an Ernteresten und demzufolge an pflanzenverfügbarem Stickstoff in der Folgevegetation, dessen Wirkung man dann unter Umständen entgegenwirken muss.

In Vorauflauf Totalherbizide ausgebracht. Weiterhin spielt die Vermehrung von Leitunkräutern in Fruchtfolgen mit erhöhtem Getreideanteil und den damit verbundenen zusätzlichen Herbizidanwendungen schon im Herbst eine Rolle.

Tab. 15 ist der Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex in Wintergerste in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Die Herbizidanwendungen auf den Demonstrationsschlägen unterschieden sich signifikant zwischen den Vorfruchtgruppen in der Folge Winterraps, Wintergetreide > Sommergetreide > Blattfrucht, Mais. Die Gründe dafür entsprechen denen beim Winterweizen.

Auch die Anwendungen der Fungizide unterschieden sich signifikant in der Folge Winterraps, Wintergetreide, Sommergetreide > Blattfrucht, Mais. Hierfür sind auch die für Winterweizen herangeführten Zusammenhänge gültig.

Hinsichtlich der Anwendung von Wachstumsreglern zeigten sich Unterschiede in der Folge Winterraps, -getreide (signifikant) > Sommergetreide, Mais (nicht signifikant) > Blattfrüchte (signifikant). Auch hier gelten die Zusammenhänge analog zum Winterweizen.

In Tab. 16 ist der Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex in Winterraps in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Für Winterraps können keine Abhängigkeiten der einzelnen Pflanzenschutzmittelkategorien von der Vorfruchtgruppe abgebildet werden. Dies wird vermutlich durch den ungleichen Stichprobenumfang mit starker Tendenz zu den Wintergetreiden hervorgerufen.

Tab. 16. Einfluss der Vorfrucht auf den Behandlungsindex von Winterraps in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen 2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Vorfruchtgruppen (p<0,05)

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
Vorfruchtgruppe	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**
Herbizide												
Blattfrucht	1	1,3	.	.	3,0	2,0	0,4	A	2,0	2,7	1,0	A
Gräser	6	2,4	1,4	A	5,0	2,9	1,7	A	2,0	4,3	1,1	A
Sommergetreide	17	1,9	0,8	A	33	2,3	1,1	A	9,0	2,5	0,9	A
Wintergetreide	131	2,0	0,7	A	338	2,2	0,9	A	72	2,5	1,0	A
Fungizide												
Blattfrucht	1	1,3	.	.	3,0	0,9	0,1	A	2,0	1,1	0,1	A
Gräser	6,0	0,8	0,1	A	5,0	0,7	0,4	A	2,0	0,5	0,7	A
Sommergetreide	17	0,8	0,4	A	33	0,8	0,5	A	9,0	0,8	0,4	A
Wintergetreide	131	0,9	0,4	A	338	0,9	0,3	A	72	0,9	0,3	A
Insektizide												
Blattfrucht	1	4,0	.	.	3,0	2,1	1,7	A	2,0	2,8	1,2	A
Gräser	6	2,5	0,4	A	5,0	1,2	1,1	A	2,0	1,5	0,7	A
Sommergetreide	17	2,1	1,0	A	33	2,2	0,8	A	9,0	2,1	1,0	A
Wintergetreide	131	2,9	1,0	A	338	2,2	1,4	A	72	2,6	1,4	A
Wachstumsregler												
Blattfrucht	1	1,0	.	.	3,0	0,8	0,6	A	2,0	1,0	0,2	A
Gräser	6	0,7	0,4	A	5,0	1,3	0,6	A	2,0	0,8	0,3	A
Sommergetreide	17	0,9	0,7	A	33	1,0	0,5	A	9,0	0,8	0,6	A
Wintergetreides	131	1,2	0,6	A	338	1,0	0,6	A	72	1,1	0,6	A

5.1.3. Bodenbearbeitung

Die pfluglose Grundbodenbearbeitung besitzt gegenüber der Grundbodenbearbeitung mit Pflug einige Vorteile, doch kann man diese nicht pauschal gegeneinander abwägen, da die Bodenbearbeitung von vielen Faktoren wie der Bodenart, der Vorfrucht, dem Zeitpunkt der Bodenbearbeitung, der Zeit bis zur folgenden Aussaat, der zur Verfügung stehenden Technik und der Witterung beeinflusst wird. So liegt dennoch der Vorteil der konservierenden Grundbodenbearbeitung in der Entzerrung von Arbeitsspitzen, vor allem in getreidebetonten Fruchtfolgen, und der Verringerung des Arbeitskraftbedarfs. Weiterhin bestehen Vorteile für die Biodiversität und den Gewässerschutz sowie die Verminderung der Bodenerosion, da langjährig pfluglos bestellte Böden ein größeres Bodenleben aufweisen, das einen höheren Anteil an stabilen Grobporen produziert und damit die Infiltration des Oberflächenwassers mit Düngemitteln und Pflanzenschutzmittelrückständen verbessert (BISCHOFF et al., 2010). Andererseits, und das ist aus Sicht des Pflanzenschutzes interessant, verbleiben infektiöse Ernterückstände oberflächennah, was zu einem erhöhten Infektionsdruck mit den Getreidekrankheiten *Fusarium* spp.*, Pyrenophora (Drechslera) tritici-repentis* und *Septoria tritici* (KRUPINSKY et al., 2002) führen kann. Und weiterhin das Auftreten und

die Vermehrung problematischer Ackerungräser (Gemeiner Windhalm, Ackerfuchsschwanz, Trespen, Gemeine Quecke), von Wurzelunkräutern, Ausfallgetreide und Schädlingen, wie Mäusen und Ackerschnecken, begünstigt (GEHRING et al, 2012). Dies führt zu höheren Pflanzenschutzmittelanwendungen, besonders der Herbizide (FREIER et al., 2015a; DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018).

Winterweizen

Die pfluglose Grundbodenbearbeitung war mit einem Anteil von 65-81 % wie zu erwarten das dominierende Verfahren in Winterweizen (Tab. 17). Dieses Verhältnis unterlag keiner Veränderung und bedingt sich aus den vorher erwähnten Vorteilen der pfluglosen Bodenbearbeitung und dadurch, dass die Blattfrüchte und Winterraps zu ca. 2/3 die Vorfrüchte des Winterweizens waren, deren tiefe Einarbeitung nicht notwendigerweise erfolgen muss.

Tab. 17. Prozentualer Anteil Flächen mit Grundbodenbearbeitung zu Winterweizen in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau

	2010	2011	2012	2013	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Grundbodenbearbeitung	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Gepflügt	15	22	16	30	33	22	25	22	25	19	29
Pfluglos	65	69	76	70	67	78	75	78	75	81	71
Unbekannt	20	9	8								

In Tab. 17 ist der Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf den Behandlungsindex in Winterweizen in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Es konnte kein signifikanter Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die BI der **Herbizide** festgestellt werden, jedoch wurden auf den gepflügten Schlägen tendenziell weniger Herbizide ausgebracht. Betrachtet man die Aufwendungen für Totalherbizide (glyphosathaltige Herbizide), so wurden auf gepflügten Schlägen im Mittel über alle Schläge keine in den Vorherjahren und bis zwei Anwendungen in den Projekt- und auf den Restschlägen registriert. Die betreffenden Schläge waren ausgewiesene Ackerfuchsschwanz-Problemstandorte, die man vor der Saatbettbereitung witterungsbedingt nicht mechanisch bearbeiten konnte. Die Behandlungsintensität der Totalherbizide war während der Projektzeit (Projekt, Rest) auf gepflügten Schlägen deutlich verringert gegenüber pfluglos bewirtschafteten Schlägen. Alle durchgeführten Maßnahmen mit Totalherbiziden fanden in der Vorsaat und im Vorauflauf statt, es wurden keine Sikkationsmaßnahmen durchgeführt.

Die BI der **Insektizide** wurden signifikant von der Grundbodenbearbeitung beeinflusst. Sie lagen auf den gepflügten Schlägen um 20 % unter denen der pfluglos bewirtschafteten. Als Ursache kann man die Beseitigung der Habitate der Weizenherbstschädlinge auf dem Schlag durch das Pflügen anführen. Es konnten auch signifikante Unterschiede der BI der **Wachstumsregler** beobachtet werden, die auf gepflügten Schlägen deutlich erhöht waren. Ursächlich hierfür könnten die mögliche stärkere Mineralisierung von Stickstoff auf gepflügten Standorten sein, wodurch den Pflanzen mehr davon zur Verfügung stehen kann und die Bestände überwachsen können.

Tab. 18. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Winterweizen auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide, Insektizide und Wachstumsregler in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010-2018, n = Anzahl Schläge, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, % = Anteil Totalherbizide am BI Herbizide,
Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung (p<0,05)

		Vorherjahre					Projektjahre					Restschläge				
		n	**MW**	**s**	**%**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**%**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**%**	**Sig**
Herbizide																
gepflügt	Behandlungsintensität	35	1,6	0,7		A	93	1,7	0,9		A	25	1,6	0,9		A
	davon Totalherbizide	.	.	.	.	.	2	0,01		0,6		2	0,04		2,5	
pfluglos	Behandlungs-intensität	121	1,9	0,8		A	304	1,9	0,8		A	78	1,8	0,8		A
	davon Totalherbizide	41	0,18		9,4		86	0,2		9,1		22	0,16		8,7	
Insektizide																
gepflügt		63	0,3	0,6		A	164	0,4	0,6		B	33	0,4	0,6		A
pfluglos		67	0,4	0,6		A	177	0,5	0,5		A	45	0,6	0,5		A
Wachstumsregler																
gepflügt		35	1,3	0,7		A	93	1,3	0,7		A	25	1,2	0,7		A
pfluglos		121	0,9	0,5		B	304	1,0	0,6		B	78	0,9	0,5		B

Wintergerste

In der Wintergerste wurde über die Jahre die Hälfte der Schläge gepflügt bei jährlichen, durch die Vorfrucht bedingten Unterschieden (Tab. 19).

Tab. 19. Prozentualer Anteil Schläge mit Grundbodenbearbeitung zu Wintergerste in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Grundboden-bearbeitung	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Gepflügt	74	53	36	24	58	57	43	49	55	35	39
Pfluglos	26	35	56	76	42	43	57	49	45	65	61
Unbekannt		12	9					1			

In Tab. 20 ist der Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf den Behandlungsindex in Wintergerste in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Auf den gepflügten Schlägen wurden tendenziell weniger Herbizide ausgebracht, in den Projektjahren war der Einfluss der Grundbodenbearbeitung signifikant. Der Anteil der Totalherbizide am BI der Herbizide und die Anzahl der behandelten Schläge ist auf pfluglos bearbeiteten Schlägen dem des Weizens vergleichbar. Auf gepflügten Schlägen in den Projektjahren stieg die Anzahl der mit Totalherbiziden behandelten Flächen und damit auch der Anteil des BI der Totalherbizide am Herbizid-BI im Vergleich zu Winterweizen. Alle durchgeführten Maßnahmen mit Totalherbiziden fanden auch in der Wintergerste in der Vorsaat und im Vorauflauf statt, es wurden keine Sikkationsmaßnahmen, auch nicht auf Teilflächen, durchgeführt.

Wie im Winterweizen lagen die BI der Insektizide auf gepflügten Schlägen unter denen der konservierend bearbeiteten Schläge, in den Projektjahren signifikant.

Tab. 20. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Wintergerste auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide, Insektizide in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010-2018, n = Anzahl Schläge, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, % = Anteil Totalherbizide am BI Herbizide,
Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung (p<0,05)

		Vorherjahre					Projektjahre					Restschläge				
		n	**MW**	**s**	**%**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**%**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**%**	**Sig**
Herbizide																
gepflügt	Behandlungs-intensität	63	1,7	0,8		A	164	1,6	0,6		B	33	1,7	0,7		A
	davon Totalherbizide	15	0,1		6,5		17	0,07		4,5		3	0,06		3,6	
pfluglos	Behandlungs-intensität	67	1,9	1,0		A	177	1,8	0,7		A	45	1,9	0,7		A
	davon Totalherbizide	25	0,9		10		64	0,19		10,6		19	0,24		13	
Insektizide																
gepflügt		63	0,3	0,6		A	164	0,4	0,6		B	33	0,4	0,6		A
pfluglos		67	0,4	0,6		A	177	0,5	0,5		A	45	0,6	0,5		A

Winterraps

Der Anteil pfluglos bewirtschafteter Flächen lag, wie im Winterweizen auch, bei ungefähr 2/3 bis 3/4 der Schläge (Tab. 21).

Tab. 21. Prozentualer Anteil Schläge mit Grundbodenbearbeitung zu Winterraps in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Grundboden-bearbeitung	**Vorherjahre**				**Projektjahre**						
Gepflügt	25	18	34	47	21	27	28	26	29	17	17
Pfluglos	55	70	59	53	79	73	72	74	71	83	83
Unbekannt	20	13	7								

Wie in Tab. 22 zu sehen ist, lag der BI der **Herbizide** auf gepflügten Schlägen während des Projektes (Projekt, Restschläge) unter dem der pfluglos bewirtschafteten Schläge, auf den Projektschlägen signifikant. Auf gepflügten Schlägen wurden keine Totalherbizide appliziert. Der Anteil der mit Totalherbiziden behandelten Schläge und der Anteil am Herbizid-BI ging auf pfluglos bewirtschafteten Schlägen während des Projektes und auf den Restschlägen zurück, während der Herbizid-BI anstieg. Auch im Winterraps wurden, wie zu erwarten war, keine Sikkationsmaßnahmen durchgeführt. Wie in den Getreidearten auch, hatte die Grundbodenbearbeitung tendenziellen Einfluss auf die Anwendung von Insektiziden, in den Projektjahren signifikant. Die gepflügten Schläge mussten aus den bereits beim Getreide dargestellten Gründen weniger behandelt werden.

Tab. 22. Einfluss der Grundbodenbearbeitung vor Winterraps auf den Behandlungsindex (BI) der Herbizide und Insektizide in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010 bis 2018, n = Anzahl Schläge, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, % = Anteil Totalherbizide am BI Herbizide, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung (p<0,05)

		Vorherjahre					Projektjahre					Restschläge				
		n	MW	s	%	Sig	n	MW	s	%	Sig	n	MW	s	%	Sig
Herbizide																
gepflügt	Behandlungs-intensität	49	1,9	0,8		A	95	1,9	0,8		B	20	2,2	0,7		A
	davon Totalherbizide	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
pfluglos	Behandlungs-intensität	100	2,0	0,8		A	284	2,3	0,9		A	66	2,6	1,1		A
	davon Totalherbizide	27	0,1		5,5		28	0,05		2,1		12	0,1		3,4	
Insektizide																
gepflügt		49	2,6	1,0		A	95	1,9	1,3		B	20	2,3	1,4		A
pfluglos		100	2,8	1,1		A	284	2,2	1,4		A	66	2,6	1,4		A

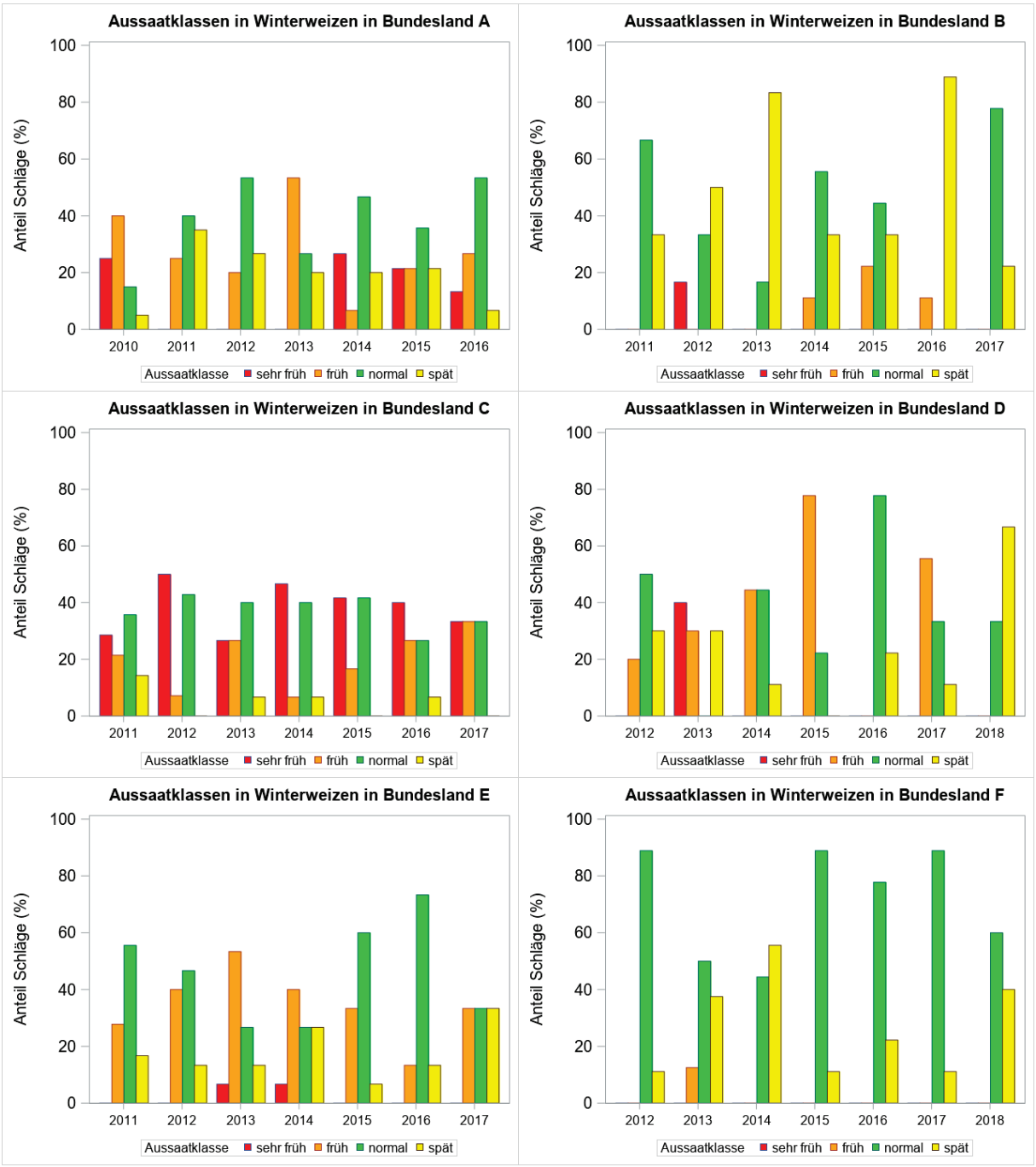
5.1.4. Saatzeiten

Die Gestaltung des Aussaatzeitpunktes stellt aus phytosanitärer Sicht einen wichtigen Einflussfaktor auf das Befallsgeschehen und damit die Intensität des Pflanzenschutzes im Ackerbau dar. Die Vorverlegung des Aussaattermins kann meist nur durch eine höhere Pflanzenschutzintensität kompensiert werden (SPERLING et al., 2004). Im Winterweizen führen frühe Aussaatzeitpunkte zu höheren Herbizidapplikationen, bedingt durch höhere Unkrautdichten und die Gefahr der Etablierung von Problemgräsern, wie Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Gemeiner Windhalm (*Apera spica-venti*) (ZIESEMER & LEHMANN, 2011). Weiterhin steigt die Gefahr des Auftretens von Halmbasiserkrankungen, wie Schwarzbeinigkeit (*Gaeumannomyces graminis*), Halmbruch (*Pseudocercosporella herpotrichoides*), *Fusarium* ssp. und von Blattkrankheiten, wie Septoria-Blattdürre (*S. tritici*) und Mehltau (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) in früh gedrilltem Winterweizen (WOLFF et al., 2003; SPERLING et al., 2004). Es steigt auch die Gefahr des Befalls mit Blattläusen und anderen Virusvektoren im Herbst (*Wheat-Dwarf-Virus* und *Barley-Yellow-Dwarf-Virus*) in Winterweizen und Wintergerste und mit der Kleinen Kohlfliege (*Delia radicum*) und des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephala*) im Winterraps. Es konnte festgestellt werden, dass früh gedrillte Winterraps und -weizenbestände höhere Wachstumsreglergaben aufwiesen, um ein Überwachsen und ein Auswintern (Winterraps) der Bestände zu verhindern. Trotz der Nachteile von Frühsaaten haben diese einen gewissen Anteil (in den Ackerbaubetrieben), da die Vorverlegung des Aussaatzeitpunktes mit manchen agronomischen und ökonomischen Vorteilen verbunden ist. Der Anteil von sehr frühen Aussaatterminen ist jedoch rückläufig. Durch die Veränderung des Anbauspektrums zugunsten von Winterweizen und -raps können frühe und sehr frühe Aussaaten die Arbeitsspitzen der Getreidebestellung vor allem im Winterweizen entzerren und witterungsbedingte Engpässe bei der Herbstbestellung abpuffern, was auch mit der Möglichkeit einhergeht, ein optimales Saatbett für Wintergetreide zu schaffen. Weitere Argumente für eine frühere Saat sind kurzfristig in der Höhe des Ertrages und seiner Stabilität, der besseren Nutzung des Bodenwassers im Frühjahr und der geringeren Kosten für die Bodenbearbeitung und für Saatgut zu finden. Wie oben beschrieben gehen diese Vorteile jedoch mit höheren Behandlungsintensitäten im Pflanzenschutz einher. Dieser Zusammenhang wurde schon mehrfach beschrieben (GÜNTHER, 2010; FREIER et al., 2015a; DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Daher sollten die Ackerbaubetriebe bestrebt sein, den Aussaatzeitpunkt in das optimale Zeitfenster zu verlegen, soweit es regionale Wetterbedingungen und die Jahreswitterung zulassen.

Winterweizen

Aufgrund der oben beschriebenen Diskrepanz zwischen phytosanitären Nachteilen und der agronomischen und ökonomischen Vorteilen von frühen Aussaatzeitpunkten in getreidebetonten Fruchtfolgen konnten in den Demonstrationsbetrieben auch nur schwache bis mäßige Anpassungen der Aussaattermine beobachtet werden (Abb. 6).

Die Möglichkeiten der Darstellung der Entwicklungen der Aussaatzeiten im Projekt unterlagen auch der Begrenzung durch den geringen Stichprobenumfang und die teilweise bewusste Auswahl der Demonstrationschläge durch die Projektbetreuung, mit dem Ziel, bestimmte Problemstellungen im Zusammenhang mit der Auswahl des Saatzeitpunktes darzustellen. Der Einfluss der Vorfrucht und der Witterungsbedingungen in den Jahren kommt in den jahresweise deutlichen Unterschieden der Verteilung der Aussaatklassen zum Tragen.



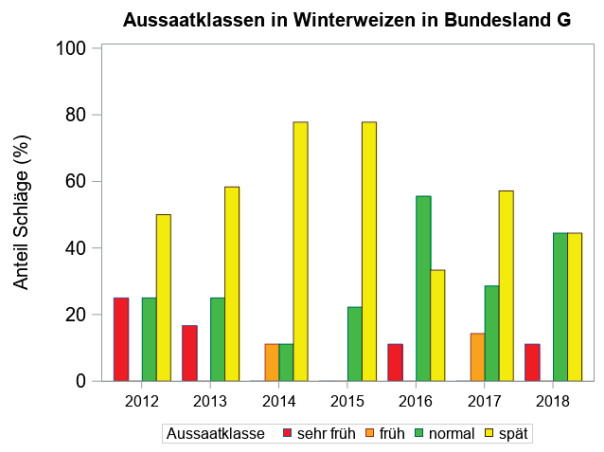


Abb. 6. Aussaatklassen im Winterweizenanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G.
Vorherjahre 2010/11 BL A, 2011/12 BL B, C, E, 2012/13 BL D, F, G, Demonstrationsflächen 2012-17 BL A, 2013-2018 BL B, C, E, 2014-2018 BL D, F, G.

In Tab. 23 ist der Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den BI im Winterweizen in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Tab. 23. Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Behandlungsindex (BI) von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Aussaatklassen (p<0,05)

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
	n	MW	s	Sig	n	MW	s	Sig	n	MW	s	Sig
Herbizide												
sehr früh	25	2,1	0,9	A	40	2,1	0,7	A	10	2	1	A
Früh	34	1,9	0,8	AB	83	2,0	0,8	A	17	2,2	0,7	AB
Normal	67	1,9	0,7	AB	174	1,9	0,8	A	52	1,8	0,8	AB
Spät	41	1,6	0,6	B	100	1,6	0,8	B	26	1,5	0,8	B
Fungizide												
sehr früh	25	2,3	0,7	A	40	2,7	0,9	A	10	3	1	A
Früh	34	2,2	0,9	A	83	2,4	0,9	AB	17	2,1	0,8	A
Normal	67	2,2	0,9	A	174	2,2	0,9	AB	52	2,3	0,9	A
Spät	41	2,0	0,7	A	99	2,0	0,9	C	26	2,4	0,9	A
Insektizide												
sehr früh	25	1,0	0,6	A	40	1,0	1,1	A	10	1,2	1,0	A
Früh	34	0,7	0,6	A	83	0,5	0,7	B	17	0,7	0,8	A
Normal	67	1,0	0,6	A	174	0,6	0,7	B	52	1	1	A
Spät	41	0,7	0,6	A	100	0,5	0,6	B	26	0,6	0,9	A
Wachstumsregulatoren												
sehr früh	25	1,1	0,6	A	40	1,2	0,5	AB	10	0,9	0,6	BA
Früh	34	0,9	0,7	A	83	1,3	0,7	A	17	1,2	0,6	A
Normal	67	1,0	0,6	A	174	1,0	0,6	BC	52	1	1	AB
Spät	41	1,0	0,6	A	100	0,8	0,5	C	26	0,8	0,5	B

In den Demonstrationsbetrieben aus Bundesland A erhöhte sich der Anteil an sehr früh gedrilltem Winterweizen sogar, da hier in den meisten Betrieben der Winterroggenanbau durch schlechte Erfahrungen mit Mutterkornbesatz zugunsten eines erhöhten Winterweizenanbaus reduziert wurde und Arbeitsspitzen durch sehr frühe Saaten abgefedert werden mussten. Die Verteilung der Aussaatklassen im Bundesland C resultierte aus den sehr heterogenen Umweltbedingungen (Höhenlage, Bodenart), die in den einzelnen Betrieben vorliegen. So arbeiteten diese Betriebe in

einer Spannweite von durchschnittlich 615–1.100 mm/a Niederschlag und einer Bodengüte, die von 24 bis zu 95 Bodenpunkten reicht. Diese Spannweiten der klimatischen und geologischen Faktoren werden nur unzureichend durch Aussaatkorridore auf der Ebene der „Erhebungsregionen Ackerbau“ abgebildet. Die Demonstrationsbetriebe sind aus phytosanitärer Sicht dennoch bestrebt, die Aussaat im normalen Aussaatfenster zu verwirklichen, was durch den hohen Anteil an normalen und späten Saaten bestätigt wird.

Wie zu erwarten, nahmen die Intensitäten der Herbizide in der Folge der Aussaatklassen von sehr früh bis spät deutlich ab. Dabei mussten die spät gedrillten Schläge signifikant weniger behandelt werden.

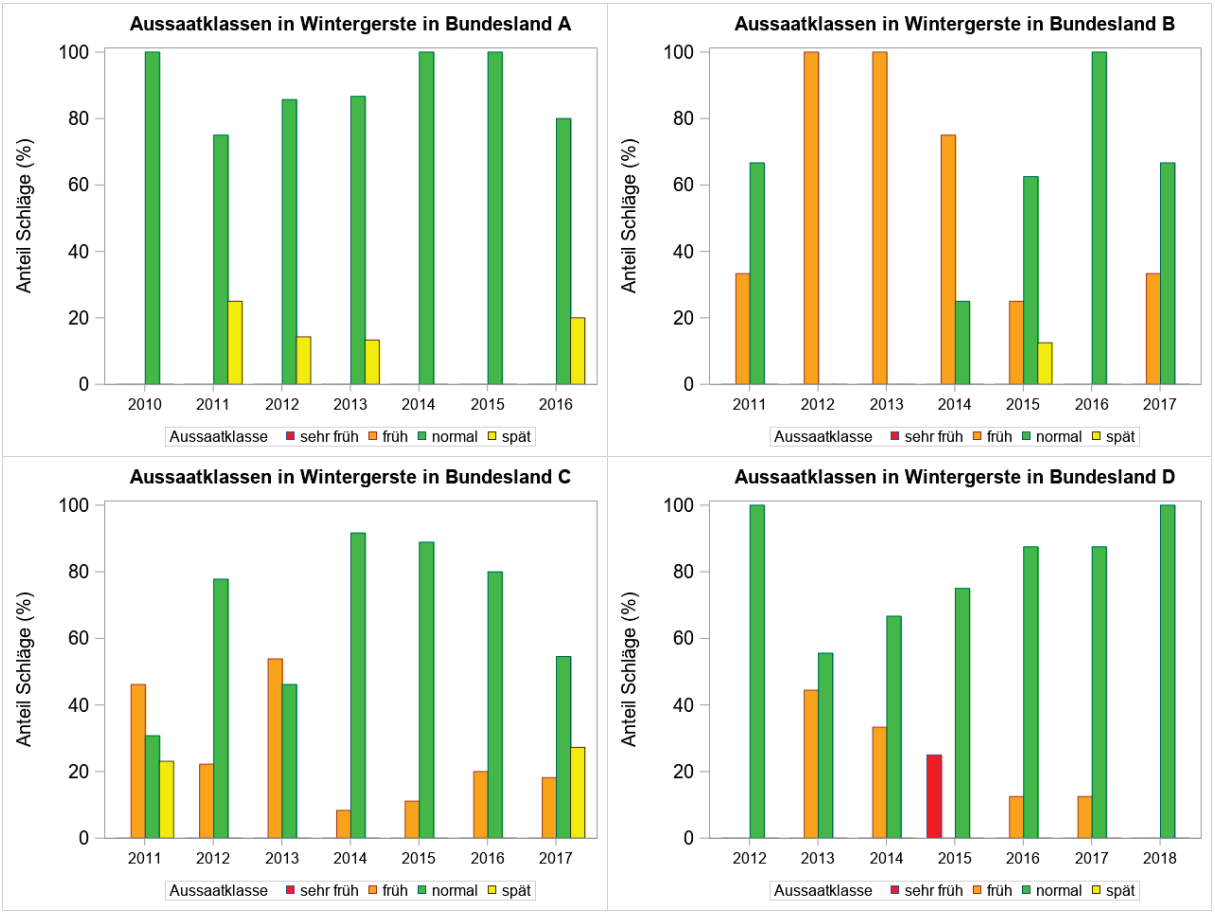
Auch die BI der **Fungizide** nahmen von den sehr früh bis spät bestellten Schlägen deutlich ab. Auf den Projektschlägen war dieses Bild signifikant in der Folge der Aussaatklassen sehr früh > früh, normal > spät.

Die Intensität der **Insektizide** wurde ebenfalls vom Zeitpunkt der Aussaat signifikant beeinflusst. Auf den Projektschlägen war der Befallsdruck und damit die BI der sehr früh bestellten Schläge doppelt so hoch, wie auf den restlichen Schlägen.

Auch die Intensitäten der Wachstumsregulatoren entsprechen dem erwarteten Bild, dass sie während der Projektlaufzeit (Projekt, Rest) auf den normal und spät bestellten Schlägen signifikant unter denen der früher bestellten lagen.

Wintergerste

Wintergerste wurde in den Demonstrationsbetrieben überwiegend im optimalen Aussaatfenster gedrillt (Abb. 7). Anteile von sehr frühen Saaten und hohe Anteile von Frühsaaten in den Demonstrationsbetrieben aus Bundesländern B, C, und D nahmen im Laufe des Projektes stark und zum Teil vollständig ab. In Bundesland G konnten diese Anpassungen aufgrund des sehr hohen Getreideanteils in der Fruchtfolge nicht umgesetzt werden.



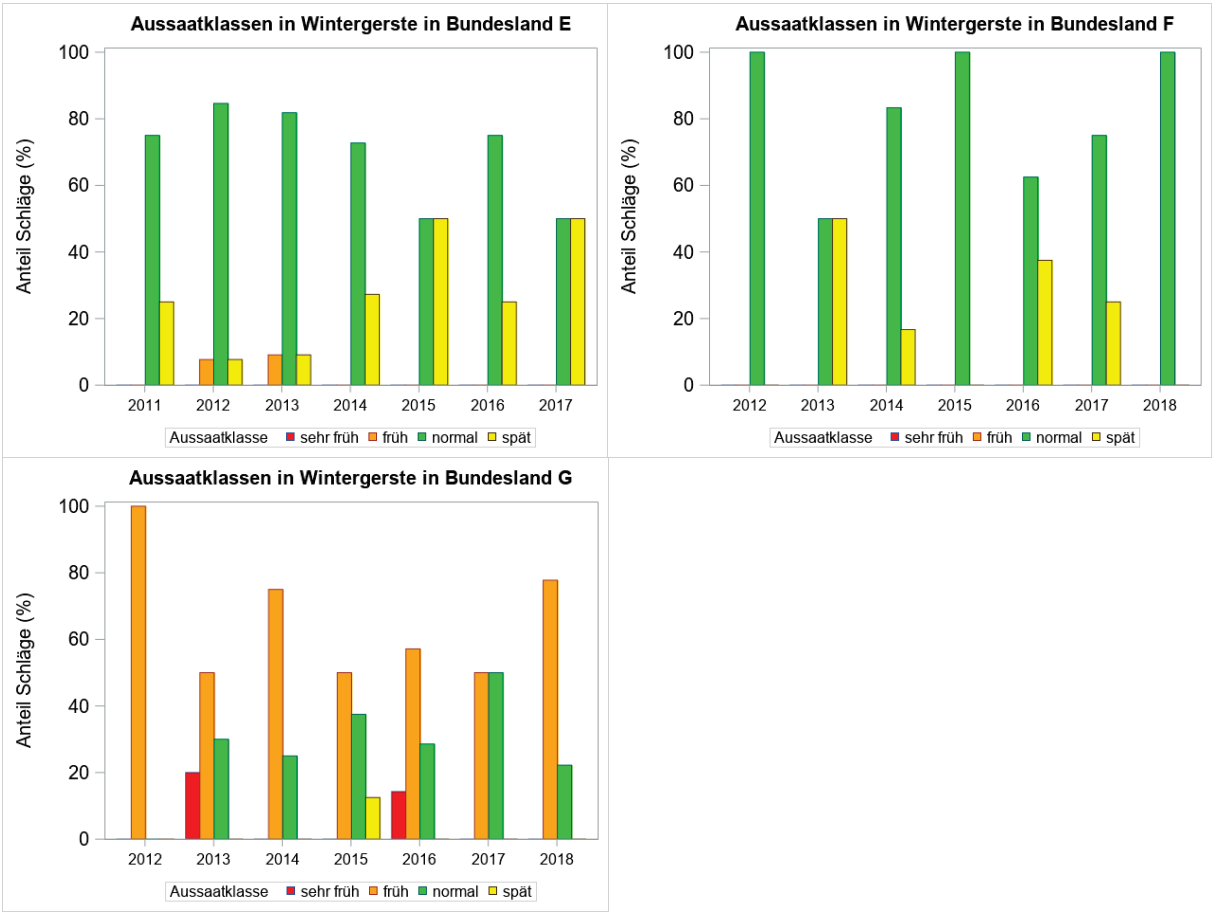


Abb. 7. Aussaatklassen im Wintergerstenanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G.
Vorherjahre 2010/11 BL A, 2011/12 BL B, C, E, 2012/13 BL D, F, G, Demonstrationsflächen 2012-16 BL A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL D, F, G.

In Tab. 24 ist der Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Behandlungsindex in Wintergerste in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) abgebildet.

Wie zu erwarten, lagen die Intensitäten der **Herbizide** von normal und spät bestellten Schlägen deutlich unter denen vorher bestellter Schläge. Auf den Projektschlägen war dieser Effekt signifikant.

Auch die Intensitäten der **Fungizide** verringerten sich tendenziell von den sehr früh zu den spät bestellten Schlägen. Bei spät bestellten Projektschlägen war der Unterschiede signifikant. Das gleiche Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Anwendungen von **Insektiziden** und **Wachstumsreglern**.

Tab. 24. Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Behandlungsindex (BI) von Wintergerste in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Aussaatklassen (p<0,05)

	Vorherjahre				Projektjahr				Restschläge			
	n	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**
Herbizide												
sehr früh	2	1,5	0,0	A	3	2,9	0,2	A	1	3,0	.	A
Früh	30	2,2	1,0	A	61	2,1	0,7	A	13	2,2	0,7	A
normal	93	1,7	0,8	A	242	1,6	0,6	B	55	1,7	0,7	A
Spät	15	1,5	0,7	A	36	1,6	0,7	B	9	1,3	0,4	A
Fungizide												
sehr früh	2	1,8	0,0	A	3	1,9	0,2	A	1	1,4	.	A
Früh	30	1,6	0,6	A	61	1,7	0,7	A	13	1,7	0,8	A
normal	93	1,2	0,4	A	242	1,4	0,6	A	55	1,4	0,5	A
Spät	15	1,2	0,4	A	36	0,9	0,6	B	9	1,1	0,5	A
Insektizide												
sehr früh	2	1,0	0,0	A	3	0,3	0,6	A	1	1,0	.	A
Früh	30	0,6	0,5	A	61	0,8	0,7	A	13	0,8	0,6	A
normal	93	0,4	0,6	A	242	0,4	0,5	A	55	0,4	0,6	A
Spät	15	0,2	0,3	A	36	0,4	0,5	A	9	0,3	0,5	A
Wachstumsregulatoren												
sehr früh	2	1,1	0,0	AB	3	0,8	0,4	AB	1	1,7	.	A
Früh	30	1,0	0,5	A	61	1,2	0,4	A	13	1,3	0,3	A
normal	93	0,8	0,6	A	242	0,9	0,4	A	55	0,9	0,4	A
Spät	15	0,4	0,4	B	36	0,7	0,3	B	9	0,7	0,5	A

Winterraps

Der Winterraps wurde in den Demonstrationsbetrieben überwiegend und weitestgehend konstant im optimalen Saatfenster gedrillt (Abb. 8).

Frühsaaten wurden im Laufe des Projektes überwiegend vermieden. Der Anstieg von spät gedrilltem Winterraps wurde vor allem durch spät räumende Vorfrüchte (v. a. Wintergetreide) und eine verlängerte Vegetationsperiode, auf die die Betriebe zum Teil mit späteren Saatterminen reagierten (Bundesland B, C, D), verursacht.

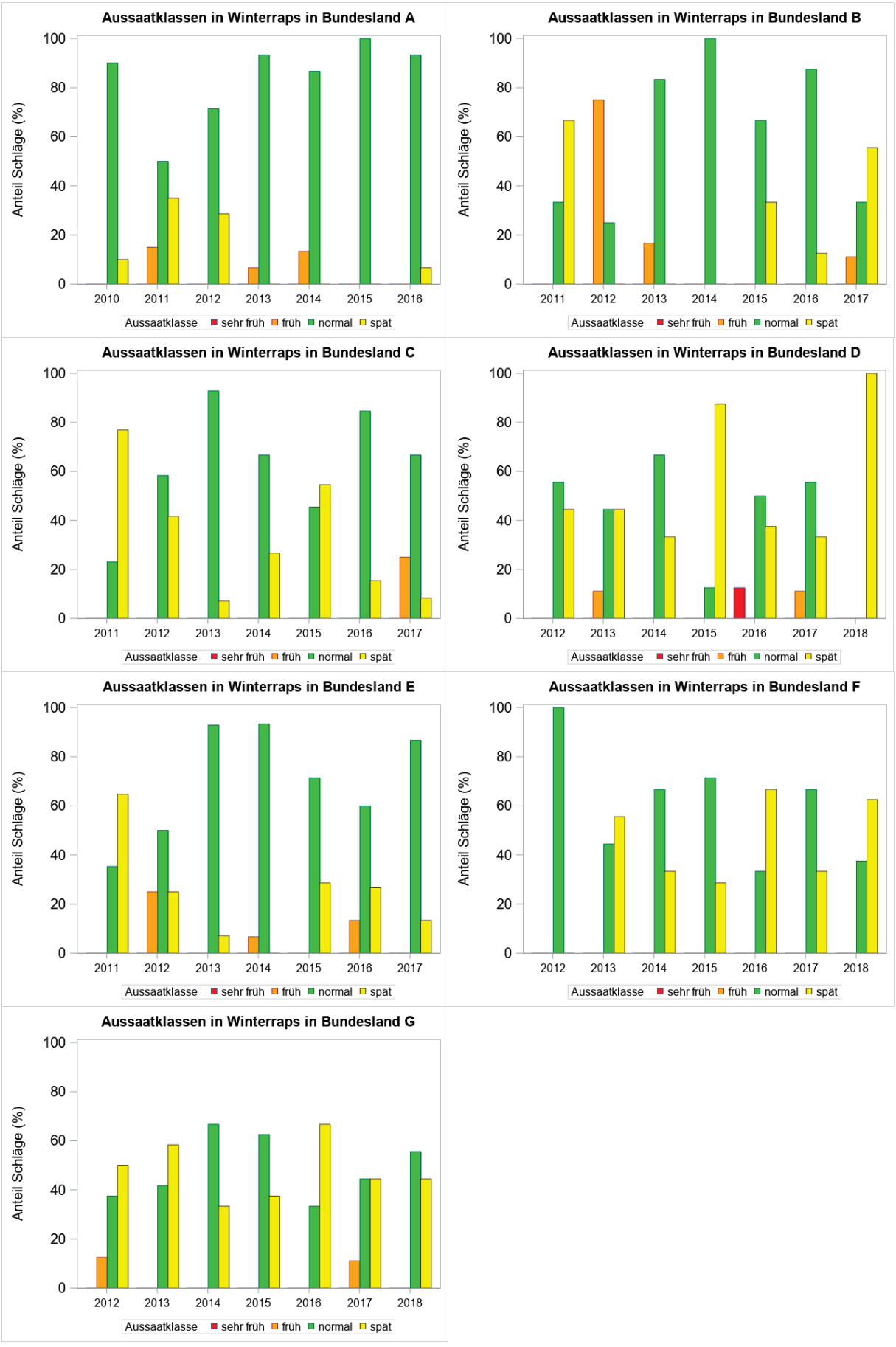


Abb. 8. Aussaatklassen im Winterrapsanbau der DIPS der BL A, B, C, D, E, F, G.
Vorherjahre 2010/11 BL A, 2011/12 BL B, C, E, 2012/13 BL D, F, G, Demonstrationsflächen 2012-16 BL A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL D, F, G.

In Tab. 25 ist der Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den BI in Winterraps in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) dargestellt.

Tab. 25. Einfluss des Aussaatzeitpunktes von Winterraps auf den Behandlungsindex (BI) in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010-2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Aussaatklassen (p<0,05)

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
	n	MW	s	Sig	n	MW	s	Sig	n	MW	s	Sig
Herbizide												
sehr früh	.	.	.	.	1	0,8	.	.	.	.	.	.
früh	12	1,5	0,5	B	13	2,9	0,8	A	4	3,2	0,7	A
normal	85	2,0	0,8	A	264	2,3	0,9	A	55	2,6	1,0	A
spät	67	2,0	0,8	AB	100	2,0	1,0	A	27	2,3	1,1	A
Fungizide												
sehr früh	.	.	.	.	1	1,0	.	.	.	.	.	.
früh	12	1,0	0,2	A	13	0,7	0,4	A	4	1,0	0,1	A
normal	85	0,8	0,4	A	264	0,9	0,3	A	55	0,9	0,3	A
spät	67	0,8	0,4	A	100	0,8	0,4	A	27	0,8	0,4	A
Insektizide												
sehr früh	.	.	.	.	1	0,0	.	.	.	.	.	.
früh	12	3,1	1,4	A	13	2,3	1,2	A	4	2,8	A	4
normal	85	2,8	1,0	A	264	2,2	1,4	A	55	2,5	A	55
spät	67	2,7	1,0	A	100	1,9	1,2	A	27	2,5	A	27
Wachstumsregulatoren/Fungizide												
sehr früh	.	.	.	.	1	1,4	.	.	.	.	.	.
früh	12	1,7	1,2	A	13	1,1	0,6	A	4	1,8	0,6	A
normal	85	1,2	0,5	AB	264	1,0	0,5	A	55	1,1	0,6	B
spät	67	1,0	0,5	B	100	0,9	0,6	A	27	0,8	0,6	B

Auch im Winterraps verringerten sich die BI der **Herbizide** auf den Projektschlägen, je später die Aussaat erfolgte.

Bei den **Fungiziden** konnten, wie zu erwarten, keine Unterschiede beobachtet werden, da das Inokulum des Erregers der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum)* in Form der Sklerotien in Abhängigkeit der Temperatur und Bodenfeuchte im Frühjahr keimt.

Für die **Insektizide** zeigten sich tendenziell geringere Intensitäten je später der Aussaatzeitpunkt lag, was auf das steigende Risiko des Befalls mit Herbstschädlingen zurückzuführen ist, je früher die Bestellung erfolgte. Die Projektschläge wiesen aber deutlich geringere Intensitäten auf als die Schläge vor Projektbeginn.

Signifikante Unterschiede bei den **Wachstumsregulatoren/Fungiziden** lassen sich nur auf den Restschlägen und den Schlägen vor Projektbeginn erkennen. Auf den Projektschlägen findet sich dieser Zusammenhang niedrigerer Intensitäten auf später bestellten Schlägen nicht wieder. Ursache dafür ist die Berücksichtigung und Umsetzung von Versuchsergebnissen der Bundesländer. Diese belegen einen Zusammenhang zwischen zu hohen Intensitäten der Fungizide als Wachstumsregler vor der Blüte und Ertragsdepressionen in der Folge. Im Projekt ging man auf diesen Zusammenhang ein, indem der Einsatz von Fungiziden vor der Blüte generell reduziert wurde.

5.1.5. Sortenwahl

Der Anbau von gegen die Hauptschaderreger im Getreide- und Rapsanbau resistente, gesunde Sorten erfährt im Rahmen des IPS im Ackerbau eine besondere Bedeutung, da dadurch Fungizidapplikationen eingespart werden können (FREIER et al., 2015a; DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Hinsichtlich der Sortenresistenz gegen Schaderreger in landwirtschaftlichen Kulturen wird zwischen der quantitativen und der qualitativen Resistenz unterschieden. Von qualitativer Resistenz wird bei einer pathogen- und rassenspezifischen Abwehrreaktion einer Kulturpflanzenart bzw.

einer Sorte gegen einen bestimmten Erreger (Pathogen) gesprochen. Diese Form der Abwehr führt bei resistenten Pflanzen zu einem Blockieren der avirulenten Pathogen-Rassen wohingegen virulente Rassen die nicht resistenten Pflanzen ungehindert besiedeln. Diese Resistenz wird von einem oder wenigen Genen vermittelt und kann deshalb von vielen Pathogenen schnell überwunden werden. Die quantitative Resistenz hingegen wird von vielen Genen als Komplex vermittelt und wirkt eher wirtsunspezifisch. Pflanzen mit dieser Form der Resistenz sind meist gegen mehrere Pathogene reaktionsstark (ANDERSEN, 2005). Die angreifenden Pathogene können die betreffenden weniger anfälligen Pflanzen zwar besiedeln, vermehren und verbreiten sich dann aber durchaus langsamer und schwächer, wodurch aber das Erkennen dieser Resistenz im Feld erschwert wird. In der Züchtungsforschung wird vor allem beim Weizen das Augenmerk auf die Erhöhung der quantitativen Reaktionen gegen die Septoria-Blattdürre, die Rostkrankheiten, die Schwarzbeinigkeit und den Echten Mehltau gelegt, wohingegen das Augenmerk der Wintergerstenzüchtung vor allem auf der (qualitativen) Resistenzerhöhung gegen Virosen liegt. Der Fokus der Züchtung im Winterraps liegt vor allem auf dem Ölertrag und dem Fettsäurespektrum. Auf die Darstellung des Resistenzspektrums im Winterraps muss leider verzichtet werden, da für Deutschland kein konsistenter Datensatz zu den Resistenzklassen der Winterrapssorten gegen die Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule und der Weißstängeligkeit vorliegt.

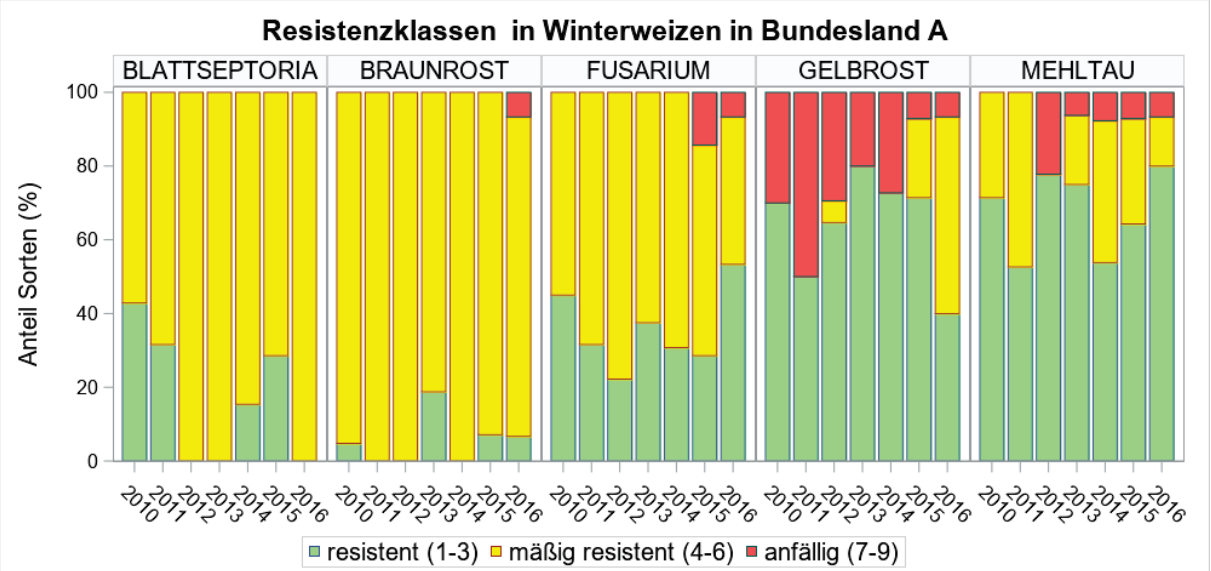
Winterweizen

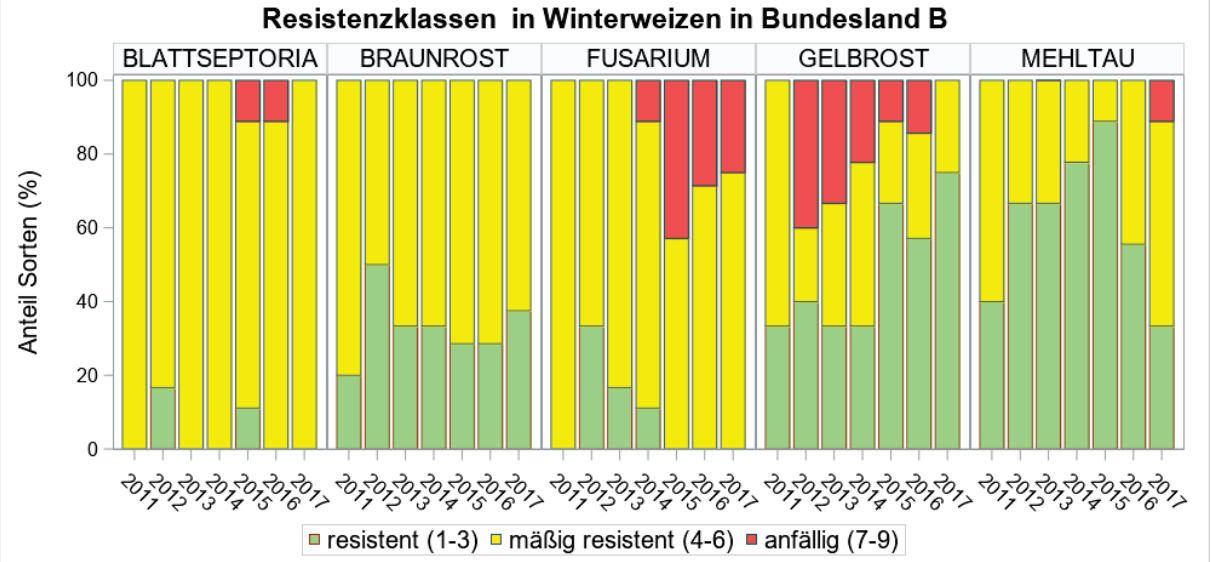
Laut DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018 verfügen im aktuellen Winterweizensortiment 68 % bzw. 61 % der Sorten über gut wirksame Resistenzen gegenüber Mehltau und Gelbrost. Gegenüber Braunrost, Septoria-Blattdürre und Ährenfusarium verfügen jedoch nur 33 %, 22 % und 15 % der Sorten über einen guten Schutz.

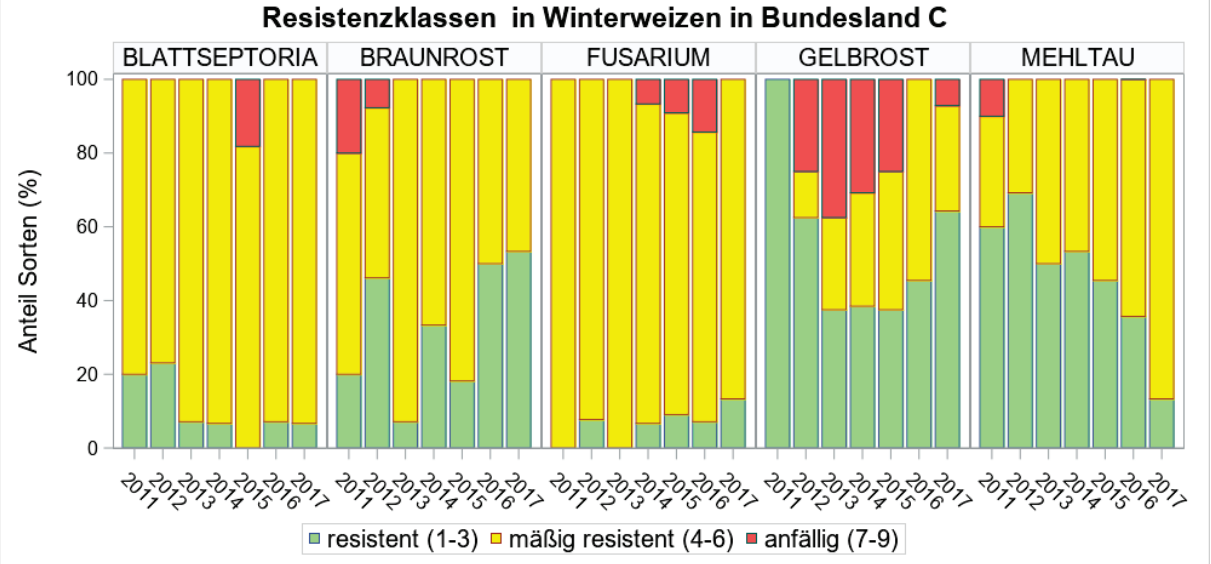
Die Sortenwahl der meisten (Demonstrations-)Betriebe wurde überwiegend durch die Vermarktungsfähigkeit (Qualität, Akzeptanz der aufnehmenden Hand) und den Ertrag der jeweiligen Sorte vor ihren Resistenzeigenschaften bestimmt. Daraus lässt sich ein relativ träges Anpassungsverhalten der Betriebe beim Sortenspektrum ableiten, wodurch gut vermarktbare Sorten erst dann nicht mehr angebaut werden, wenn sie nicht mehr ökonomisch zu führen sind. Dennoch sind die Betriebe aus ökonomischen wie ökologischen Beweggründen bestrebt, möglichst gesunde Sorten anzubauen, die den oben genannten Prämissen entsprechen.

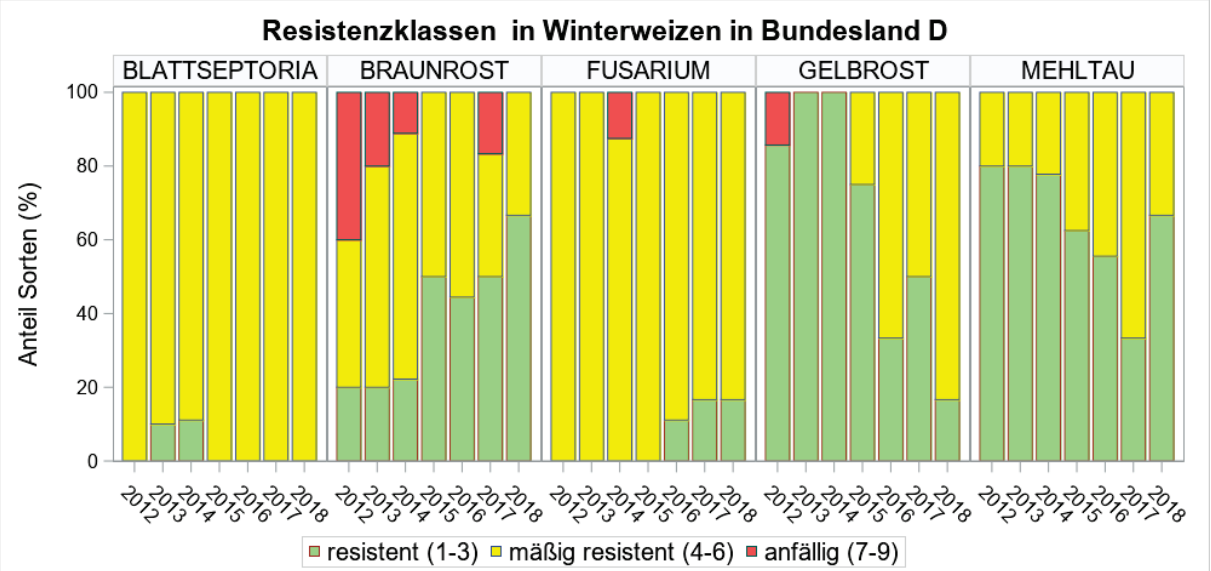
In den Demonstrationsbetrieben wurden entweder keine gegen Mehltau hoch anfälligen (Boniturnote 7-9) Winterweizensorten (Bundesländer C, D) angebaut oder der Anbau dieser Sorten (v. a. JB Asano, Akteur) wurde zugunsten resistenter Sorten (Bundesländer A, G) aufgegeben oder stark zurückgedrängt (Abb. 10Abb. 9). In den Bundesländern E, F und G wurde teilweise am Anbau der hochanfälligen Sorte Akteur festgehalten. Ursache ist die hohe Nachfrage der aufnehmenden Hand (Mühlen, EU-Ausland, Übersee) nach dieser in der Verarbeitung beliebten Sorte und der teilweise starken Abhängigkeit der Betriebe von der lokalen Vermarktung, die diese Sorten nachfragt.

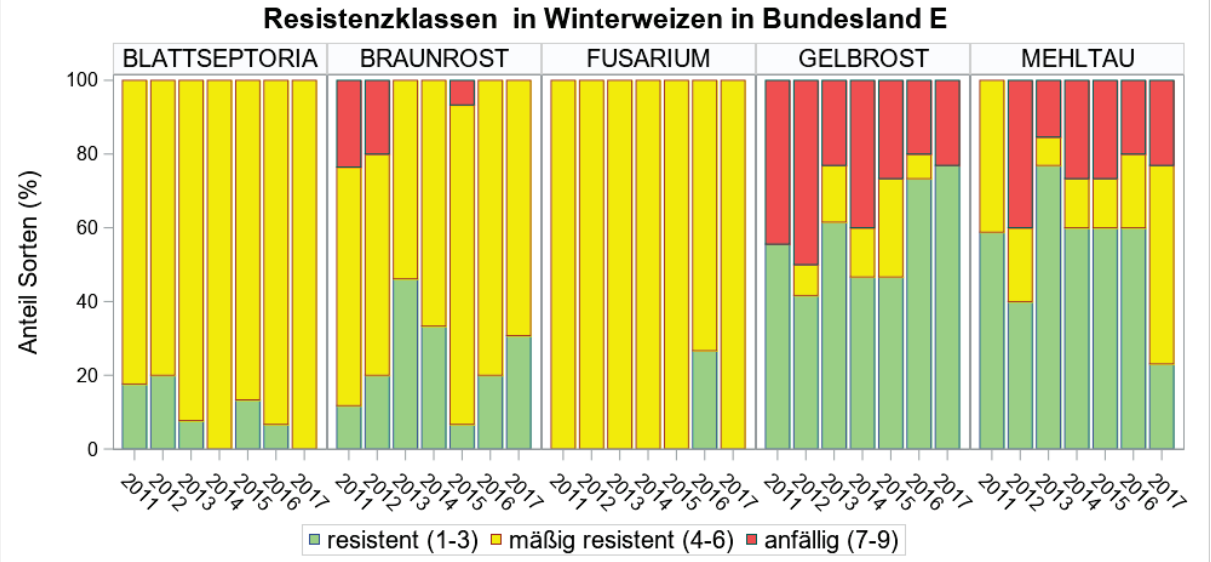
Das Sortenspektrum des Winterweizens wurde in den Projektjahren bis 2017 vor allem zugunsten mäßig resistenter Sorten gegen Blattseptoria angepasst. Auch hinsichtlich der Resistenzeigenschaften gegen Gelbrost ist eine Anpassungsleistung der Betriebe zu verzeichnen. In Bundesland G ist bis 2017 ein Rückgang resistenter Sorten auf den Demonstrationsflächen zu verzeichnen. Im Gegenzug dazu wurde in den Betrieben das Potential von alten Getreidearten, wie Emmer und Gelbweizen, und Bio-Sorten im konventionellen Anbau untersucht. Der Anbau dieser Getreidearten und -sorten fand aber nicht auf Demonstrationsflächen statt. Zudem findet sich keine Bewertung der Resistenzeigenschaften der Sorten von Bundessortenamt und Landessortenwesen, so dass diese Anpassungen in Abb. 9 nicht repräsentiert werden.

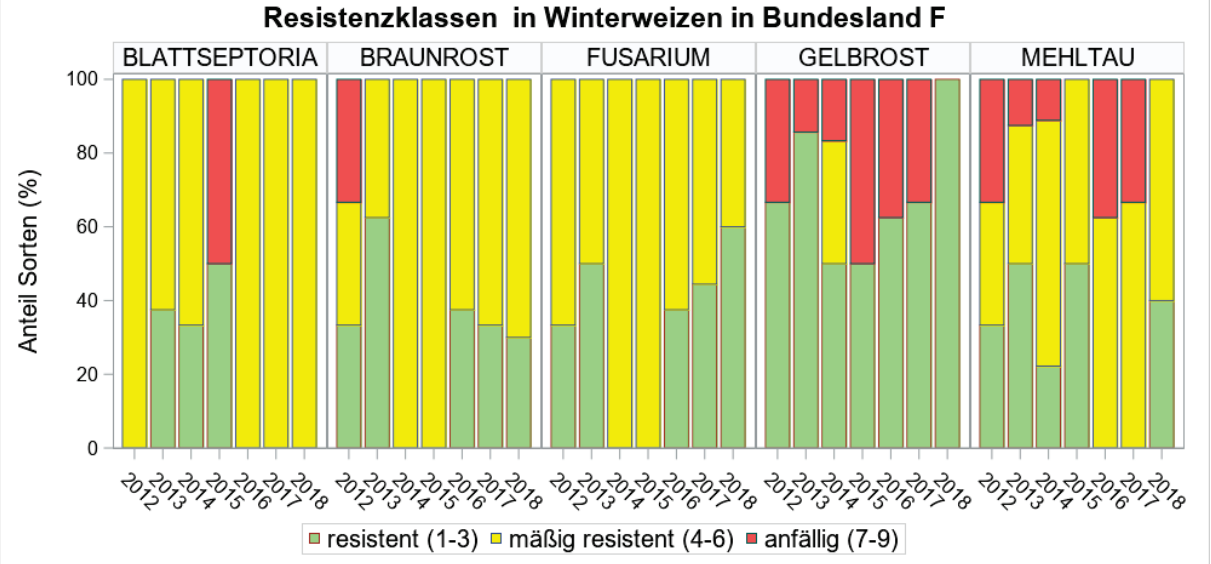

Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland A
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland B
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland C
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland D
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland E
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Winterweizen in Bundesland F
BLATTSEPTORIA
BRAUNROST
FUSARIUM
GELBROST
MEHLTAU
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)

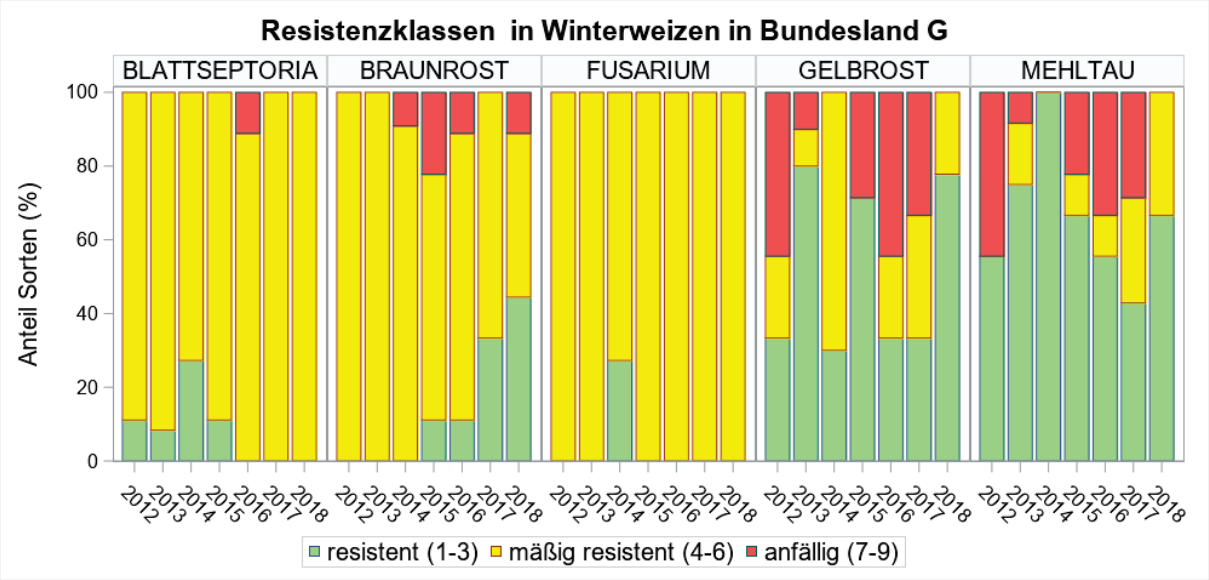


Abb. 9. Resistenzspektrum des Winterweizensortiments der DIPS in BL A, B, C, D, E, F, G.
Vorherjahre 2010/11 BL A, 2011/12 BL B, C, E, 2012/13 BL D, F, G, Demonstrationsflächen 2012-16 BL A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2017 BL D, F, G.

Auch der Anbau von Sorten mit sehr hoher Sortenanfälligkeit gegenüber den Rosten und hier v. a. gegen Gelbrost ging über die Projektlaufzeit weitestgehend zurück. Dies ist unter anderem auf den Sortenwechsel aufgrund gebrochener Resistenzen zurückzuführen. Die unterschiedliche Entwicklung der Resistenzeigenschaften gegenüber den Hauptkrankheiten im Weizenanbau ist zusätzlich zu den Auswahlkriterien Ertrag und Qualität dadurch begründet, dass nur ein geringer Anteil von 1-16 % des Sortenspektrums in den Jahren 2008-2016 gute Resistenzeigenschaften gegen alle Hauptkrankheiten im Weizenanbau aufweist (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018) und die Landwirtinnen und Landwirte sich innerhalb ihrer Betriebsstruktur auf die für sie relevanten Resistenzeigenschaften fokussieren. Der Anbau von Sorten mit guten Resistenzeigenschaften gegen Krankheiten wie Septoria-Blattdürre, Mehltau, Gelbrost und Braunrost in den Demonstrationsbetrieben betrug in den Jahren 2011-2016 3-4 %, in den Jahren 2010, 2017 und 2018 erfolgte davon kein Anbau. Zusätzlich kommen die unterschiedlichen Auswahlkriterien für die Demonstrationsschläge zum Tragen (Kapitel 5.1.1.1. Anwendung vorbeugender Maßnahmen). In Voranalysen wurden die Resistenzeigenschaften der Winterweizensorten gegen Mehltau und Blattseptoria als Einflussfaktoren auf die Intensität der Fungizide und die Lagereigenschaften als Einflussgröße auf die Intensität der Wachstumsregulatoren herausgestellt. Gemäß der Tab. 26, der Einfluss der Sorteneigenschaften auf den Behandlungsindex in Winterweizen in den DIPS im Mittel (2010-2018) nach Projektzugehörigkeit der Schläge (Vorherjahre, Projektjahre, Restschläge) zu entnehmen ist, trifft diese Annahme nur bedingt zu. Bei der Betrachtung der **Fungizidanwendungen** ist auf den Demonstrationsschlägen der Einfluss der gegen Blattseptoria resistenteren bzw. toleranten Sorten erkennbar, bei denen tendenziell geringere Behandlungsintensitäten gefunden wurden. Bei mehltauresistenten Sorten ist dieser Zusammenhang wider Erwarten nicht zu finden und anfällige und resistente Sorten weisen gleiche BI`s auf. Nur auf den Restschlägen mussten die anfälligen Sorten, also Sorten mit Resistenznoten höher als 3, stärker behandelt werden als resistente Sorten.

Der Einfluss des Sorteneffektes auf die Lagerneigung und damit auf die Intensität der **Wachstumsregler** war während der Projektlaufzeit (Projekt, Rest) zu sehen, auf Projektschlägen war der Unterschied signifikant. Die Ausprägung und Realisierung des Sorteneffektes wird durch eine Vielzahl von Effekten wie Witterung, Beratung, Vorfrucht, Bodenbearbeitung, Aussaatzeitpunkt, Nutzung von Entscheidungshilfen, Häufigkeit und Zeitpunkt der Bonituren sowie Erkennen der Resistenzen beeinflusst. Dadurch unterschieden sich die einzelnen Betriebe und Bundesländer z. T. deutlich. Um den Sorteneffekt zu veranschaulichen, wird hier das Beispiel der Resistenz gegen Blattseptoria in zwei Bundesländern gezeigt. Mit Hilfe von Monitoring, exzellenter Beratung und der Zusammenarbeit aller Beteiligten bei der Entscheidungsfindung konnte ein schlag- und situationsspezifischer Pflanzenschutz durchgeführt werden. In Abb. 10 ist beispielhaft für das Projekt dargestellt, wie sich in einem Bundesland (BL) mit starken Sortenunterschieden (BL E) und einem Bundesland mit weniger starken Sortenunterschieden (BL A) die verschiedenen Resistenzgrade im Behandlungsniveau niederschlagen.

Tab. 26. Einfluss der Sorteneigenschaften auf den Behandlungsindex (BI) von Winterweizen in den Vorherjahren, Projektjahren und Restschlägen
2010 – 2018, n = Anzahl Flächen, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Resistenzklassen (p<0,05)

	Vorherjahre				Projektjahre				Restschläge			
Resistenzgrad	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**	**n**	**MW**	**s**	**Sig**
Fungizide												
Septoria-Blattdürre												
anfällig (5-9)	95	2,1	0,8	A	315	2,3	0,9	A	81	2,3	0,8	A
resistent (1-4)	32	2,3	1,1	A	22	2,0	0,8	A	10	2,3	1,2	A
Mehltau												
anfällig (4-9)	45	2,2	0,9	A	150	2,2	0,8	A	53	2,5	0,8	A
resistent (1-3)	82	2,2	0,9	A	187	2,2	1,0	A	38	2,1	0,8	A
Wachstumsregler												
Lagerneigung												
anfällig (4-9)	60	0,9	0,5	A	238	1,1	0,6	A	56	1,1	0,6	A
resistent (1-3)	67	1,0	0,7	A	99	0,9	0,5	B	35	1,0	0,5	A

Bei starken Unterschieden im Resistenzniveau gegen Blattseptoria (BL E) ist der Unterschied der Behandlungsintensitäten von Fungiziden von resistenteren Sorten gegenüber anfälligeren Sorten sehr deutlich und signifikant. Die Unterschiede bei weniger verschiedenen Resistenzniveaus (BL A) sind weniger deutlich ausgeprägt, aber dennoch tendenziell vorhanden. Das Reduktionspotential bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch den Anbau weniger anfälliger Sorten konnte nur durch intensives Monitoring und Nutzung von Prognosemodellen (hier SepTri) ausgeschöpft werden. Allerdings besteht hinsichtlich des Erkennens von Sortenresistenzen, da die resistenten Sorten zumeist auch nicht völlig frei von Befall sind, und bei der Nutzung von Prognosemodellen weiterhin zum Teil erheblicher Beratungsbedarf.

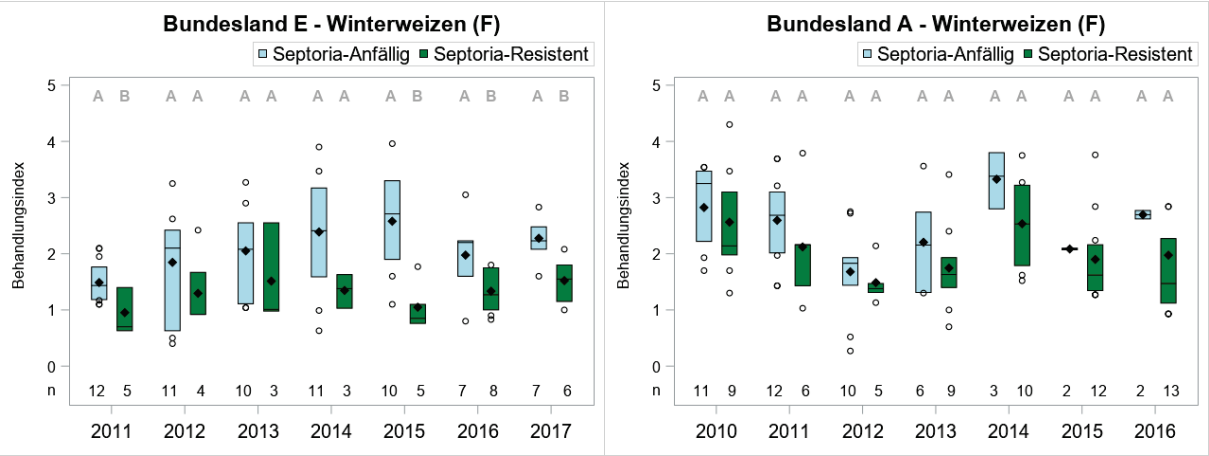


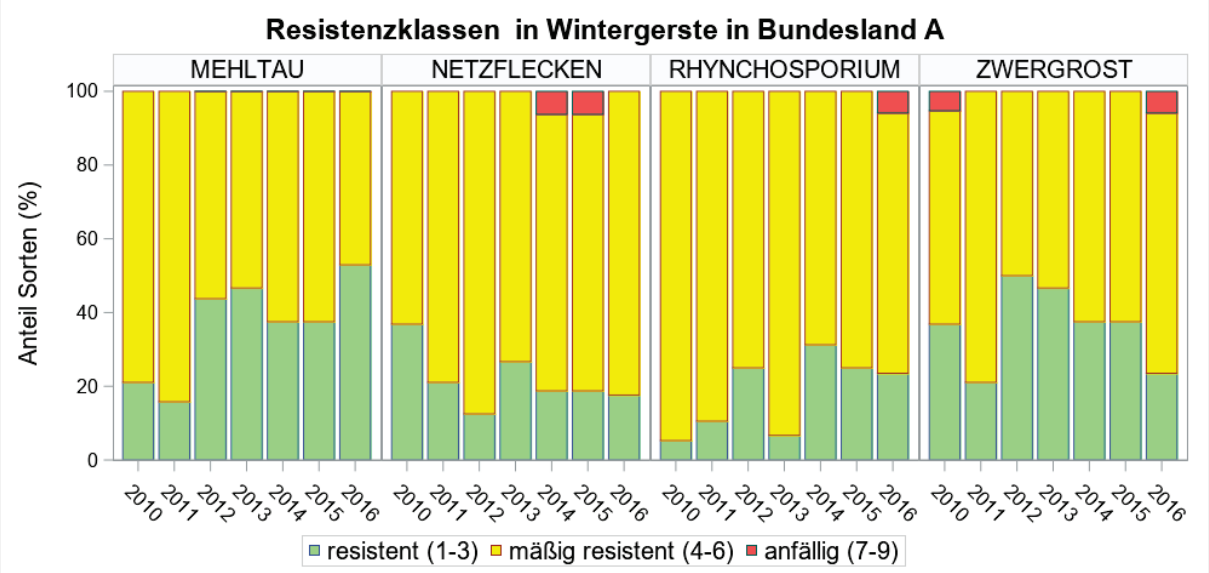
Abb. 10. Behandlungsintensität der Fungizide im Winterweizen der Demonstrationsbetriebe aus Bundesland A und E.
Bundessortennote bis 4 = Septoria-Resistent, Bundessortennote ab 5 = Septoria-Anfällig, ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (p<0,05) zwischen den Resistenzklassen.

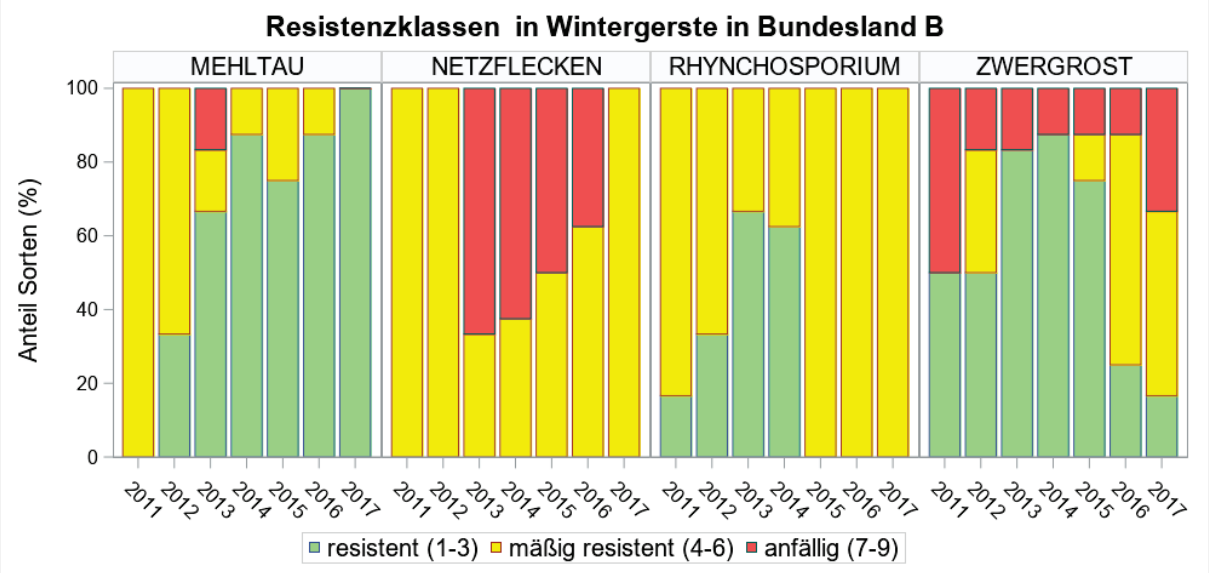
Wintergerste

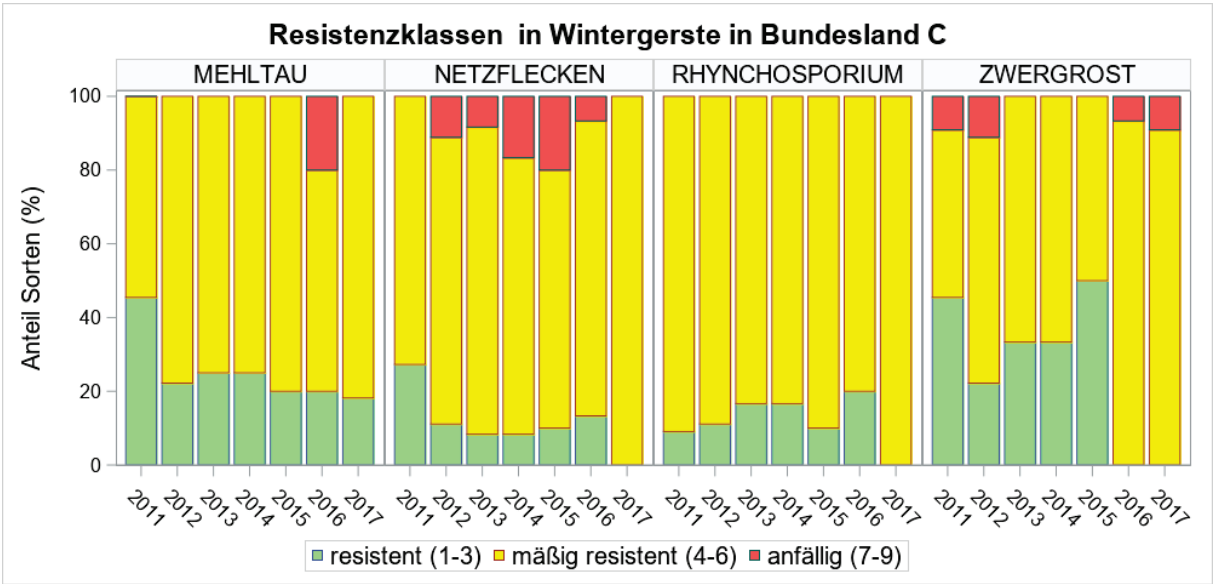
Bei Wintergerste hat die Sortenresistenz als Auswahlkriterium nach dem Ertrag und der Standfestigkeit eine eher nachgeordnete Bedeutung. Im aktuellen Sortenspektrum weisen 33 % bzw. 25 % der Sorten eine gute Resistenz gegen Mehltau und Zwergrost, aber nur 2 % bzw. 9 % der Sorten eine gute Resistenz gegen Netzflecken bzw. Rhynchosprium-Blattflecken auf (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Trotzdem ist auf den meisten Demonstrationsschlägen ein Rückgang anfälliger Sorten zu verzeichnen (Abb. 11). In den Bundesländern A, B und G kann man einen Anstieg des Sortenanteils mit resistenten Sorteneigenschaften gegen Mehltau um 9-100 % beobachten, eine Krankheit, die durch die starke Bestockungsfähigkeit der Gerste und hohe Aussaatstärken immer

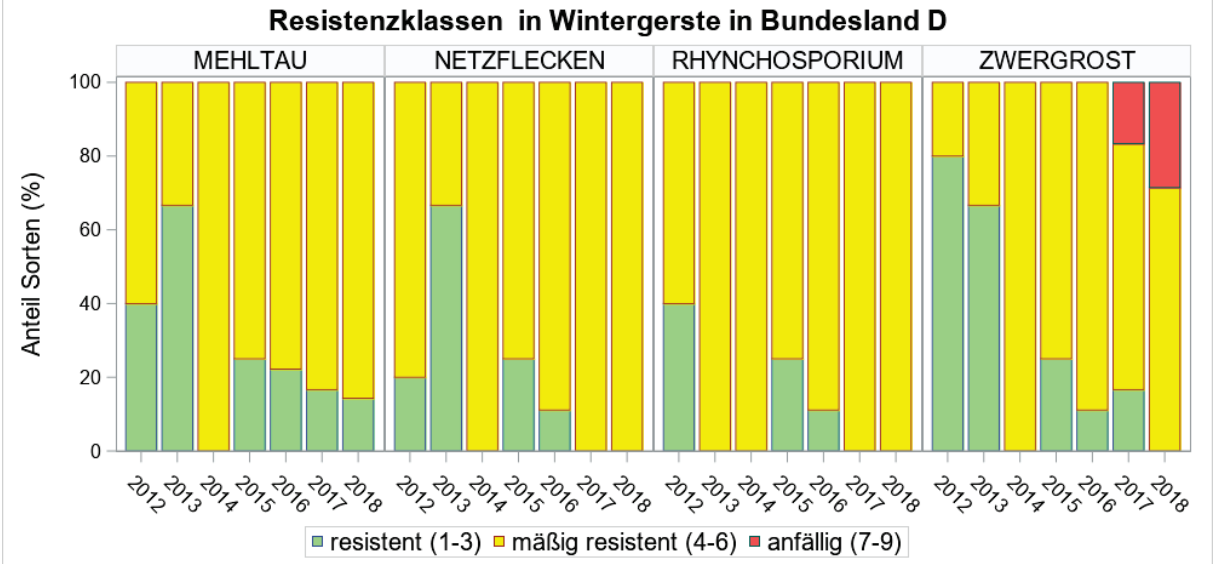
wieder zu Problemen führt. Der Anteil der gegen Zwergrost anfälligen Sorten nahm in den meisten Ländern (außer BL D) ab. In Bundesland D fanden aber nur relativ wenig Sorten Eingang in die Auswertung, da hier ein hoher Anteil Vermehrungspartner für die Züchter im Anbau standen, die keine Resistenzeinstufung von Bund und Ländern aufwiesen. Die in der Projektphase angebauten Wintergerstensorten wiesen in allen Ländern vorwiegend mäßige Resistenzeigenschaften gegen Rhynchosporium auf, hoch anfällige Sorten wurden hier nur vereinzelt angebaut. Der Anbau von für Netzflecken anfällige Sorten ging in den Betrieben während des Projektverlaufes zurück.

Nicht zu verdrängende anfällige Wintergerstensorten sind auf den Vertragsanbau der von der Industrie gewünschten Sorten (wie KWS Joy, Wintmalt), der geringen regionalen Bedeutung bestimmter Krankheiten und der Erfahrung bei der Führung und Ertragssicherheit bestimmter bewährter, aber auch anfälliger Sorten (z. B. Lomerit) zurückzuführen.






Resistenzklassen in Wintergerste in Bundesland C
MEHLTAU
NETZFLECKEN
RHYNCHOSPORIUM
ZWERGROST
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)


Resistenzklassen in Wintergerste in Bundesland D
MEHLTAU
NETZFLECKEN
RHYNCHOSPORIUM
ZWERGROST
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)

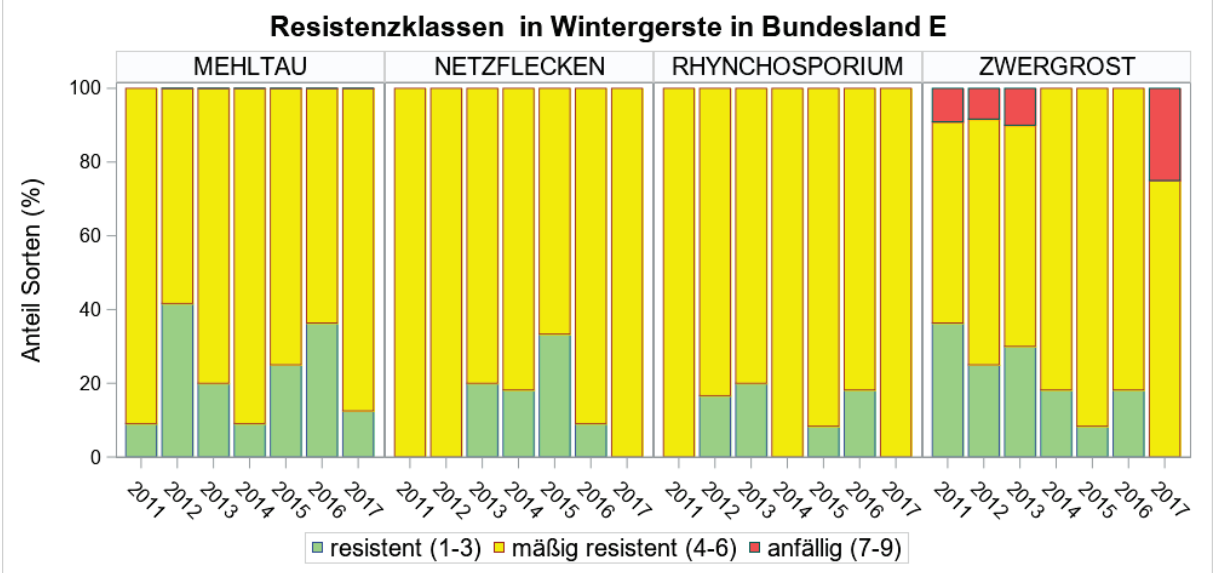

Resistenzklassen in Wintergerste in Bundesland E
MEHLTAU
NETZFLECKEN
RHYNCHOSPORIUM
ZWERGROST
Anteil Sorten (%)
0
20
40
60
80
100
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
resistent (1-3)
mäßig resistent (4-6)
anfällig (7-9)

Abb. 11. Resistenzspektrum des Wintergerstensortiments der DIPS in BL A, B, C, D, E, F, G.
Vorherjahre 2010/11 BL A, 2011/12 BL B, C, E, 2012/13 BL D, F, G, Projektjahre 2012-16 BL A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL D, F, G.

Es konnte kein Einfluss der Sorteneigenschaften in der Wintergerste innerhalb der Demonstrationsbetriebe auf die Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen nachgewiesen werden. Der Spielraum, die Fungizidanwendungen in der Wintergerste zu reduzieren, ist bei einer bis maximal zwei Applikationen je Frühjahr recht eng.

5.1.6. Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzmaßnahmen

In den Demonstrationsbetrieben wurden im Projektzeitraum verschiedene nichtchemische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps sowie teilweise auch in Mais (Stoppelbearbeitung, Trichogramma-Einsatz) demonstriert. Die Betriebsleitung bzw. Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe bewerteten die durchgeführten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Praktikabilität (Umsetzbarkeit), Effektivität (Wirksamkeit) und Effizienz (Nutzen/Aufwand) subjektiv in einem Notenspektrum von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend) (Abb. 12). Die gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden dargestellt.

Durch die am Projekt teilnehmenden Betriebe im Ackerbau wurden, je nach betrieblicher Ausstattung und Umweltbedingungen, verschiedene, zumeist bewährte, Verfahren der nichtchemischen Unkrautbekämpfung demonstriert. In allen Demonstrationsbetrieben wurde standardmäßig eine mechanische Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Flachgrubber durchgeführt. Wurden weitere mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen mittels Flachgrubber oder Scheibenegge notwendig, spielte dabei der optimale Zeitpunkt (BBCH der Unkräuter, Bodenfeuchte, Witterung) eine entscheidende Rolle. Oft mussten die Arbeitsgänge nach 2-3 Wochen wiederholt

werden, da der Effekt einer einmaligen Maßnahme nicht ausreichend war. Bei Auftreten von Problemunkräutern wurde das Intervall zwischen zwei Arbeitsgängen entsprechend verkürzt (vgl. WILHELM, 2011).

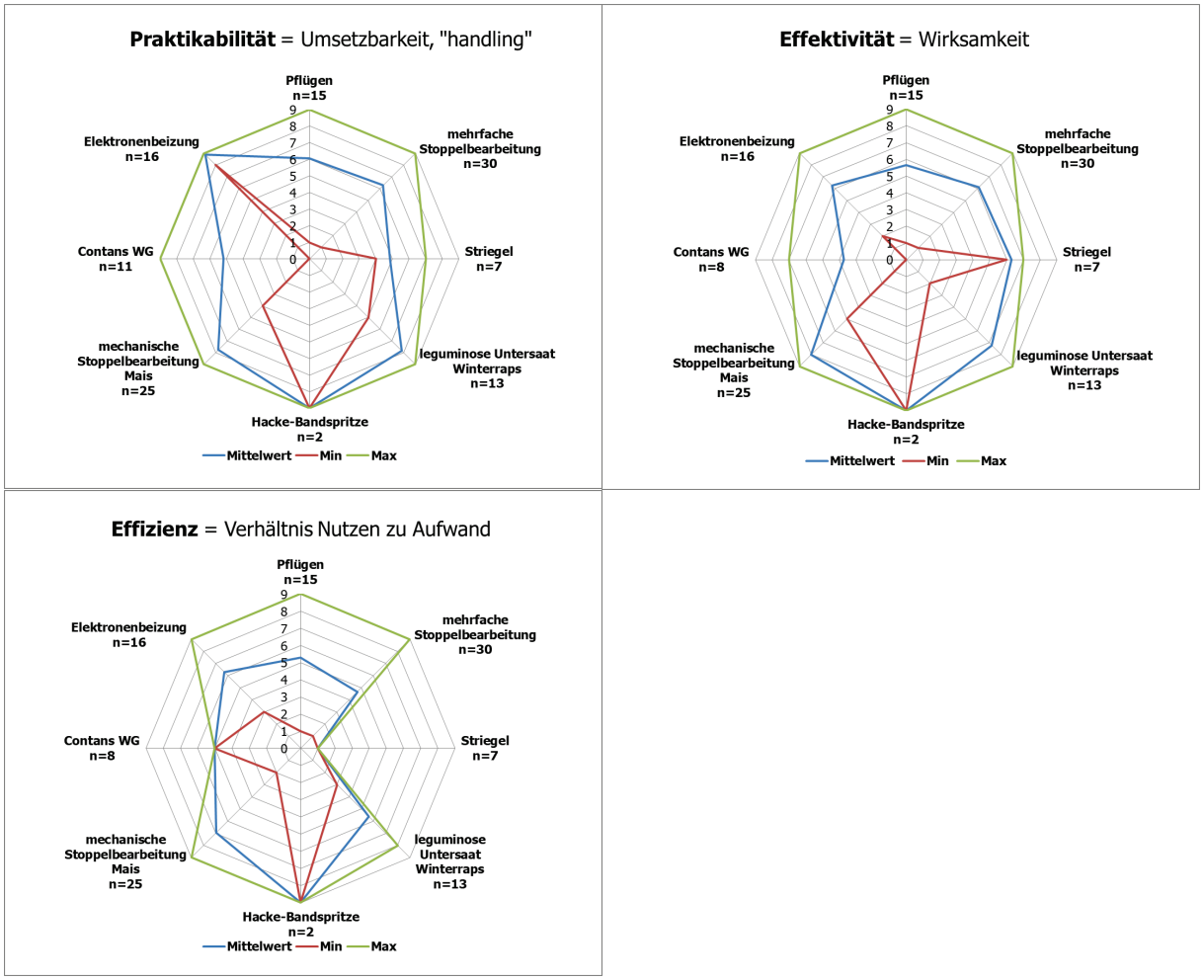


Abb. 12. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen Maßnahmen im Ackerbau der DIPS in BL A, B, C, D, E, G im Projektzeitraum 2011-2016.
subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend) n = Anzahl Bewertungen.

Neben der Bekämpfung der Unkräuter hatte die **mehrmalige mechanische Unkrautbekämpfung vor der Saat** eine positive Wirkung auf die Bodenstruktur (Saatbett) und auf die Einarbeitung der Ernterückstände der Vorfrucht. Gute Erfahrungen wurden mit dem mehrmaligen Einsatz des **Strohstriegels** kombiniert mit einer abschließenden Herbizidmaßnahme in einzelnen Betrieben gesammelt, die auch problematische Ackerfuchsschwanzstandorte bewirtschafteten, sowie mit dem Einsatz der **Prismenwalze** nach Winterraps mit dem Ziel des Schotenaufbruchs und der daraus resultierenden höheren Keimrate des Ausfallrapses. Als limitierende Faktoren sind dagegen die Witterung (zu feucht: schlechte Wirkung, zu trocken: strapazierter Wasserhaushalt), die Bodenart (Schüttfähigkeit), die Schlagkraft der Technik und die Vorfrucht (Winterraps) zu nennen. Dieses weite Spektrum der Einflussfaktoren führte zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen der Landwirtinnen und Landwirte hinsichtlich Praktikabilität, Effektivität und Effizienz des Verfahrens (Abb. 12). In mehreren Betrieben und in Jahren, die diese Maßnahmen begünstigen, konnte durch die mehrmalige Bodenbearbeitung vor der Saat die Anwendung nichtselektivern Herbizide eingespart, jedoch nicht komplett auf die Anwendung von Herbiziden verzichtet werden. Einige Betriebe haben die mehrfache mechanische Bodenbearbeitung vor der Saat im Laufe des Projektes in ihrem Betriebsablauf stark ausgebaut. In Betrieben, deren technische Ausstattung dies hergab, wurde der nicht mehr zum allgemeinen Standard gehörende Einsatz des **Pfluges** mit unterschiedlichem Erfolg demonstriert. Die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Erfolg dieses Verfahrens waren hier die Witterung, der Standort und die zeitliche Auslastung im Betrieb. Wenn der Pflug zum Einsatz kam, konnte meist auf die Anwendung nichtselektiver Herbizide verzichtet werden. Die **mechanische Stoppelbearbeitung im Mais**, kombiniert mit verschiedenen Geräten zum Zerkleinern der Maisstoppel (Fräse, Mulcher, Scheibenegge, Flachgrubber) wurde von den Landwirtinnen und Landwirten als gute Maßnahme im Hinblick

auf die Bekämpfung des Maiszünslers und zusätzliche Unkrautbekämpfung bewertet. Das **Mulchen der Feldraine** zur Unterdrückung einwandernder Ungräser war in den Demonstrationsbetrieben eine Standardmaßnahme.

Die mechanische Unkrautbekämpfung im Bestand mit dem **Striegel** wurde in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und teilweise in Winterraps mit unterschiedlichem Erfolg durchgeführt. In einzelnen Betrieben und Jahren konnte durch das dreimalige Striegeln im Wintergetreide eine Herbizidmaßnahme eingespart werden, in anderen Betrieben und Jahren gelang dies nicht. Das Einsparpotential bei der Anwendung von Herbiziden durch das Striegeln im Winterraps wurde von den durchführenden Betrieben auf bis zu 75 % geschätzt. Limitierende Faktoren waren hier die Bodenart (Schüttfähigkeit), die Bodenfeuchte, die Witterung, der Anteil perennierender Unkräuter und die Schlagkraft der vorhandenen Technik. Auch hier gehen die unterschiedliche Ausstattung der Betriebe und die Jahreseffekte in ein sehr breites Bewertungsspektrum hinsichtlich der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz dieser Maßnahme ein. Für den Einsatz dieses Instrumentes der integrierten Unkrautkontrolle stehen schlagkräftige Lösungen mit einer Arbeitsbreite von bis zu 24 m zur Verfügung. Im Winterraps wurden erste, sehr gute Erfahrungen mit einer **Hacke**, kombiniert mit einer **Bandspritze** gesammelt. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, in Reihenkulturen 60 % der herbiziden Anwendungen einzusparen. Wenn es in der Breite Anwendung finden soll, sind Untersuchungen zur agronomischen (Reihenabstände, Einzelkornsaat, Aussaatstärken, Düngung) und technischen Optimierung (Flächenleistung, Strohreste) nötig. Mittlerweile werden auch von der Industrie Lösungen zur Kombination Hacke-Bandspritze bereitgestellt. Als pflanzenbauliche Maßnahme im Winterraps wurde die **leguminose Untersaat** demonstriert. Als erosionsmindernde Maßnahme entwickelt, zeigten sich Effekte zur Minderung des Befallsdruckes der Herbstschädlinge und der Unterdrückung der Begleitflora (CADOUX et al., 2015). Friert die Untersaat ab, kann durch den Bestandesschluss im Herbst eine Herbizidmaßnahme eingespart werden, ansonsten muss diese Behandlung im Frühjahr erfolgen. Der Erfolg dieser Maßnahme wird vom Saatbett, von der Wasserverfügbarkeit im Herbst und der Verträglichkeit der Untersaat gegenüber den Vorsaatherbiziden beeinflusst.

Bei der alleinigen Anwendung von **Contans WG** (*Coniothyrium minitans)* gegen den Erreger der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum)* im Winterraps konnten im Projektzeitraum keine positiven Effekte erzielt werden (vgl. ZELLNER et al., 2011). Als Grund dafür können der fehlende Starkbefall während der Projektlaufzeit und die hohen Kosten der jährlichen Ausbringung angesehen werden, die durch die Erzeugerpreise im Ackerbau nicht kompensiert werden können. Ein Betrieb erzielte bei Vergleichen mit der Blütenbehandlung deutlich bessere Wirkungsgrade mit der chemischen Variante. Die Betriebe hinterfragten die ökonomische Notwendigkeit eines kontinuierlichen Einsatzes dieses Präparates bei stärkerem Befall mit *Sclerotinia sclerotiorum*. Hier stellt die Reduktion der Rapsanteile in der Rotation eine sinnvollere Steuermöglichkeit dar.

Unter den Marken E-PURA, E-VENTOS und E-VITA bieten Firmen mit niederenergetischen Elektronen behandeltes Saatgut als Alternative zu konventionell gebeiztem an. In zahlreichen, bundesweit angelegten Versuchen erwies sich das Verfahren als gleichwertig, solange Flugbrand nicht auftrat (JAHN et al., 2005). Bei der Verwendung zertifizierten **elektronenbehandelten Saatgutes** konnten die Betriebe keine nennenswerten Nachteile gegenüber der konventionellen Beize feststellen. Zwei Betriebe berichteten über einen Besatz mit Schwärzepilzen in Pflanzenbeständen aus elektronenbehandeltem Saatgut und eine geringere Vitalität zur Blüte, die sie auf die fehlenden Azolbestandteile bei elektronenbehandeltem Saatgut gegenüber konventionell gebeiztem Saatgut zurückführten. Ob dieser Umstand der Elektronenbehandlung zuzuschreiben ist, muss über weiterführende Versuche geklärt werden. Limitierende Faktoren bei der Verwendung elektronenbehandelten Saatgutes sind der Anbau auf Problemstandorten mit bodenbürtigen Schaderregern, die fehlende Wirkung gegen Flugbrand, die eingeschränkte Sortenverfügbarkeit und die geringe Verfügbarkeit des Saatgutes in den alten Bundesländern. Der verminderten Wirkung gegen Flugbrand kann durch den Anbau von zertifiziertem elektronenbehandeltem Saatgut entgegenwirkt werden. Zusätzlich zu den Versuchen mit elektronenbehandeltem Saatgut wurden in den Betrieben in Bundesland D Erfahrungen mit **bakteriellen Beizen** auf Basis des Bakteriums *Pseudomonas chloraphis* gesammelt. Abgesehen von der Beobachtung der gesteigerten Vitalität des bakteriell gebeizten Saatgutes bis zur Winterruhe konnte kein Unterschied zu elektronenbehandeltem oder konventionell gebeiztem Saatgut festgestellt werden. Ein Betrieb machte erste Tastversuche mit dem sich im Zulassungsverfahren befindlichen, auf mikrobieller Basis (*Bacillus* ssp.) beruhenden, die natürlichen Abwehrmechanismen stärkenden **Rapsbeizmittel „Integral Pro“**. Durch die Beize konnten erste positive visuelle Effekte auf den Besatz mit dem Rapserdfloh verzeichnet werden.

Ein Betrieb versuchte sich mit der biologischen Bekämpfung des Maiszünslers durch **Trichogramma-Schlupfwespen**, die mit einer Drohne ausgebracht wurden. Obwohl das Verfahren teurer als die chemische Variante ist und eine

zweite Anwendung notwendig werden kann, konnten hier Wirkungsgrade zwischen 50-70 % erzielt werden. Diese Erfolge veranlassten den Betrieb, das Verfahren zumindest während des Projektes fortzuführen.

5.1.7. Nützlingsfördernde Maßnahmen

In den Demonstrationsbetrieben wurden verschiedene nützlingsfördernde Maßnahmen durchgeführt. Mit der Etablierung von **Sitzkrücken** für Raubvögel wurden überwiegend positive Erfahrungen gemacht, die Sitzkrücken wurden durch heimische Greifvögel gut angenommen. Obwohl sehr arbeitsaufwendig und mitunter auch hinderlich im Betriebsablauf durch die Gefahr des Umfahrens, konnte mit den aufgestellten Sitzkrücken dem regulären Mäusebefall entgegengewirkt werden. Weitet sich der Mäusebesatz jedoch zur Kalamität aus, reichen Sitzkrücken aufgrund des im Vergleich zu den Mäusen langsameren Populationswachstums der Raubvögel nicht aus. Es wurde von einem Betrieb vermutet, dass Sitzkrücken negative Effekte auf Bodenbrüter haben, da die Sitzhilfen auch Krähenvögeln zur besseren Orientierung in der Flur dienen können. Dies ist aber vermutlich nur bei nicht ausreichender Raubvogelpopulation zu beobachten.

Gute Erfahrungen wurden mit der Anlage von **Gewässerrandstreifen** gesammelt. Die Anlage und Führung dieser ist vorerst kostenintensiv (Flächenverbrauch, Saatgut, Arbeitsaufwand) und bedarf einer gewissen Etablierungszeit in den Betriebsablauf, doch das Risiko des Abschwemmens von Pflanzenschutzmittelrückständen und Düngemitteln mit dem Ackerboden bei Erosionsereignissen und das Risiko der Verletzung der Abstandsauflagen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Gewässernähe sinken deutlich. Auch mit der Anlage von **Blühstreifen** und **Bienenweiden** wurden in einigen Betrieben gute Erfahrungen gesammelt. Förderlich für die Population von Solitär- und Wildbienen in räumlicher und zeitlicher Dimension, so berichteten es einige Landwirtinnen und Landwirte nach langjähriger Erfahrung mit deren Anlage und Pflege, sind sie allerdings nur, wenn sie in der offenen, angeschlossenen Agrarstruktur, und nicht auf unproduktiven, versteckten Brachen und zudem dauerhaft etabliert werden. (vgl. PATERSON et. al, 2019; PONISIO et al., 2019; STECKEL et. al, 2014; STEFFAN-DEWENTER et.al., 1999). Ein Betrieb berichtete von einer ansteigenden Artenzahl (auch Arten der Roten Liste) und weitete die Bienenweide in der Fläche und auf die mehrjährige Nutzung aus. Kritik wurde an den starren Förderrichtlinien (Vorgabe Saatmischungen, Wegfall der Förderung bei Mausschaden) geübt.

5.2. Monitoring im Ackerbau

Als zentrales Element des integrierten Pflanzenschutzes und in der *JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau* (FREIER et al., 2014a) bestimmt, gilt die Bestandes- und Schaderregerüberwachung, auf die im Rahmen des Projektes ein großes Augenmerk gelegt wurde. Zur Schaderregerüberwachung zählen direkte Methoden, wie Monitoringmaßnahmen im Feld (Feldbegehungen, Bonituren) als Grundlage zur schwellenwertbezogenen Entscheidungsfindung und indirekte Maßnahmen, wie die Nutzung von Warndienstmeldungen, Prognosemodellen, Wetterprognosen und Fachliteratur. Die im Rahmen dieses Projektes von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern ermittelten Daten wurden im Feld erhoben und betreffen nur die direkten Maßnahmen der Schaderregerüberwachung. In Abhängigkeit der Kultur (Winterweizen, Wintergerste, Winterraps) wurden die Anzahl der Monitoringmaßnahmen und der zeitliche Aufwand für alle in der Vegetation aufgetretenen pilzlichen, pflanzlichen und tierischen Schadorganismen je Schlag ermittelt, die das Mindestmaß der Bestandesüberwachung abbilden, das zur Umsetzung der Anforderungen des integrierten Pflanzenschutzes notwendig ist (Tab. 27). Grundlage waren repräsentative Erhebungen der Monitoringmaßnahmen durch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau in Bundesland A (2012-2016), Bundesland B (2013-2015), Bundesland C (2013-2014, 2017), Bundesland D (2015-2018), Bundesland E (2013-2017), Bundesland F (2015-2018) und Bundesland G (2014-2018) sowie Expertenbefragungen. Die Anzahl der benötigten durchschnittlichen Boniturtage lag im Winterraps bei 10, im Winterweizen bei 8 und in der Wintergerste bei 6 Tagen je Erntejahr. Der Monitoringaufwand war im Winterraps am höchsten, gefolgt von Winterweizen und Wintergerste. In diesen Kulturen betrug der Monitoringaufwand je Schlag durchschnittlich jeweils 170, 147 und 111 Minuten je Erntejahr. Der Fokus lag im Winterraps auf den tierischen Schädlingen mit durchschnittlich 131 min/Schlag, gefolgt von Unkrautbonituren (17 Minuten/Schlag) und Aufwendungen zur Bestandesüberwachung (12 Minuten/Schlag). Aufwendungen zur Sklerotinia-Bonitur waren mit 6 Minuten/Schlag eher gering, da hier für die Entscheidungsfindung entweder das Prognosemodell SkleroPro oder Erfahrungswerte herangezogen wurden. Die Notwendigkeit des Schneckenmonitorings trat sporadisch auf und wurde daher durchschnittlich über alle Demonstrationsschläge mit 4 Minuten/Schlag angegeben. Die tatsächlich benötigte Zeit für diese Bonitur, sollte sie notwendig werden, liegt bei 20 Minuten/Schlag über die Schläge,

auf denen diese Bonitur durchgeführt wurde. Speziell für die Anforderungen des Monitorings auf Schadinsekten im Winterraps stellen die benötigten Aufwendungen das Mindestmaß dar, da sich hier der Bedarf in Jahren, in denen der Befall früh beginnt und starke Gradationen aufweist, stark erhöhen kann, um den Anforderungen des IPS zu genügen.

Tab. 27. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Ackerbau (2014-2018) Boniturtermine: durchschnittliche Anzahl Boniturtage gesamt und je Schaderregerkategorie pro Fläche und Jahr. Boniturzeit: durchschnittliche Boniturzeit gesamt und je Schaderregerkategorie pro Schlag und Jahr in Minuten, F = Pilzkrankheiten, H = Unkräuter, I = Schädlinge, W = Bestandesentwicklung, M = Schnecken

Kultur	Boniturtermine [Tage]						Boniturzeit [min]						Zeit/Termin
	gesamt	F	H	I	W	M	gesamt	F	H	I	W	M	[min/Tag]
Winterweizen	8	5	2	2	1	0	147	81	29	29	8	1	19
Wintergerste	6	4	1	1	1	0	111	69	20	13	8	1	18
Winterraps	10	0,4	1	9	1	0,4	170	6	17	131	12	4	17

Die Relationen der notwendigen Boniturzeiten bei Winterweizen und Wintergerste ähneln sich erwartungsgemäß. So liegen die Aufwendungen der Krankheitsbonituren mit 81 und 69 Minuten/Schlag vor denen für Unkräuter (29 und 20 Minuten/Schlag), Schädlingen (29 und 14 Minuten/Schlag) und den Aufwendungen zur Bonitur der Bestandesentwicklung mit jeweils 8 Minuten/Schlag. Wie beim Winterraps trat die Notwendigkeit des Schneckenmonitorings sporadisch auf und wurde daher durchschnittlich über alle Demonstrationsschläge mit 1 Minute/Schlag angegeben. Die tatsächlich benötigte Zeit für diese Bonitur, sollte sie notwendig werden, lag bei 25 bzw. 24 Minuten/Schlag auf den Schlägen, auf denen diese Bonitur durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse des Monitorings wurden vor Ort unter Einbeziehung der Ergebnisse von Länderversuchen mit den Betrieben diskutiert, wobei diese letztendlich die Entscheidung über die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen selbst trafen. Mit Hilfe von Monitoring, exzellenter Beratung und der Zusammenarbeit aller Beteiligten bei der Entscheidungsfindung konnte so ein schlag- und situationsspezifischer Pflanzenschutz durchgeführt werden. Dies wird u. a. in der Behandlungsintensität von resistenten bzw. weniger resistenten Winterweizensorten aber auch für das Reduktionspotential im Bereich der Insektizide deutlich. Die Einsicht in die Notwendigkeit von schlagbezogenen Befallserhebungen für einen situationsbezogenen und gut terminierten Pflanzenschutz hat sich bei den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern und Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe, die schon vor Projektbeginn regelmäßig ihre Schläge kontrollierten verstärkt, wodurch das Monitoring im Betrieb ausgeweitet wurde. In den meisten Betrieben, die ihre Schläge nur sporadisch aufgesucht haben, wurde das Monitoring über die Projektlaufzeit ausgeweitet und wird auch nach Projektende in den Betriebsablauf, je nach Priorisierung und Möglichkeiten der Betriebe, integriert. Trotzdem erklärte ein Großteil der Betriebe (19 von 27), das intensive Monitoring nicht in dem Maße, wie es der Projektbetreuung möglich war, fortführen zu können. Als Gründe werden hier die mangelnde personelle Ausstattung, die in den meisten Betrieben schon an der ökonomischen Obergrenze angesiedelt war und die damit einhergehenden zeitlichen Beschränkungen für das intensive Engagement für die Befallsüberwachung genannt. Hier besteht weiterhin Beratungs- und Informationsbedarf. Als Lösung wurde eine engmaschigere Verteilung der Schaderregerüberwachungsflächen der Länder angesprochen, die ein differenzierteres regionales Bild des Befallsgeschehens vermitteln soll, so dass die Landwirtinnen und Landwirt mit den spezifischen Bestandesbonituren beginnen können, wenn ein Erstauftreten auf den nächstgelegenen Schaderregerüberwachungsflächen ermittelt wird.

5.3. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen

5.3.1. Behandlungsindices in Winterweizen

Bundesland A

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland A im Winterweizen lag in den Jahren 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 und 2016 bei 6,8, 5,4, 4,6, 5,4, 6,5, 4,8 und 6,0 (Abb. 13). Die Betriebsdurchschnitte streuten, außer 2012, dem Jahr mit einem sehr geringen Befallsdruck, sehr stark. Die Gesamt-Behandlungsintensitäten lagen in allen Jahren (außer 2010 und 2014), in den Jahren 2011, 2013 und 2015 signifikant (19 %, 25 %, 29 %) unter denen der Vergleichsbetriebe. Im Durchschnitt der Betriebe konnten Reduktionspotentiale bei den Insektiziden und Fungiziden ermittelt werden. Die Anwendungen der **Fungizide** lagen in den Projektjahren außer 2014 unter denen der Vergleichsbetriebe. In Jahren mit eindeutigen Befallssituationen, wie 2014, mit starkem

Auftreten von Gelbrost, Mehltau und Blattseptoria aufgrund der feucht-warmen Witterung, konnten gegenüber den Vergleichsbetrieben keine Einsparpotentiale aufgezeigt werden. In den anderen Jahren führten ein geringeres Auftreten von Pilzerkrankungen wie 2012, auf einzelnen Schlägen beobachtete Befallsentwicklungen, wie 2013, und späte Infektionen, wie 2015, zu einem differenzierten, schlagbezogenen Entscheidungsprozess in den meisten Demonstrationsbetrieben. Im Jahr 2015 konnten durch die Beratungsleistung der Projektbetreuung die Vorsichtsmaßnahmen, die das „Gelbrostjahr“ 2014 hätte auslösen können, in den meisten Betrieben vermieden werden. Auch **Insektizide** wurden sehr differenziert, schlagspezifisch und situationsbezogen angewendet. Signifikante Unterschiede zu den Insektizid-BI der Vergleichsbetriebe bestanden in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2015. Auffällig ist die starke Streuung der betrieblichen Gesamt-BI. Zurückzuführen ist dies auf die unterschiedlich starke Inanspruchnahme und Berücksichtigung der Empfehlungen der Projektbetreuung. Auf zwei Betrieben waren langjährige, vertraute Beraterinnen und Berater tätig deren situative Einschätzungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen selten deckungsgleich mit denen der Projektbetreuung waren. Da die Kooperation mit den Privatberaterinnen und Privatberatern aber die Projektlaufzeit überdauerte, war die Bindung an deren Empfehlung verständlich. Dies verursachte jedoch unter Umständen intensivere Behandlungen. Andere Betriebe hingegen suchten die Beratung und den regen Informationsaustausch mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern und trafen die Entscheidungen über die Pflanzenschutzmittelanwendung ausschließlich auf Grundlage der Schaderregerüberwachung und Schadschwellen.

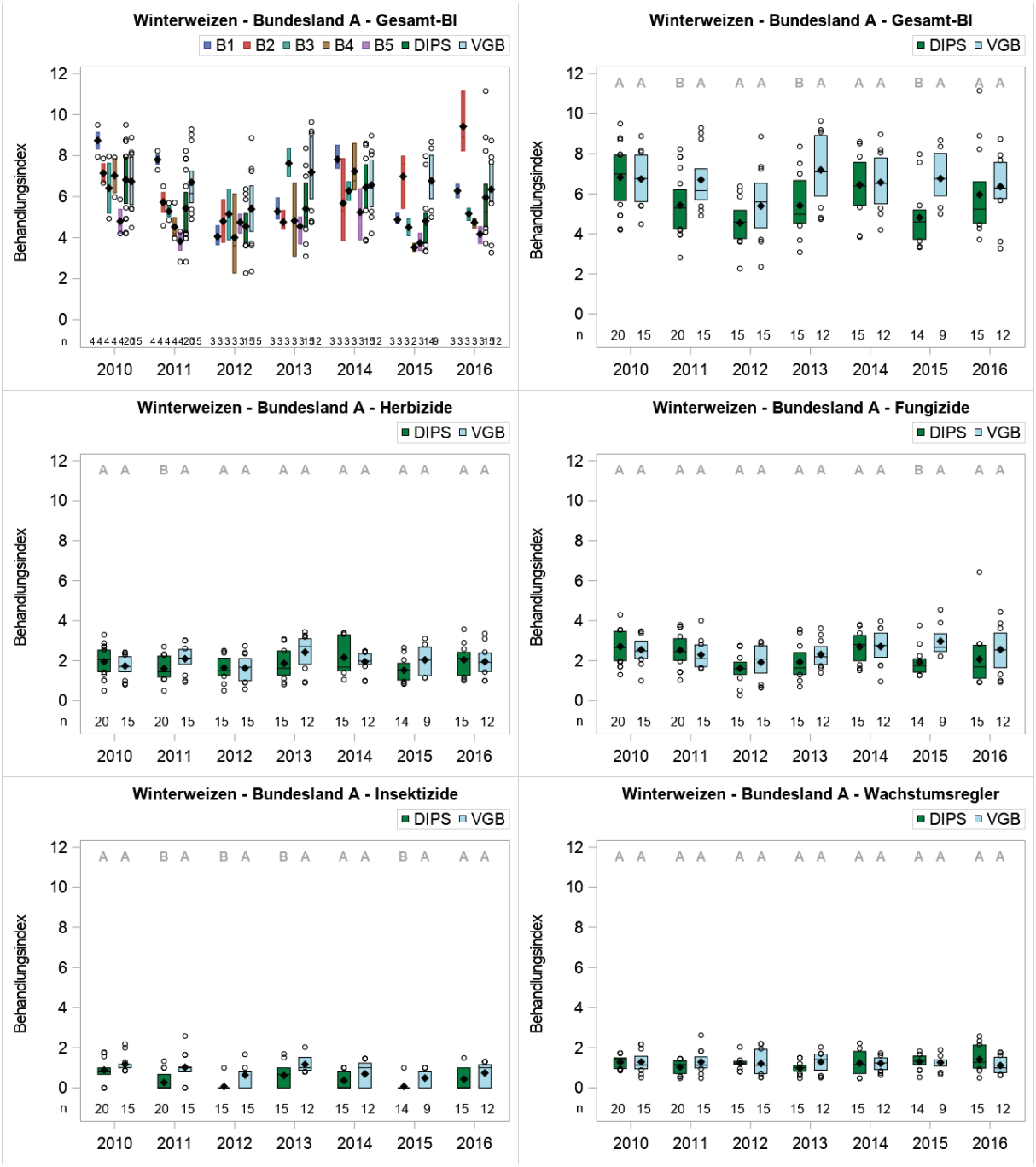


Abb. 13. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland A.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2010, 2011, Demonstrationsflächen 2012-2016), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland B

Die Ackerbaubetriebe aus dem Bundesland B begannen ihre Projektlaufzeit nicht gleichzeitig. Zwei der drei Betriebe traten ihre Projektlaufzeit zum Erntejahr 2013, ein Betrieb zum Erntejahr 2014 an. Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland B im Winterweizen in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 6,4, 6,7, 6,0, 7,1, 5,2, 6,1 und 6,7 (Abb. 14). Während die Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe im Projektzeitraum der Demonstrationsbetriebe bis 2016 kontinuierlich anstiegen, konnte man bei den Demonstrationsbetrieben einen tendenziellen Rückgang der BI bis zum Jahr 2015 und einen leichten Anstieg in den zwei darauffolgenden Jahren beobachten, der aber nicht dem der Vergleichsbetriebe entsprach. Die Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe lagen ab dem Jahr 2013, in den Jahren 2014, 2015, 2016 und 2017 signifikant unter denen der Vergleichsbetriebe. Die erhöhten BI der Jahre 2014 und 2016 sind auf den Projekteinstieg des dritten Betriebes des Bundeslandes B im Jahr 2014 und den erhöhten Befallsdruck durch Blattläuse

als Virusvektoren und Blattkrankheiten in den Jahren 2014 und 2016 zurückzuführen. Die Reduktion der Anwendungen der **Fungizide** im Jahr 2015 konnte, wie schon in Bundesland A gezeigt, durch die Einsparung von Vorsichtsmaßnahmen, potentiell verursacht durch das vermehrte Krankheitsauftreten und hier vor allem des Gelbrostes im Vorjahr, durch die Offizialberatung erreicht werden. Im Jahr 2016 lagen, durch konsequente Bonituren und die Anwendung von Schadschwellen und Entscheidungshilfesystemen, die Intensitäten der Fungizid-Anwendungen unter denen der Vergleichsbetriebe. Eine Reduktion der **Wachstumsregler**anwendungen konnte seit Projektbeginn durch eine an die Versuchsergebnisse des Pflanzenschutzdienstes des Bundeslandes B, die nahelegen, dass ein erhöhter Einsatz zu Ertragsdepressionen führen kann, orientierte Anwendung erreicht werden. Die Reduktionen der Pflanzenschutzmittelanwendungen innerhalb der Demonstrationsbetriebe zeigten zum einen tatsächliche Potentiale auf, andererseits begründen sich die Reduktionen im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben zum Teil auf die geringe Anzahl der Betriebe und die Lage der verschiedenen Betriebe und Netzwerke in unterschiedlichen Anbaugebieten, die auch unterschiedliche Befallssituationen bedingten.

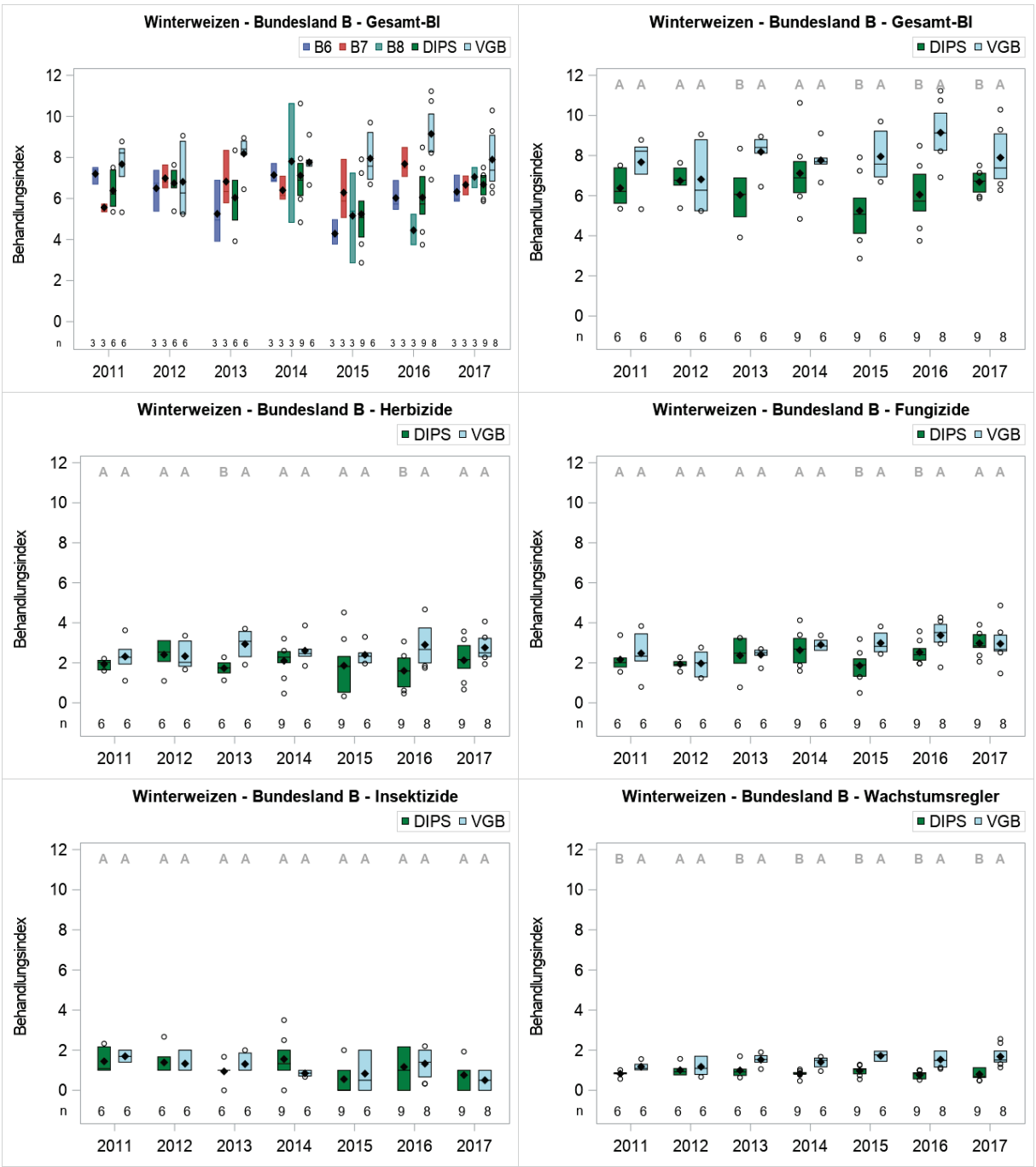


Abb. 14. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland B.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012 und Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland C

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland C im Winterweizen in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 5,0, 6,4, 5,9, 6,7, 5,7, 6,5 und 5,3. (Abb. 15). Die Behandlungsintensitäten unterschieden sich, außer im Jahr 2011, nicht wesentlich von denen der Vergleichsbetriebe und streuten zwischen den Betrieben deutlich. Gründe dafür sind die heterogenen natürlichen Produktionsbedingungen (Bodenart, Höhenlage und damit jährliche Temperaturverläufe, Niederschläge) der Betriebe des Bundeslandes C, die Nähe der Vergleichsbetriebe zu der Pflanzenschutzberatung des Pflanzenschutzdienstes, und der damit einhergehenden guten Umsetzung der Forderungen des IPS. Zudem fand in der Betreuung der Betriebe in den Jahren 2014 und 2016 jeweils ein Wechsel statt, was die Umsetzung der Projektziele erschwerte. Auffällig ist die reziproke Entwicklung der Pflanzenschutzintensität des Betriebes 12 gegenüber den anderen Betrieben. Ursächlich hierfür waren einerseits die Tätigkeit von vertrauten Beraterinnen und Beratern, die über das Projektende hinaus mit dem Betrieb arbeiten und die schwierige Konsensfindung mit den nicht deckungsgleichen Empfehlungen der Projektbetreuung. Andererseits fand zum Erntejahr 2016 ein Wechsel in der Verwaltung des Betriebes statt und damit verloren sich die Identifizierung mit dem Projekt und der Konsens über die Projektziele. Große Streuungen liegen auch bei der Anwendung von **Insektiziden** vor. Hier sind starke betriebliche Entwicklungen und Unterschiede zwischen den Betrieben erkennbar. Die betrieblichen Unterschiede der Insektizidintensitäten reichten bei den Demonstrationsbetrieben in den Projektjahren von 0 bis 4, was situationsspezifische und schwellenwertbasierte Behandlungen aufzeigte. Auch bei der Anwendung von **Herbiziden** und **Fungiziden** wurde situations- und schlagspezifisch über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entschieden.

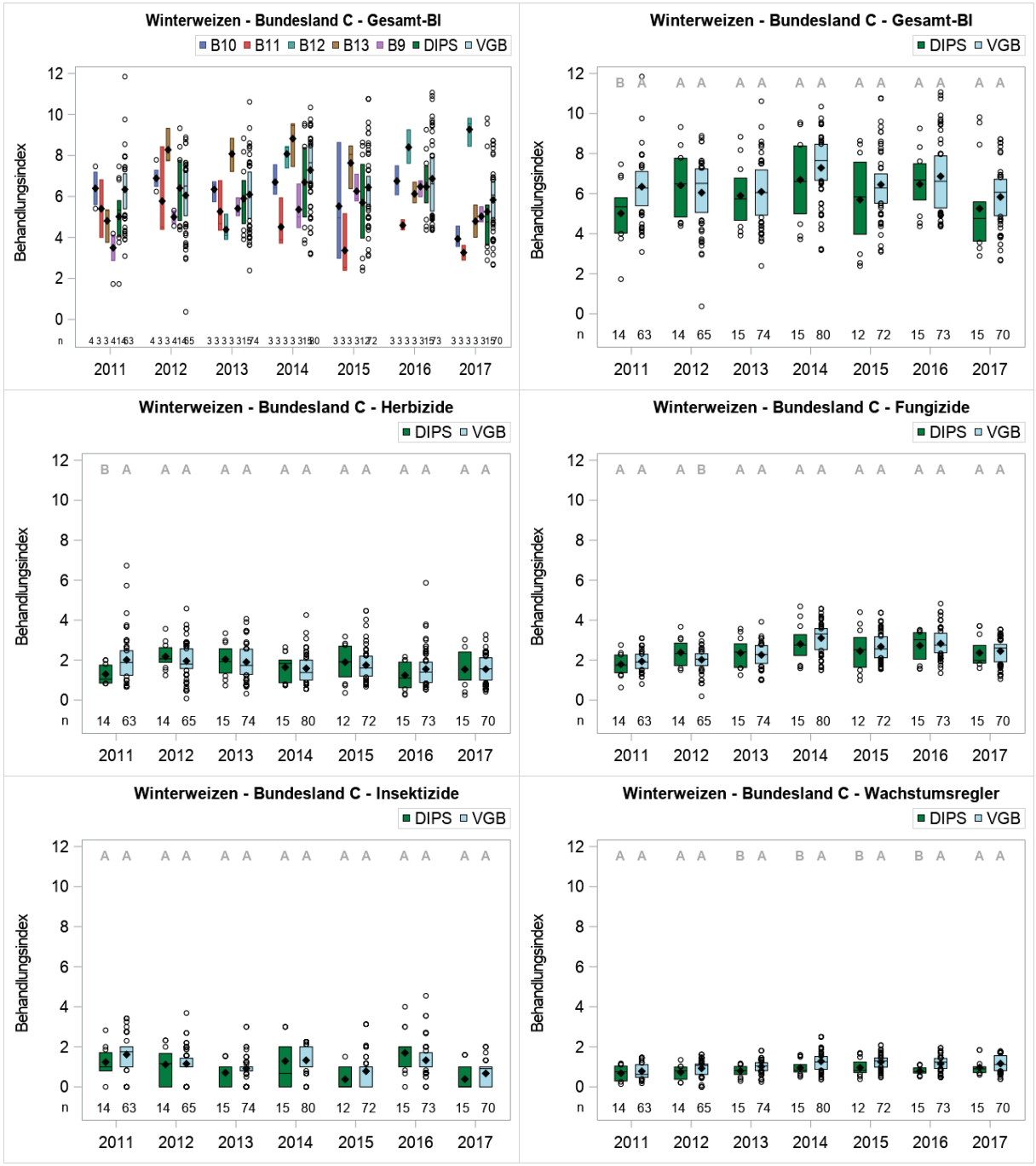


Abb. 15. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland C.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland D

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland D im Winterweizen in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 8,9, 7,5, 9,1, 7,4, 8,0; 7,2 und 4,6 (Abb. 16).

Signifikante Unterschiede zu den Vergleichsbetrieben konnten auf Ebene der Gesamt-BI für das Jahr 2018 gefunden werden. Die Betriebe zeigten in den Jahren mit moderatem Krankheitsdruck starke Streuungen, in Jahren mit lokal ausgeprägten Krankheitsverläufen agierten die Betriebe situationsbezogen.

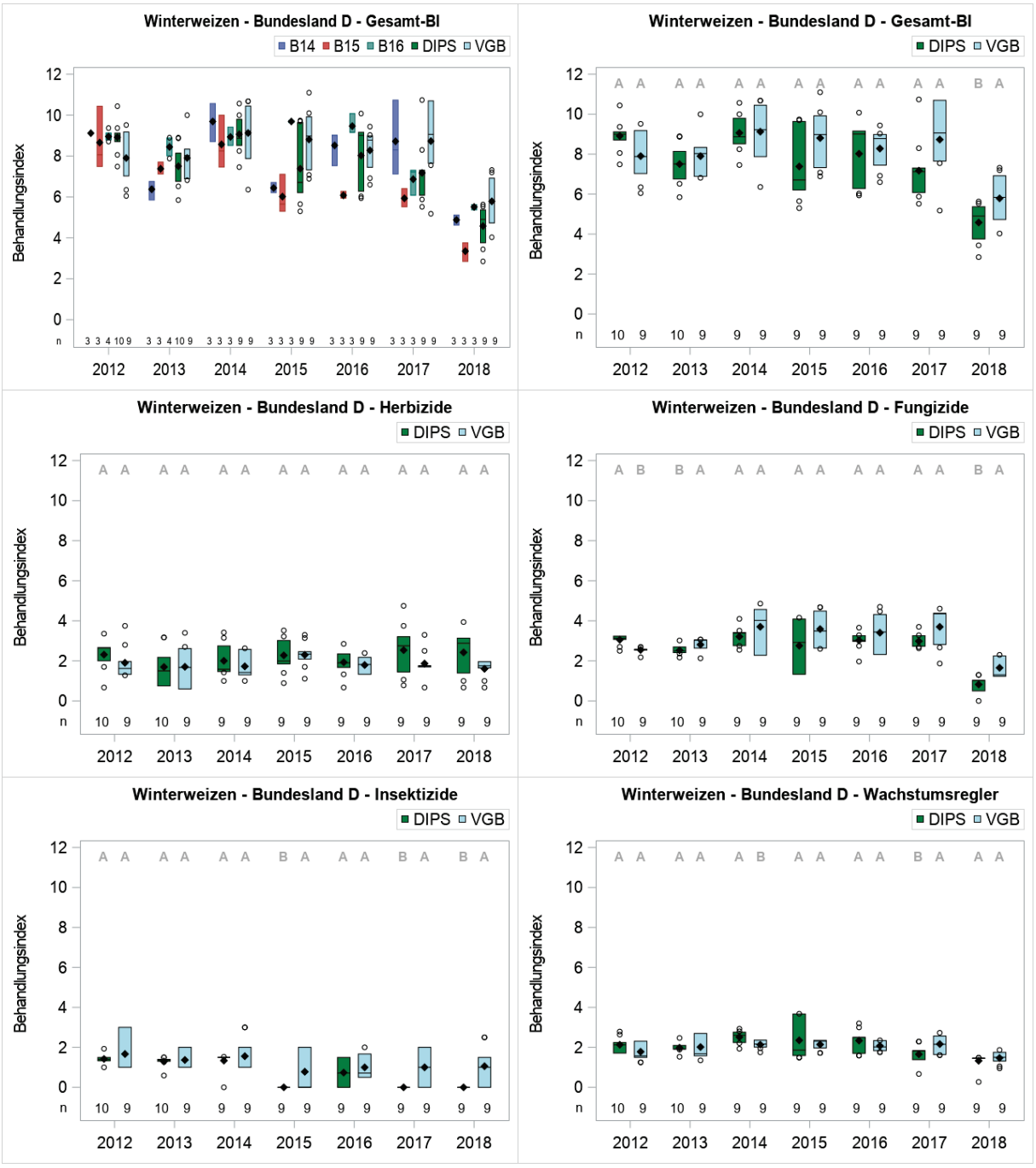


Abb. 16. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland D.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

So nahm die Behandlungsintensität der Insektizide im Projektverlauf durch die erhöhte Monitoringaktivität in den Betrieben und die Beratungsleistung der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer ab. In den Jahren 2015, 2017 und 2018 kamen die Betriebe sogar ohne Insektizidbehandlungen aus und lagen damit signifikant unter den Anwendungen der Vergleichsbetriebe. Die BI der Fungizide schwankten um einen Wert von durchschnittlich 2,9, da in Küstennähe und der damit verbundenen hohen Tauentwicklung die Gefährdung durch Blattseptoria gegeben ist. Die Trockenheit

des Jahres 2018 bedingte einen sehr geringen Befallsdruck. Durch intensives Monitoring, die Abstimmung der Betriebe mit der Projektbetreuung und die Nutzung von Prognosemodellen resultierten die geringen Anwendungen, die gegenüber den Vergleichsbetrieben mit einem Fungizid-BI von 0,8 halbiert waren. Verursacht durch die starke Windaktivität ergaben sich auffallend hohe Anwendungen von Wachstumsreglern von 2,0 im Mittel der Jahre. Die signifikant geringeren Aufwendungen im Jahr 2017 wurden durch N-Sensor gestützte Ausbringung der Wachstumsregler in einem Betrieb erreicht.

Bundesland E

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland E im Winterweizen in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 4,9, 5,1, 5,8, 5,6, 5,1, 4,3 und 5,0 (Abb. 17).

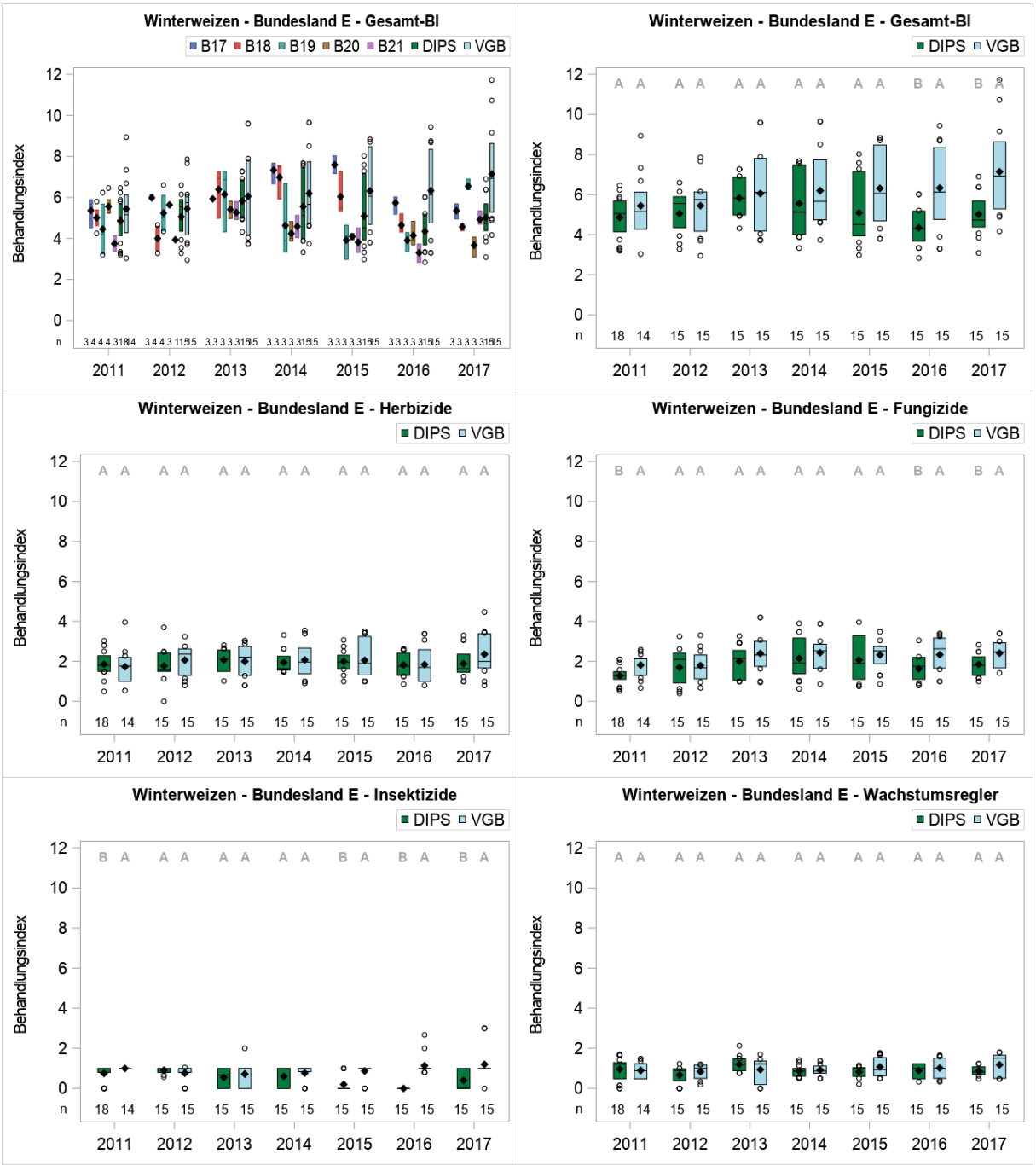


Abb. 17. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland E.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Die Behandlungsintensitäten lagen in allen Jahren unter denen der Vergleichsbetriebe, signifikante Unterschiede konnten in den Jahren 2016 und 2017 aufgezeigt werden.

Bei den Anwendungen der **Fungizide** war bei den Demonstrations- und Vergleichsbetrieben über die Jahre ein leichter Anstieg bis zum Jahr 2014 zu verzeichnen, der sich in den Vergleichsbetrieben bis zum Ende der Projektlaufzeit der Demonstrationsbetriebe fortsetzte. Durch die Anpassung des Sortenspektrums in drei der fünf Demonstrationsbetriebe zugunsten resistenterer/toleranterer Weizensorten konnten diese, begleitet durch intensives Monitoring und durch unabhängige Beratung der Projektbetreuung eigenständiger entscheiden, was hier zu Einsparpotentialen fungizider Anwendungen in den Jahren 2016 und 2017 durch die Nutzung des Sorteneffektes führte. Einsparpotentiale konnten auch bei der Anwendung von **Insektiziden** aufgrund intensiver Bestandesüberwachung und der konsequenten Anwendung des Schadschwellenkonzeptes gezeigt werden. Im Jahr 2015 konnten vier von fünf Betrieben, 2017 drei von fünf und im Jahr 2016 alle Betriebe auf deren Einsatz verzichten.

Bundesland F

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland F im Winterweizen in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 5,1, 5,4, 3,7, 4,6, 4,9, 5,2 und 3,5 (Abb. 18). Signifikante Unterschiede zu dem Vergleichsbetrieb konnten auf Ebene der Gesamt-BI, außer im Jahr 2015, nicht gefunden werden. Die z. T. sehr starke Streuung zwischen den Betriebs-BI lässt sich auf die unterschiedlichen Umweltbedingungen (Höhenlage) der Betriebe zurückführen.

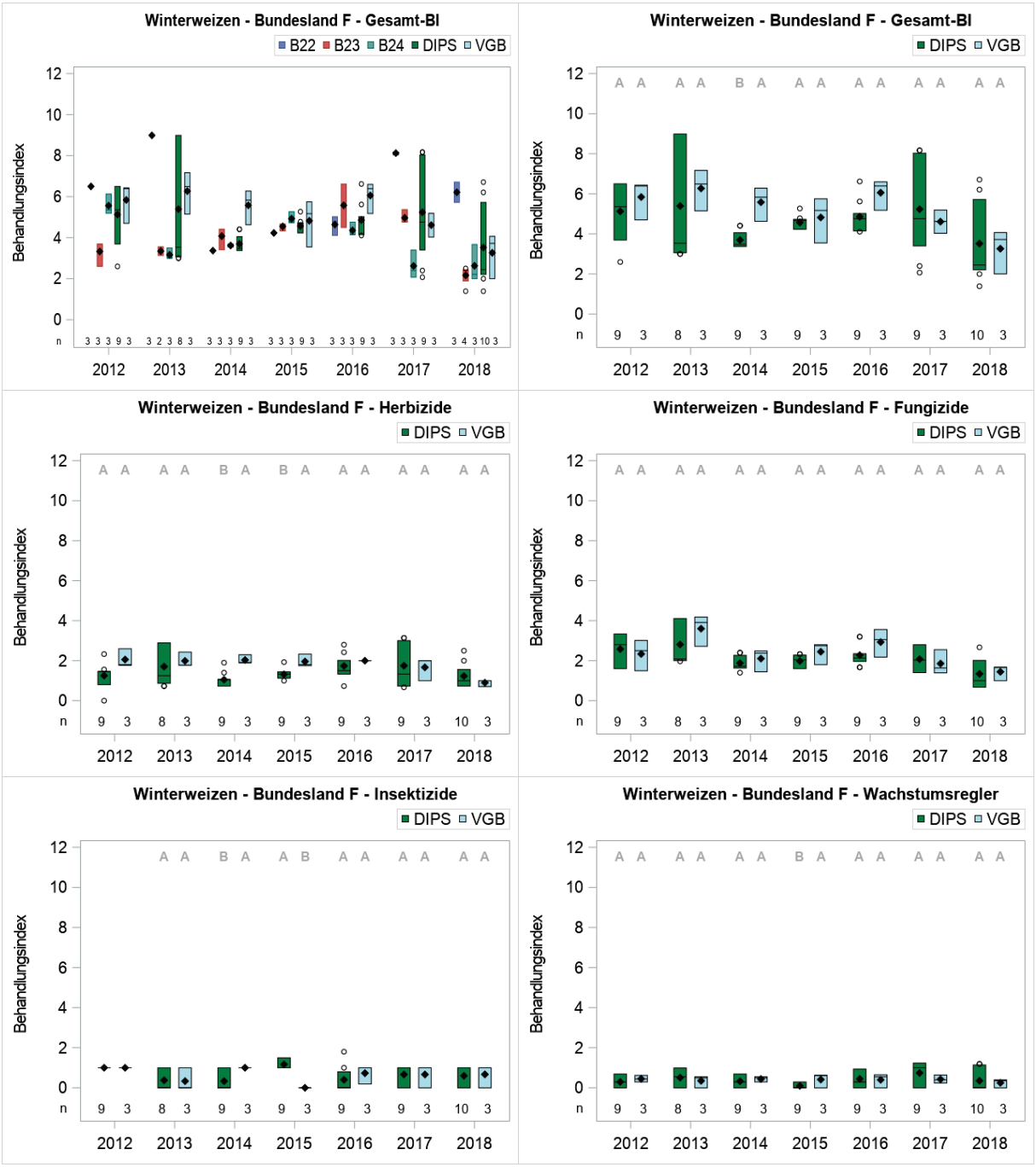


Abb. 18. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B22-24 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland F.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Ursächlich für die verminderten Herbizid-BI der Jahre 2013, 2016 und 2017 und für die starke Streuung zwischen den einzelnen Schlägen waren spät räumende Blattvorfrüchte, die keine Anwendung von Totalherbiziden zur Vorsaat- und Vorauflaufanwendung notwendig machten. Bei den Anwendungen der **Fungizide** fällt auf, dass die Demonstrationsbetriebe und der Vergleichsbetrieb im Gegensatz zu den Jahren vor dem Projekt (2012, 2013) die Schläge im Laufe des Projektes im Durchschnitt ein Drittel weniger behandelten. Ursächlich dafür ist die Beratung der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer, dessen Augenmerk auf der, wenn möglich, pauschalen Reduktion von einer Fungizidbehandlung entweder zum Zeitpunkt T1 oder T3 lag. Des Weiteren wurde versucht, das Potential von im biologischen Anbau verwendeten Weizensorten und alter Getreidearten, wie Emmer oder Gelbweizen, zu demonstrieren und deren Anbau als marktfähige Innovation in den Betrieben zu etablieren. Diese Sorten und Arten wiesen bei Befallsgeschehen geringe Behandlungsintensitäten von durchschnittlich einer Behandlung (T2) auf. Als nicht ganz unproblematisch stellte sich jedoch die kontinuierliche Vermarktung dieser Sorten dar.

Bundesland G

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland G im Winterweizen in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 4,6, 5,4, 5,5, 3,7, 5,4, 6,2 und 6,6 (Abb. 19). Signifikante Unterschiede zu den Vergleichsbetrieben konnten auf Ebene der Gesamt-BI 2015 und 2018 gefunden werden. Auffällig erscheint ab 2016 die starke Streuung zwischen den Betrieben B25, B27 und dem Betrieb B26. Ursächlich dafür ist die Vermehrungstätigkeit dieses Betriebes von Getreide und Gräsern mit der damit einhergehenden Notwendigkeit, die Schläge des Gesamtbetriebes frei von Befall zu halten, um die Vermehrung von Beikräutern und den Herbstbefall von Insekten als Virusvektoren in der Fruchtfolge zu unterbinden, damit Aberkennungen im Zertifizierungsverfahren vermieden werden. Erhöhte Insektizidanwendungen in den Jahren 2017 und 2018, der Herbizide und der Fungizide in den Jahren 2017 und 2018 sind auf diesen Umstand zurückzuführen. Im Jahr 2015 konnte aber ein schlag- und situationsspezifischer Pflanzenschutz in diesem Betrieb zu signifikant geringeren Fungizidanwendungen führen.

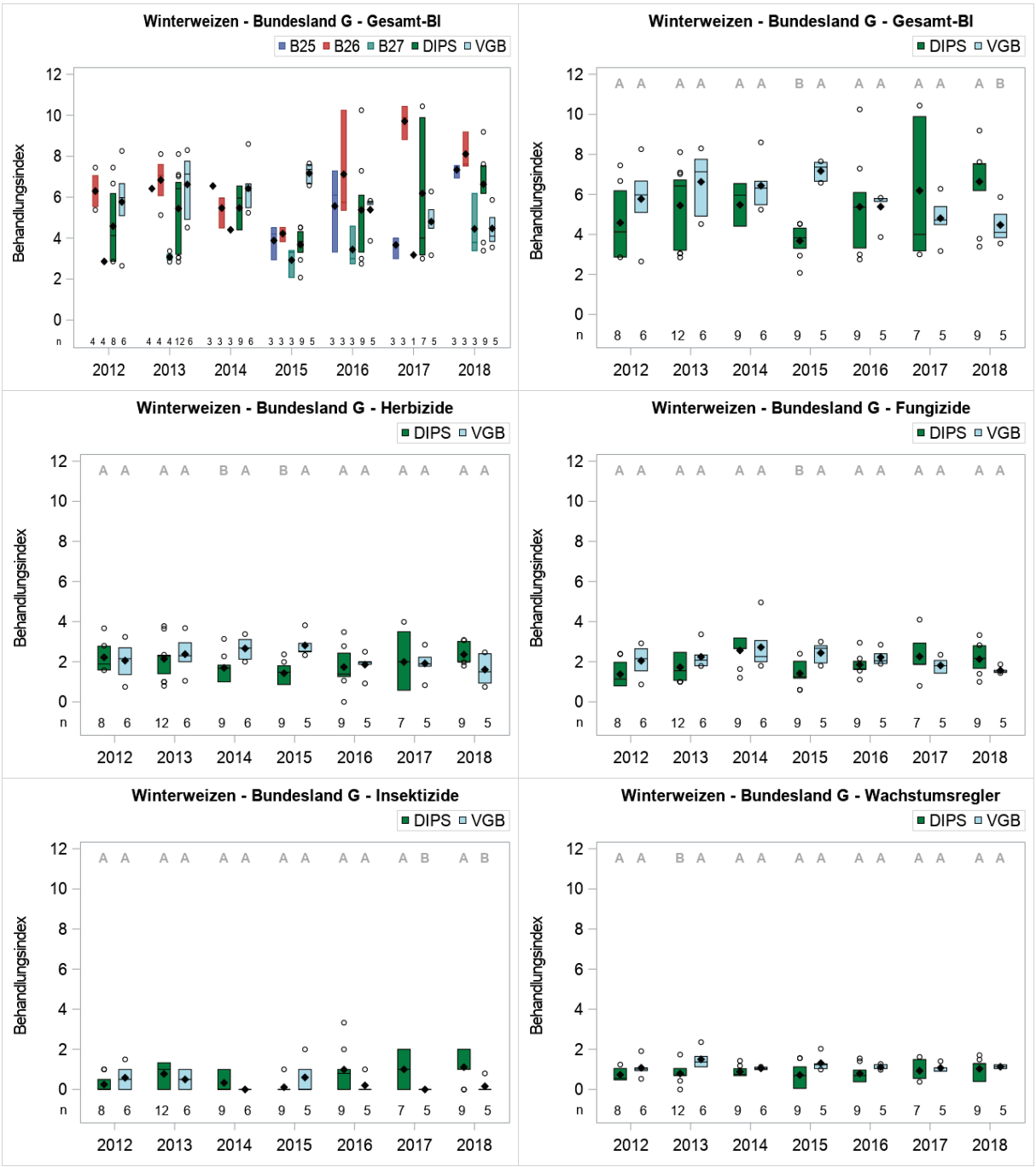


Abb. 19. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterweizen im Bundesland G.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

5.3.2. Behandlungsindices in Wintergerste

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland A in Wintergerste in den Jahren 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 und 2016 lag bei 3,6, 3,7, 4,0, 3,5, 4,2, 4,1 und 3,8 (Abb. 20). Die Behandlungsintensitäten lagen wie im Winterweizen, in allen Jahren unter denen der Vergleichsbetriebe, im Jahr 2013 signifikant (und hier auch die der Herbizide und Wachstumsregler).

Große Reduktionen konnten bei dem niedrigen Behandlungsniveau nicht erwartet werden. Das größte Einsparpotential lag, wie im Winterweizen, bei der (Herbst-)Anwendung der Insektizide.

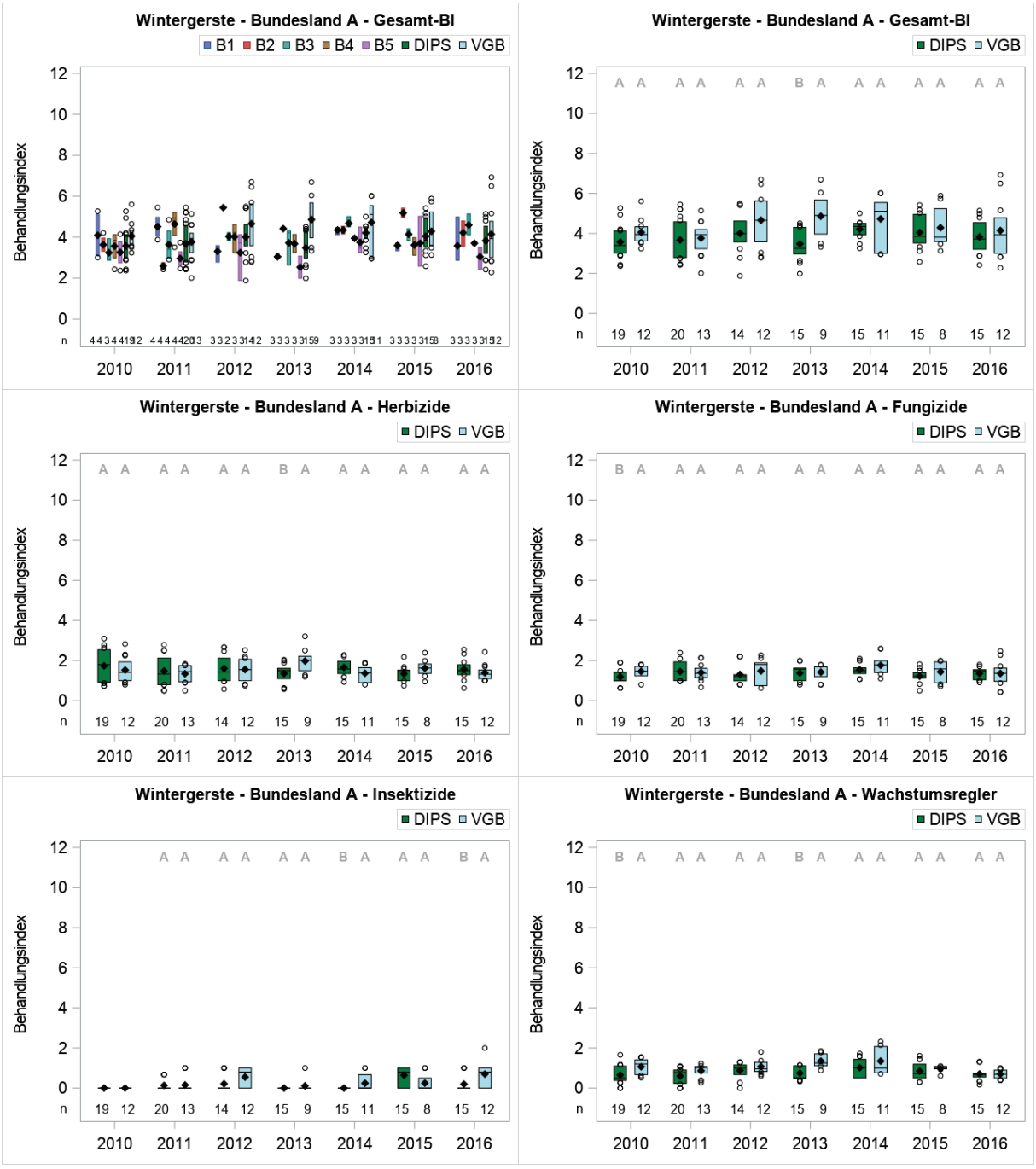


Abb. 20. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland A.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2010, 2011, Demonstrationsflächen 2012-2016), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland B

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland B in der Wintergerste in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 5,3, 5,7, 4,8, 4,4, 4,4, 4,7 und 4,8 (Abb. 21). Die Behandlungsintensitäten schwankten im Laufe des Projektes um einen Mittelwert von 4,9. Geringe

Reduktionspotentiale konnten im Projektverlauf bei der Anwendung der Wachstumsregler, der Herbizide und der Fungizide aufgezeigt werden. Letztendlich waren aufgrund der optimierten Behandlungsstrategie mit einer Herbizidbehandlung und einer möglichen Insektizidbehandlung gegen Virusvektoren im Herbst, einer Wachstumsreglermaßnahme im Frühjahr und ein bis zwei Fungizidbehandlungen, die auch in den Vergleichsbetrieben so Anwendung findet, keine großen Reduktionspotentiale zu erwarten.

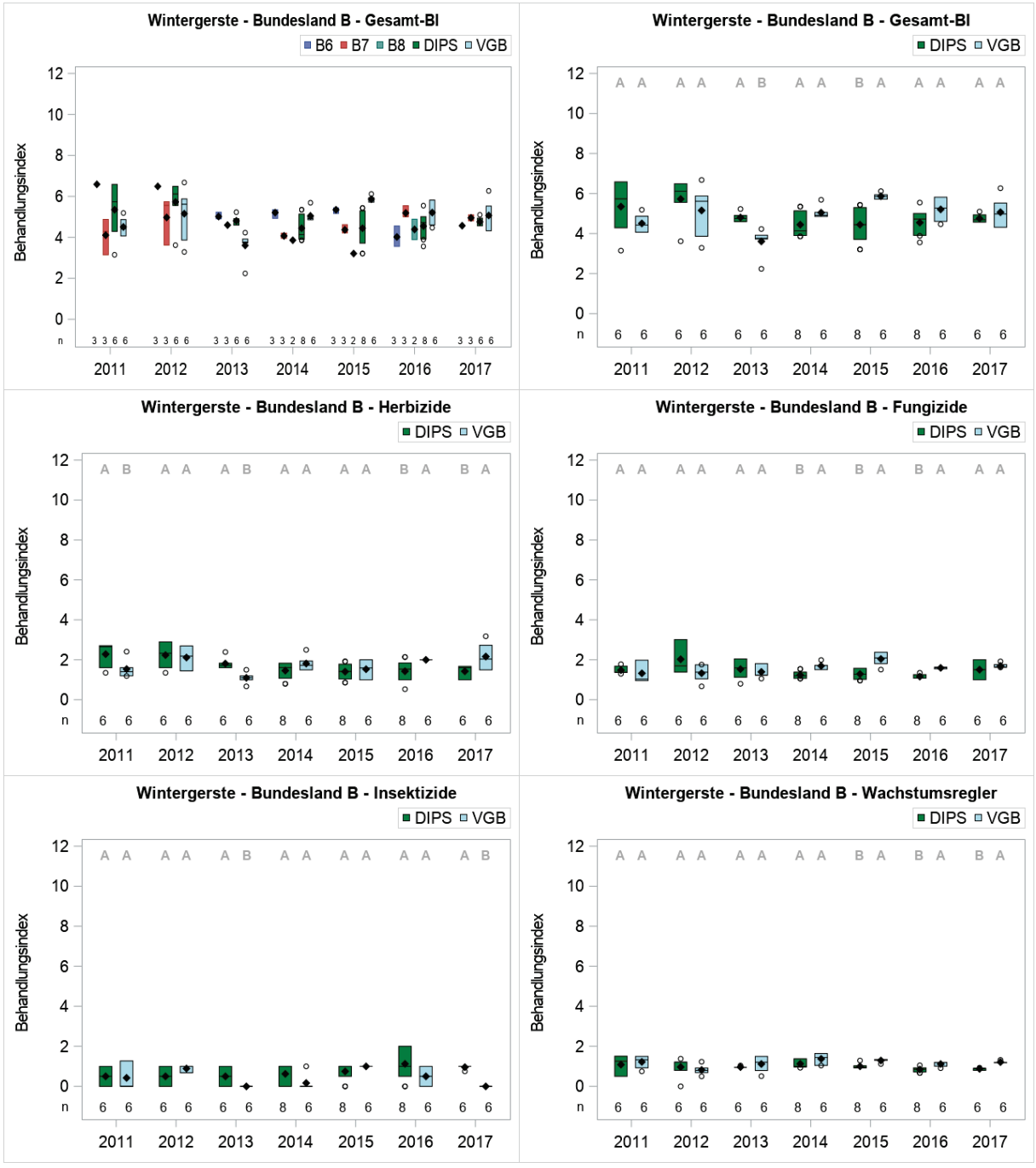


Abb. 21. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland B.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland C

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland C in Wintergerste in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 3,7, 4,6, 5,1, 4,7, 4,7, 5,9 und 5,1 (Abb. 22). Die Behandlungsintensitäten unterschieden sich nicht wesentlich von denen der Vergleichsbetriebe, waren im Jahr 2016 sogar um 1,1 signifikant höher, verursacht durch erhöhte Herbizid-, Fungizid- und Insektizidapplikationen eines

Betriebes. Die Ursachen wurden im vorangegangenen Kapitel erörtert. Wie in den zuvor betrachteten Bundesländern war für Einsparpotential aus oben genannten Gründen wenig Spielraum.

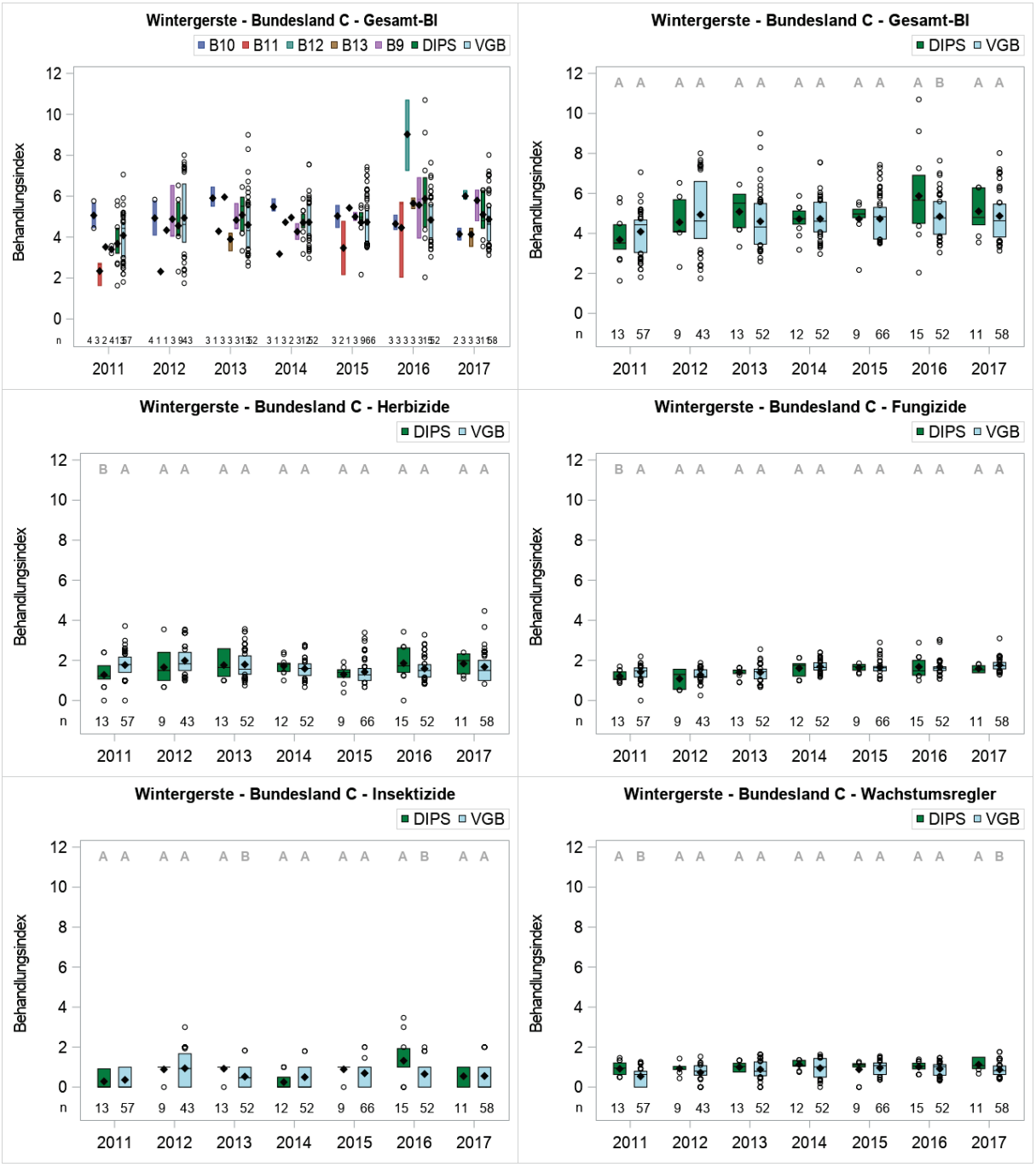


Abb. 22. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland C.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland D

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland D in Wintergerste in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 5,0, 4,7, 4,6, 4,5, 4,4, 5,5 und 3,6 (Abb. 23). Die Behandlungsintensitäten gingen während der bisherigen Projektlaufzeit leicht zurück und lagen unter denen der Vergleichsbetriebe. Die in beiden Netzen zur Erhebung von Pflanzenschutzmittelanwendungen (DIPS, VGB) vorgefundenen geringeren Behandlungsintensitäten im Jahr 2018 sind auf die trockene Witterung und das daraus folgende geringe Schaderregeraufkommen zurückzuführen. Signifikante Unterschiede konnten während der Projektlaufzeit nicht gefunden werden. Bei den herbiziden und fungiziden Maßnahmen konnte keine Entwicklung beobachtet werden. Der Anstieg der Behandlungsintensität im Jahr 2017 wurde durch ein frühes und verstärktes

Auftreten von Zwergrost verursacht, das in erhöhten Fungizidmaßnahmen mündete. Wie im Winterweizen gab es gewisse Reduktionspotentiale bei der Verwendung von Insektiziden, im Projektzeitraum konnte in den Demonstrationsbetrieben auf ihren Einsatz verzichtet werden. Als Grund dafür können das intensive Monitoring, die Berateraktivität und die Aufgeschlossenheit der Betriebe herangezogen werden.

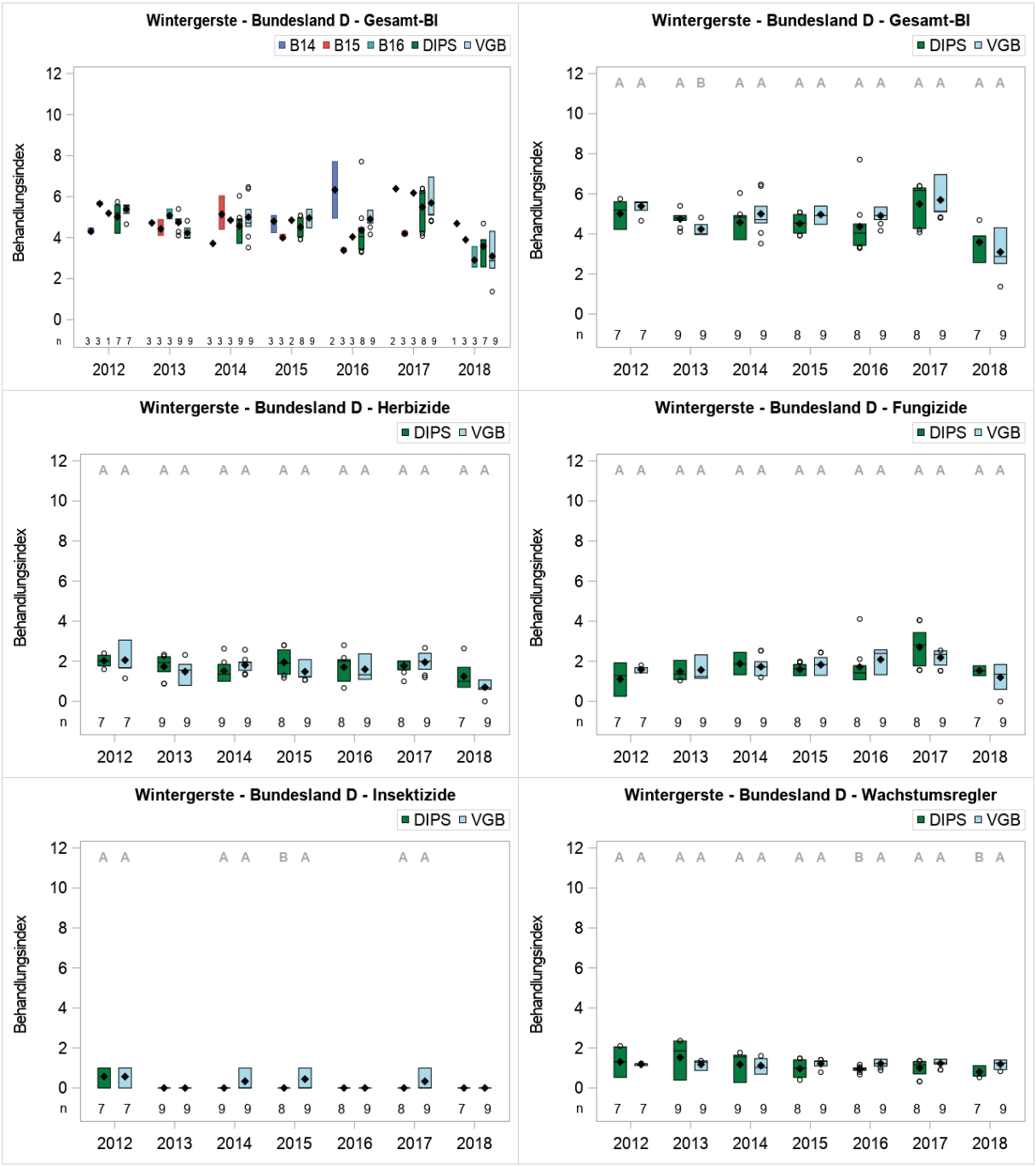


Abb. 23. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B14-16 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland D.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland E

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland E in Wintergerste in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 4,1, 4,0, 5,0, 3,7, 3,8, 3,7 und 4,4 (Abb. 24). Die Behandlungsintensitäten pendelten in allen Jahren um einen Mittelwert von 4,1 und stiegen nicht, wie bei den Vergleichsbetrieben der Region zu beobachten, im Laufe der Jahre an. Dies führte zu signifikanten Unterschieden gegenüber den Demonstrationsbetrieben ab dem Jahr 2015. Die Intensitäten der Herbizidanwendungen nahmen im

Projektverlauf geringfügig ab und lagen auch hier in den Jahren 2015 und 2017 signifikant unter denen der Vergleichsbetriebe. Grund war die einmalige Herbstanwendung auf allen Schlägen.

Durch den günstigen Witterungsverlauf in den Jahren 2015 und 2016 kamen drei der vier Betriebe, die relativ tolerante Wintergerstensorten anbauten, mit maximal einer Fungizidmaßnahme aus. Ein Betrieb, der die anfällige Sorte Lomerit im Anbau führte, musste in den Jahren 2015 und 2016 zweimal Fungizide applizieren. Trotzdem lag der Fungizid-BI unter dem der Vergleichsbetriebe. Die unterschiedlichen Schläge wurden situationsspezifisch behandelt. Die unterschiedlichen Sorteneigenschaften finden sich in der Streuung der Fungizid-BI wieder. Die insektiziden Maßnahmen wurden schlagspezifisch nach Befall mit Virusvektoren durchgeführt und lagen im Schnitt leicht unter denen der Vergleichsbetriebe.

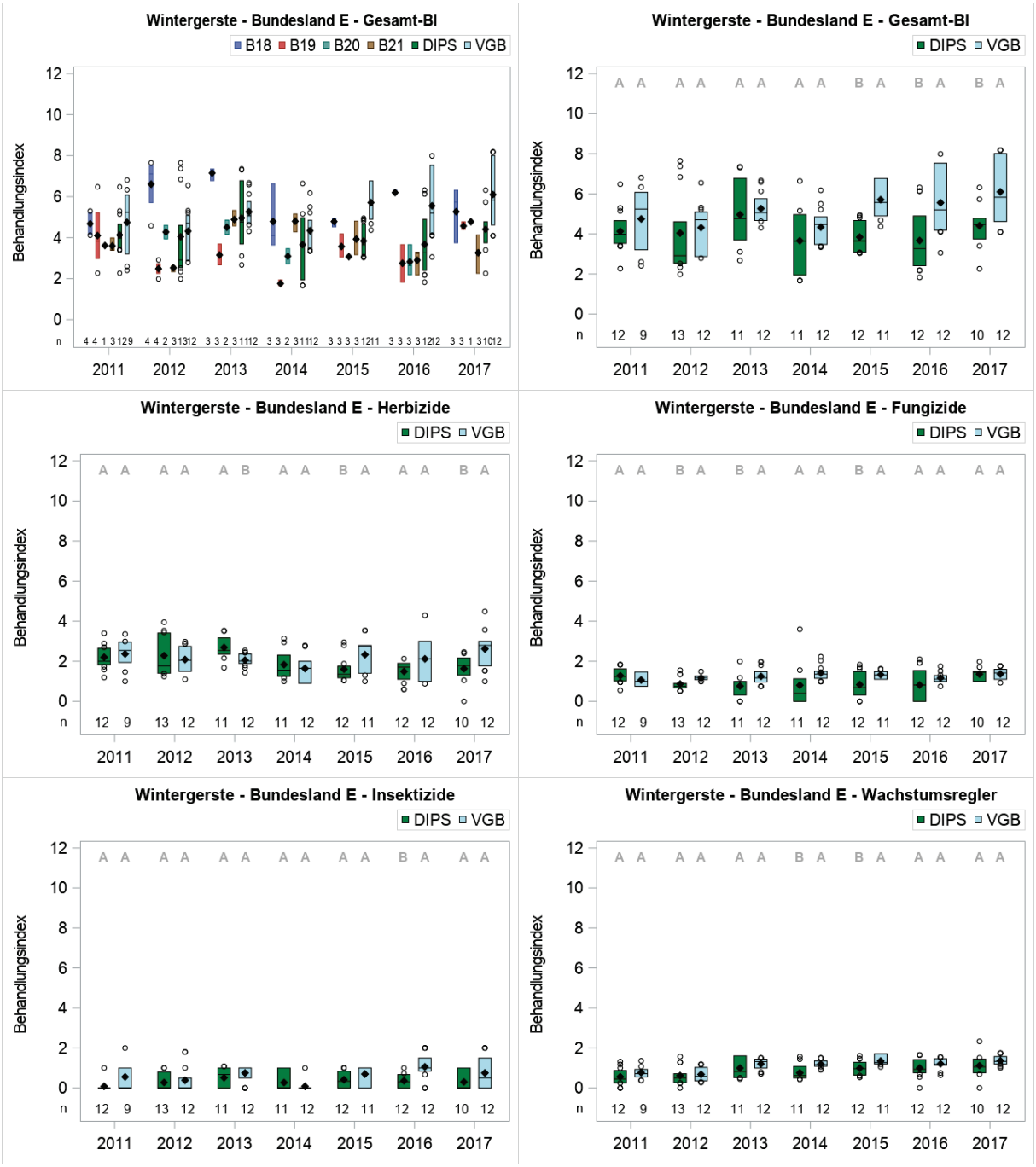


Abb. 24. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B18-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland E.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland F

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland F in Wintergerste in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 4,4, 3,7, 3,1, 2,6, 3,8, 4,0 und 4,2 (Abb. 25). Die Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe nahmen mit Projektbeginn bis zum Jahr 2015 ab und stiegen bis 2018 wieder etwas. Ursächlich für die Reduktionen sind einmalige Herbizidapplikationen der Demonstrationsbetriebe und eine im Zuge des Projektes gestärkte Sensibilisierung für schlag- und situationsspezifische Fungizid- und Insektizidanwendungen.

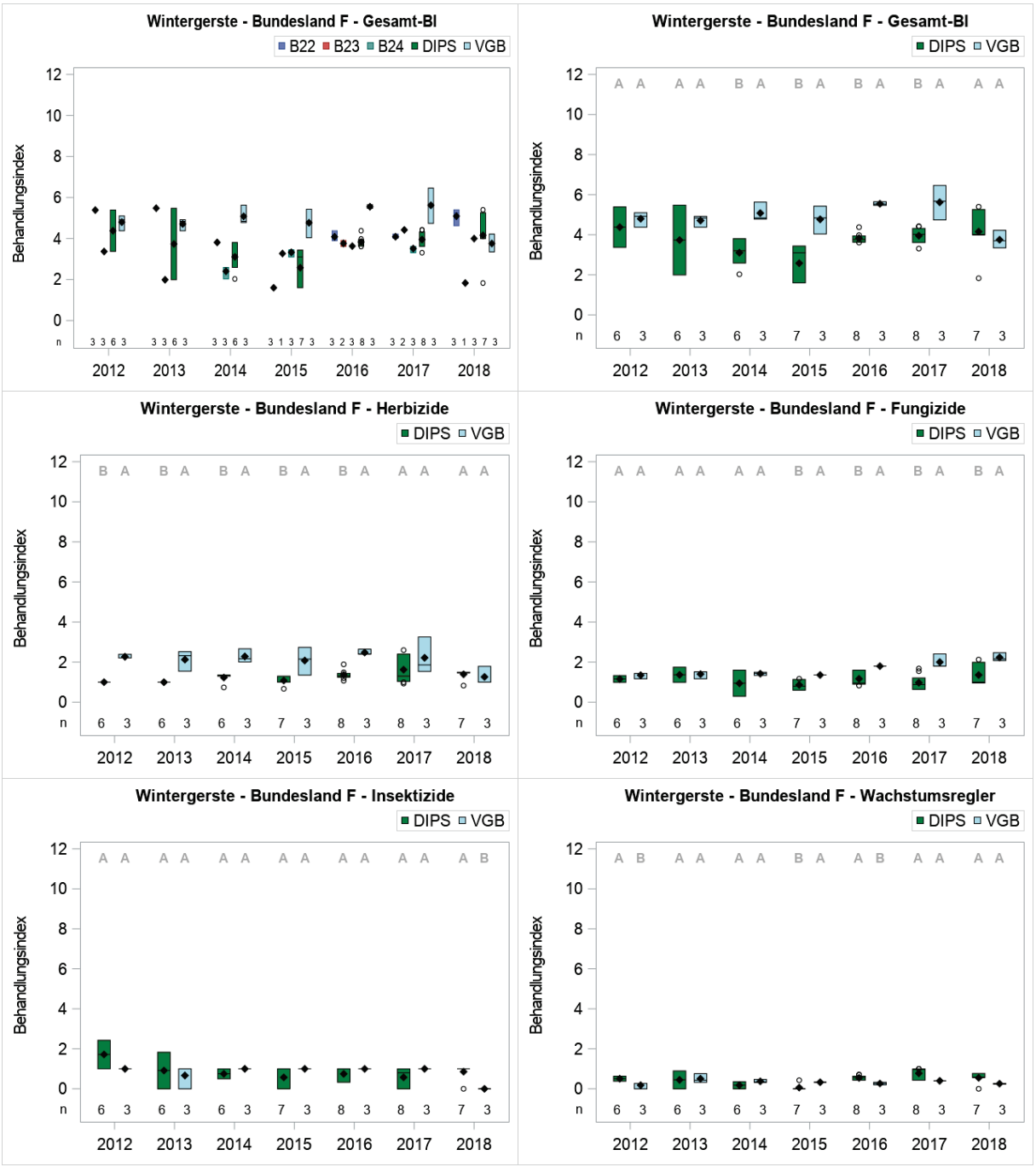


Abb. 25. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B22-24 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland F.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland G

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland G in Wintergerste in den Jahren 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 6,3, 5,5, 4,7, 6,0, 6,5, 5,7und 5,7 (Abb. 26).

Reduktionspotentiale konnten wie in den meisten anderen Bundesländern aus dort genannten Gründen nicht ausgemacht werden. Der Gesamt-BI schwankte mehr oder weniger um den Mittelwert von 5,8. Auffällig ist die Abnahme der Streuung zwischen den Betrieben im Laufe des Projektes.

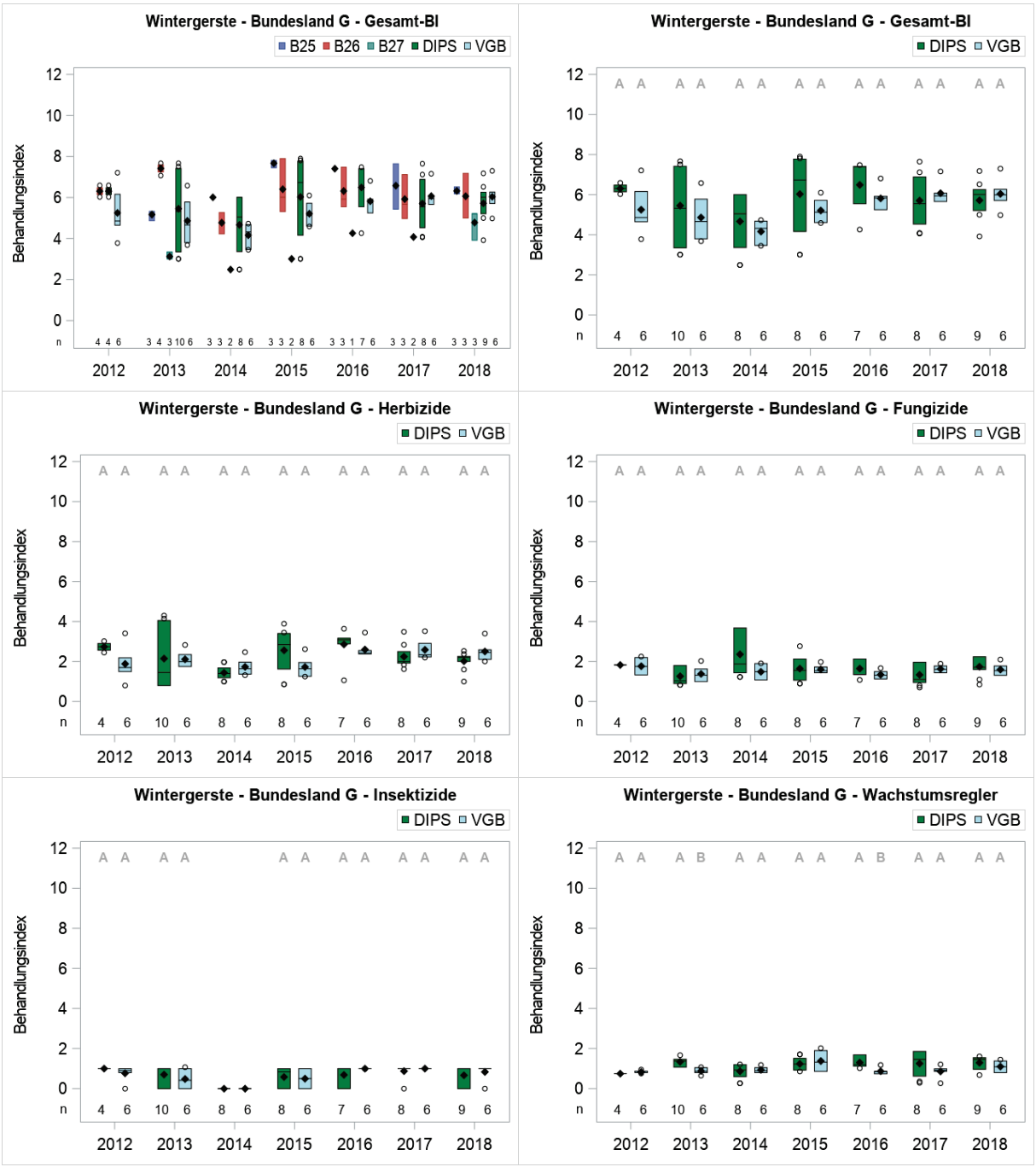


Abb. 26. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Wintergerste im Bundesland G.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

5.3.3. Behandlungsindices in Winterraps

Bundesland A

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland A im Winterraps in den Jahren 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 und 2016 lag in bei 5,8, 6,9, 5,0, 5,9, 7,0, 6,8 und 7,9 (Abb. 27). Die Betriebsdurchschnitte stiegen nach einem Rückgang im sehr gesunden Jahr 2012 über die Jahre an, lagen aber in allen Jahren unter denen der Vergleichsbetriebe. Der stetige Anstieg wurde durch die steigenden BI der Herbizide und Insektizide verursacht. Ab dem Jahr 2013 griffen die verschärften Anwendungsbestimmungen für Clomazone-haltige Herbizide, die einige Betriebe durch selbstgemischte Tankmischungen ersetzten, was den BI bei gleicher

Wirkstoffkonzentration im Vergleich zu Mitteln mit mehreren Wirkstoffen um einen Faktor von bis zu 2,3 erhöhte. Zudem kamen erschwerende Witterungsbedingungen im Raps hinzu.

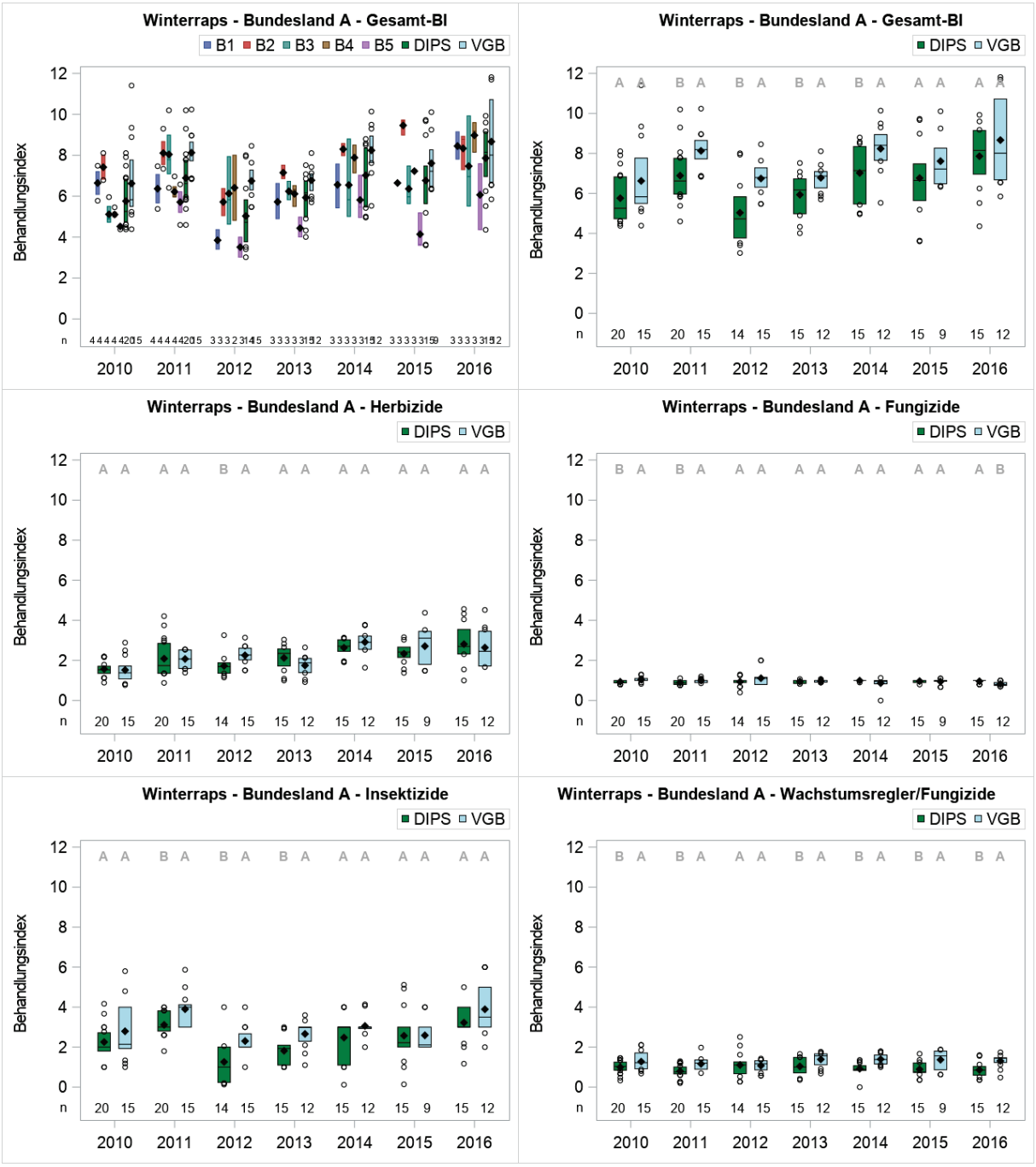


Abb. 27. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-5 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland A.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2010, 2011, Demonstrationsflächen 2012-2016), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Der trockene Herbst und der dadurch entstandene größere Druck durch Ausfallgetreide und Auswinterungen im Winter 2016, die im Frühjahr 2017 in einen verstärkten Unkrautdruck mündeten und herbizide Maßnahmen nötig machten. Der Anstieg bei den Insektiziden wurde, im Vergleich zum sehr gesunden Erntejahr 2012, durch das verstärkte und teilweise differenzierte Auftreten von Schadinsekten (Rapserdfloh, Stängelrüssler, Rapsglanzkäfer) in den folgenden Jahren verursacht. Zusätzlich zu diesem Geschehen und dem Wegfall der insektiziden Beizen (Neonicotinoide) im Winterraps, zeigte der Rapserdfloh im Jahr 2014 eine starke Gradation. Dies und die geringe Sensitivität des Rapserdflohs gegenüber den zugelassenen insektiziden Wirkstoffen führten zu wiederholten Insektizidapplikationen. Der durch die Beratung beeinflusste Rückgang der wachstumsregulatorisch wirkenden Fungizide vor der Blüte (WF) konnte den Anstieg der Behandlungsintensitäten der Insektizide und Herbizide nicht

ausgleichen. Diese Umstände zeigen, dass trotz intensiver Bemühungen es nicht immer gelingt, die Pflanzenschutzmittelreduktionen zu erzielen, wenn zum einen Befall durch Schädlinge vorliegt und zum anderen Ungenauigkeiten bei der Berechnungsgrundlage des BI, vor allem in Kombination mit Änderungen der Zulassungssituation, zutage treten.

Bundesland B

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland B im Winterraps in den Jahren 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 6,6, 8,8, 8,5, 5,1, 5,2, 5,0 und 6,0 (Abb. 28). Die Behandlungsintensitäten nahmen im Projekt im Jahr 2014 sprunghaft ab, stiegen 2017 leicht an, lagen aber unter denen der Vergleichsbetriebe (in den Jahren 2014, 2015, 2017 signifikant), die diesem rückläufigen Trend nicht im selben Maße folgten. Ursächlich hierfür sind Einsparpotentiale bei den Insektiziden und Wachstumsregulatoren. Durch das intensive Monitoring und die Beratung der Demonstrationsbetriebe, Behandlungsentscheidungen konsequent nach dem Schadschwellenkonzept zu treffen, konnte das deutliche Einsparpotential bei insektiziden Maßnahmen erreicht werden. Die kontinuierliche Umsetzung der Versuchsergebnisse des Pflanzenschutzdienstes, nach denen der Ertrag bei zu hohen Wachstumsreglergaben sinkt, der Rückgang früher und die Zunahme später Aussaattermine führten zu Einsparungen bei der Anwendung von Fungiziden vor der Blüte als Wachstumsregulatoren.

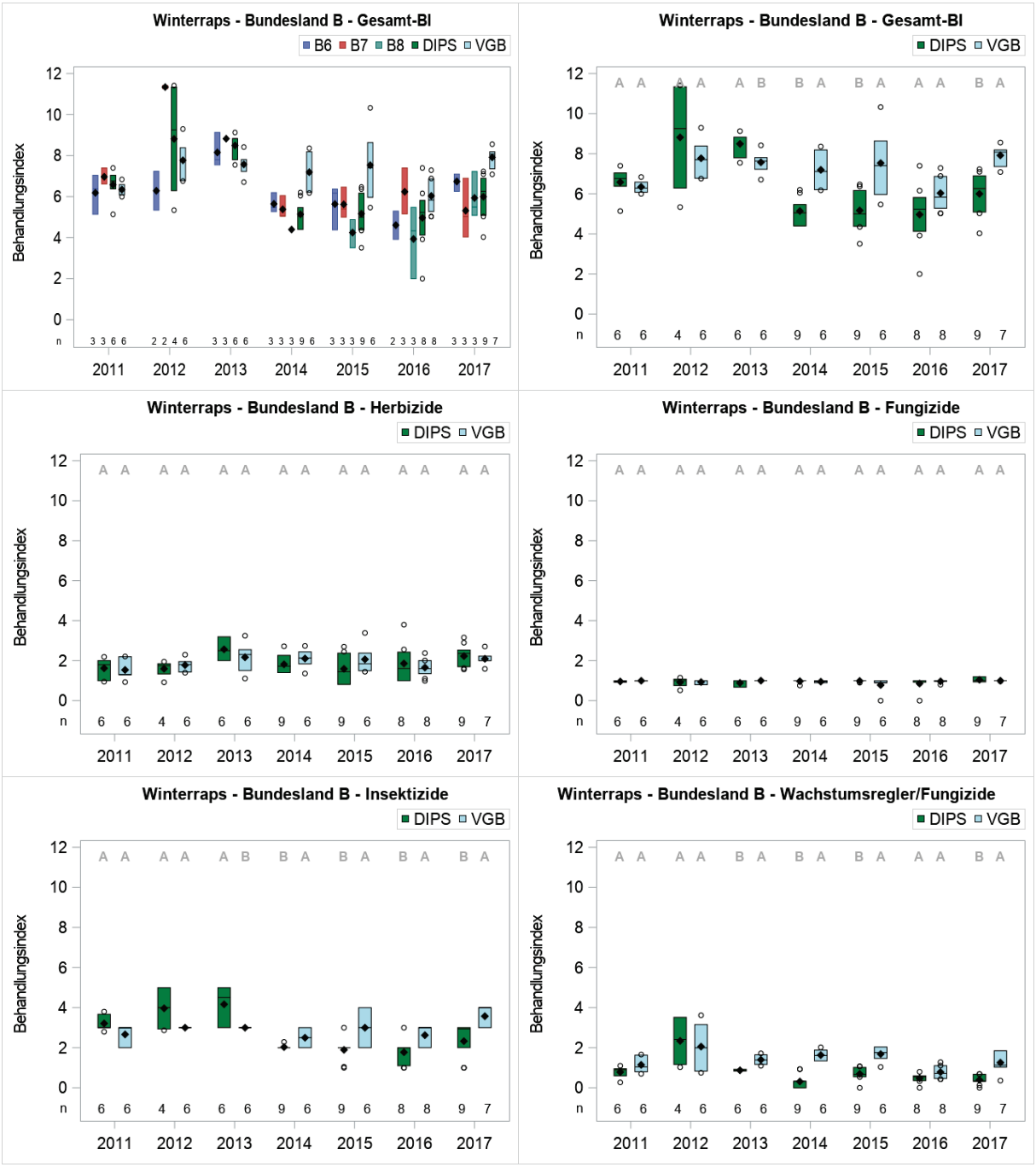


Abb. 28. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B6-8 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland B.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland C

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland C im Winterraps der Jahre 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 6,2, 7,0, 7,3, 6,0, 5,7, 5,2 und 4,5 (Abb. 29). Auch in Bundesland C konnte ein Rückgang der Behandlungsintensitäten bezogen auf die Jahre vor Projektbeginn 2012 und 2013 gezeigt werden, diese Tendenz zeigte sich auch bei den Vergleichsbetrieben, war bei den Demonstrationsbetrieben jedoch stärker ausgeprägt. Die Unterschiede waren 2015 und 2017 signifikant. Ursächlich für das Reduktionspotential zeigten sich auch im Bundesland C die exakten Befallskontrollen auf Schadinsekten und die Entscheidungsfindung nach dem Schadschwellenkonzept mit intensiver Unterstützung der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer.

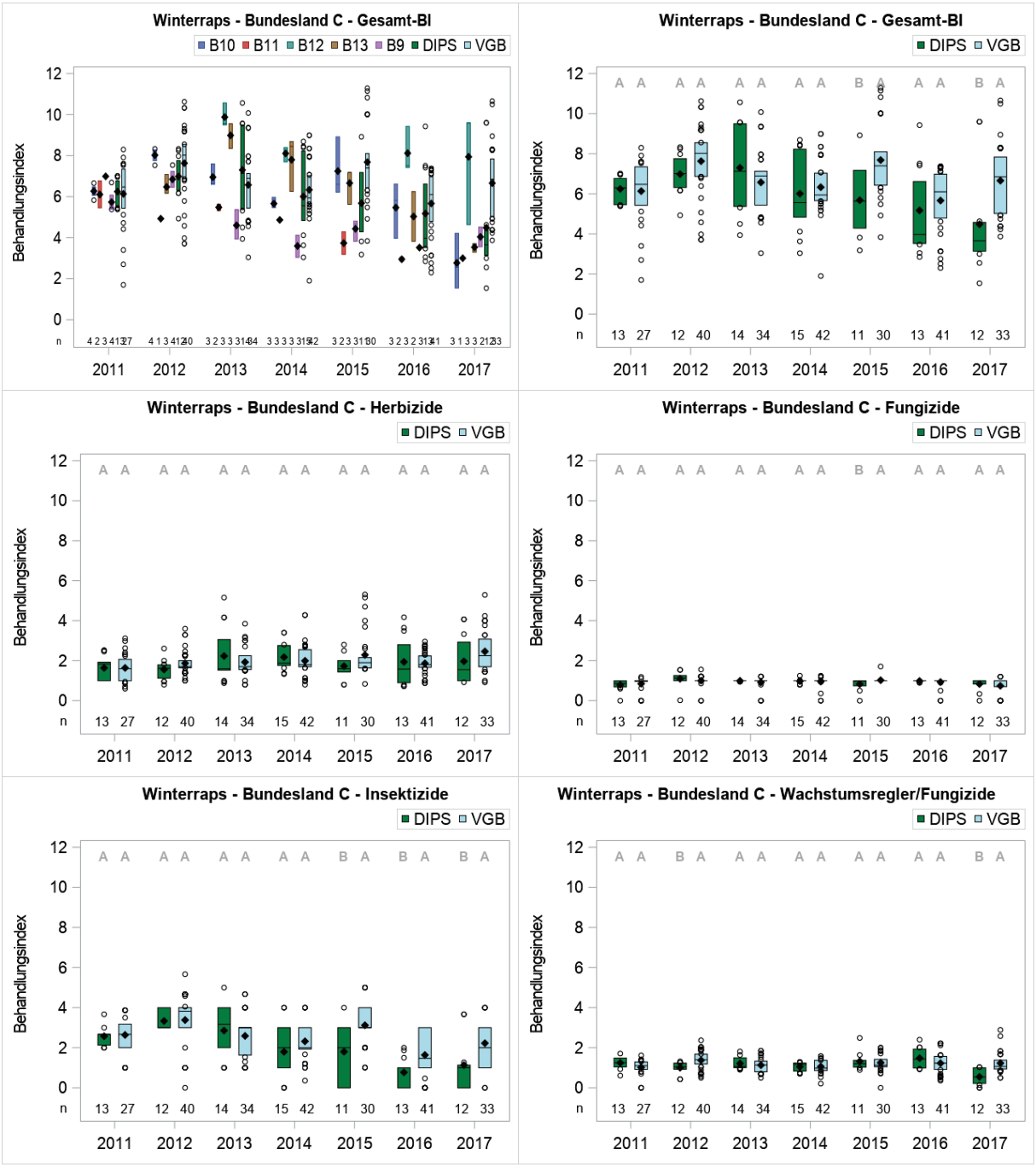


Abb. 29. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B9-13 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland C.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland D

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland D im Winterraps der Jahre 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 7,6, 5,8, 5,7, 5,1, 4,4, 4,2 und 5,3 (Abb. 30). Auch im Bundesland D konnte ein Rückgang der Behandlungsintensitäten bezogen auf die Jahre 2012 und 2013 (Jahre vor Projekt) beobachtet werden. Die Vergleichsbetriebe zeigten eine ähnliche Entwicklung, welche jedoch nicht so stark ausgeprägt war, wie die der Demonstrationsbetriebe. Der Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe lag ab 2014 unter dem der Vergleichsbetriebe, 2017 signifikant. Wie in den anderen Bundesländern im Winterraps können als Ursache für die Einsparung die intensiven Bonituren und konsequent schadschwellenbasierte Entscheidungen durch intensive Beratung hinsichtlich der insektiziden Maßnahmen genannt werden. In den Jahren 2014, 2015 und 2017 fiel bei der Verwendung von Fungiziden vor der Blüte als Wachstumsregulatoren ein sehr differenziertes betriebsspezifisches Anwendungsverhalten auf. Ein Betrieb konnte auf den Einsatz von Wachstumsregulatoren

vollständig verzichten, die beiden anderen Betriebe kamen vor dem Winter und im Frühjahr nicht ohne diese Maßnahmen aus. Durch die trockenen Bedingungen im Jahr 2018 konnten die Demonstrationsbetriebe auf den meisten Schlägen die fungiziden Anwendungen gegen *Sclerotinia sclerotiorum* einsparen.

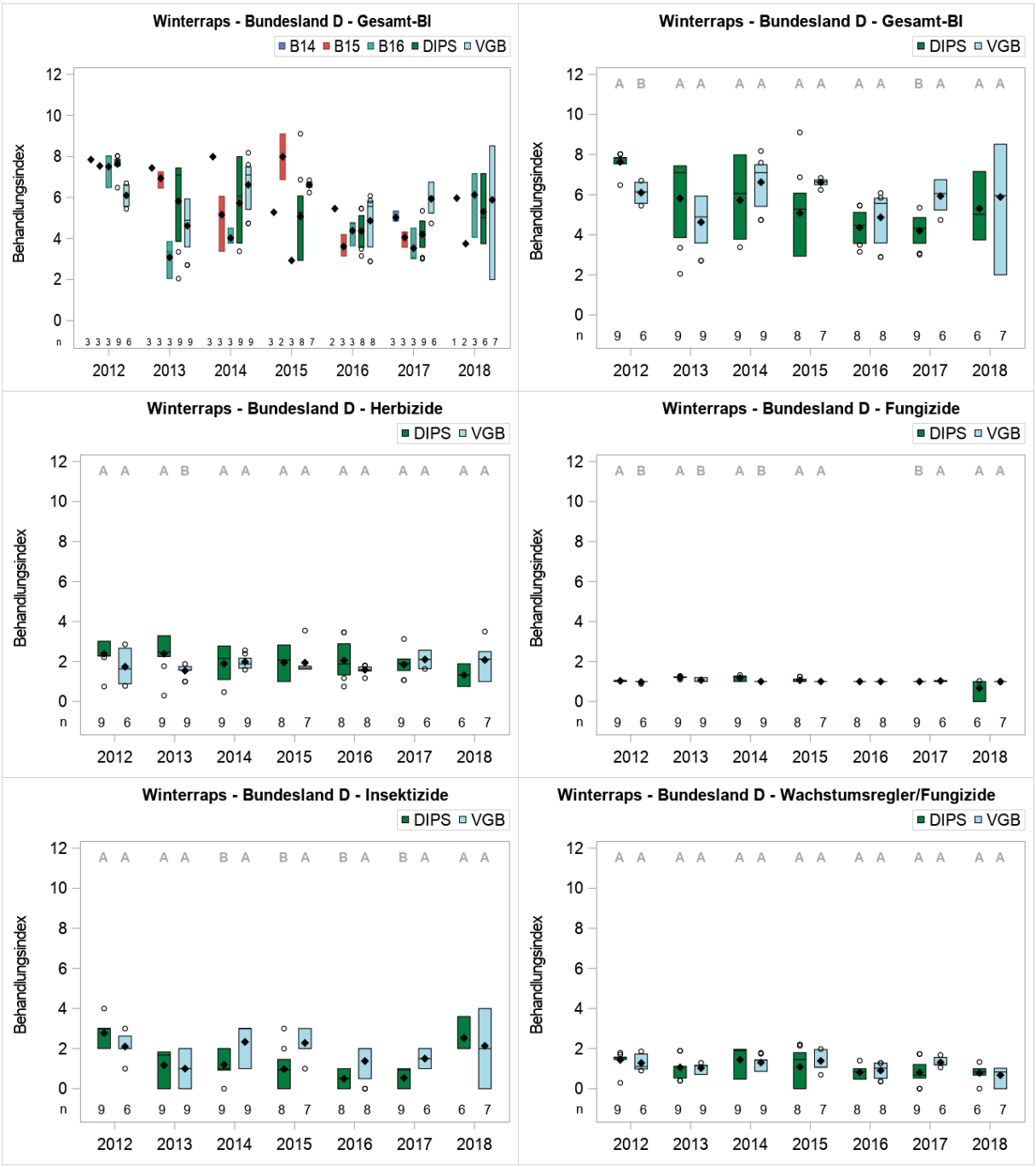


Abb. 30. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B14-16 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland D.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland E

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland E im Winterraps der Jahre 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 und 2017 lag bei 7,1, 7,1, 7,6, 6,2, 7,7, 6,3 und 7,4 (Abb. 31). Die Behandlungsintensitäten lagen im Projektzeitraum unter denen der Vergleichsbetriebe, 2014 und 2016 signifikant. Ursächlich dafür kann wiederum eine Reduktion der Insektizid-BI in den Demonstrationsbetrieben aufgezeigt werden. Auch in Bundesland E wurden die signifikanten Reduktionen gegenüber den Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe und der Vorjahre durch intensives Monitoring und schwellenwertbasierte Entscheidungen erzielt. Im Jahr 2017 führte das betriebliche und schlagweise unterschiedliche und zum Teil sehr starke Auftreten des

Rapserdflohs zu erhöhten Insektizidapplikationen. Auch bei der Verwendung der Fungizide zur Blütenbehandlung konnte eine Sensibilisierung für schlagspezifische Behandlungen nach Empfehlungen des Prognosemodells SkleroPro erreicht werden. Allerdings erfolgte wetterbedingt (kühle Witterung bis zum Blühbeginn des Winterrapses) die Infektion im Jahr 2016 sehr spät (BBCH 65-69), so dass ein Betrieb deutliche Ertragseinbußen hinnehmen musste, wodurch im Jahr 2017 eine geringere Streuung der fungiziden Anwendungen zu verzeichnen ist.

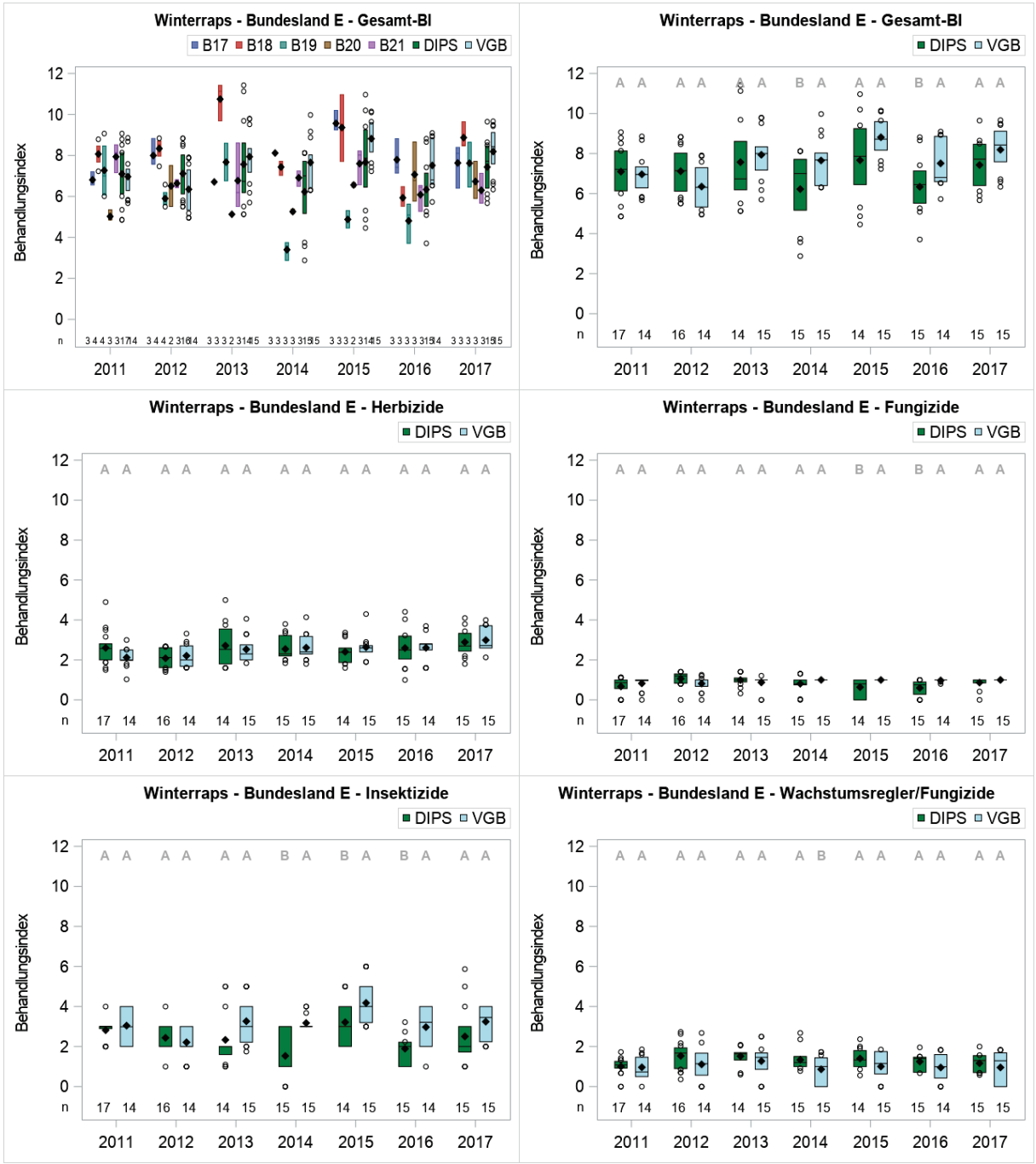


Abb. 31. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland E.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland F

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland F im Winterraps der Jahre 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 7,2, 7,1, 6,0, 5,0, 4,6 und 4,8 (Abb. 32) Da der in den Erhebungsregionen der Demonstrationsbetriebe des Bundeslandes F arbeitende Vergleichsbetrieb keinen Winterraps anbaute, entfällt der Vergleich der Behandlungsintensitäten mit dem Netz der Vergleichbetriebe. Bemerkenswert ist der deutliche Rückgang der Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe im Laufe des Projektes. Verursacht

werden diese Einsparungen durch Reduktionen bei den Insektiziden. Zum einen kam die Aussaat von leguminosen Untersaaten (Kapitel 5.1.1.1. Anwendung vorbeugender Maßnahmen) mit der Folge der Verwirrung der Herbstschädlinge und dadurch einem verminderten Befall durch diese, dem intensiven Monitoring und darauf aufbauend schwellenwertbasierten Entscheidungen der Betriebe zum Tragen.

Auch durch die verstärkte Nutzung des Prognosemodelles SkleroPro konnte in einzelnen Jahren auf fungizide Maßnahmen zur Rapskrebsbehandlung verzichtet werden. Zum anderen wurden einige Blütenbehandlungen vor die Blüte (BBCH 59) gelegt, da auch zu diesem Zeitpunkt die Wirkung gegen den Erreger des Rapskrebses gegeben ist und damit die Überfahrten nicht mit dem Bienenflug kollidierten (HÜSGEN et al., 2017; 2018; 2019). Ein weiteres Einsparpotential wurde, wie in den vorangestellten Bundesländern auch, bei der optimierten Anwendung von Wachstumsregulatoren gezeigt.

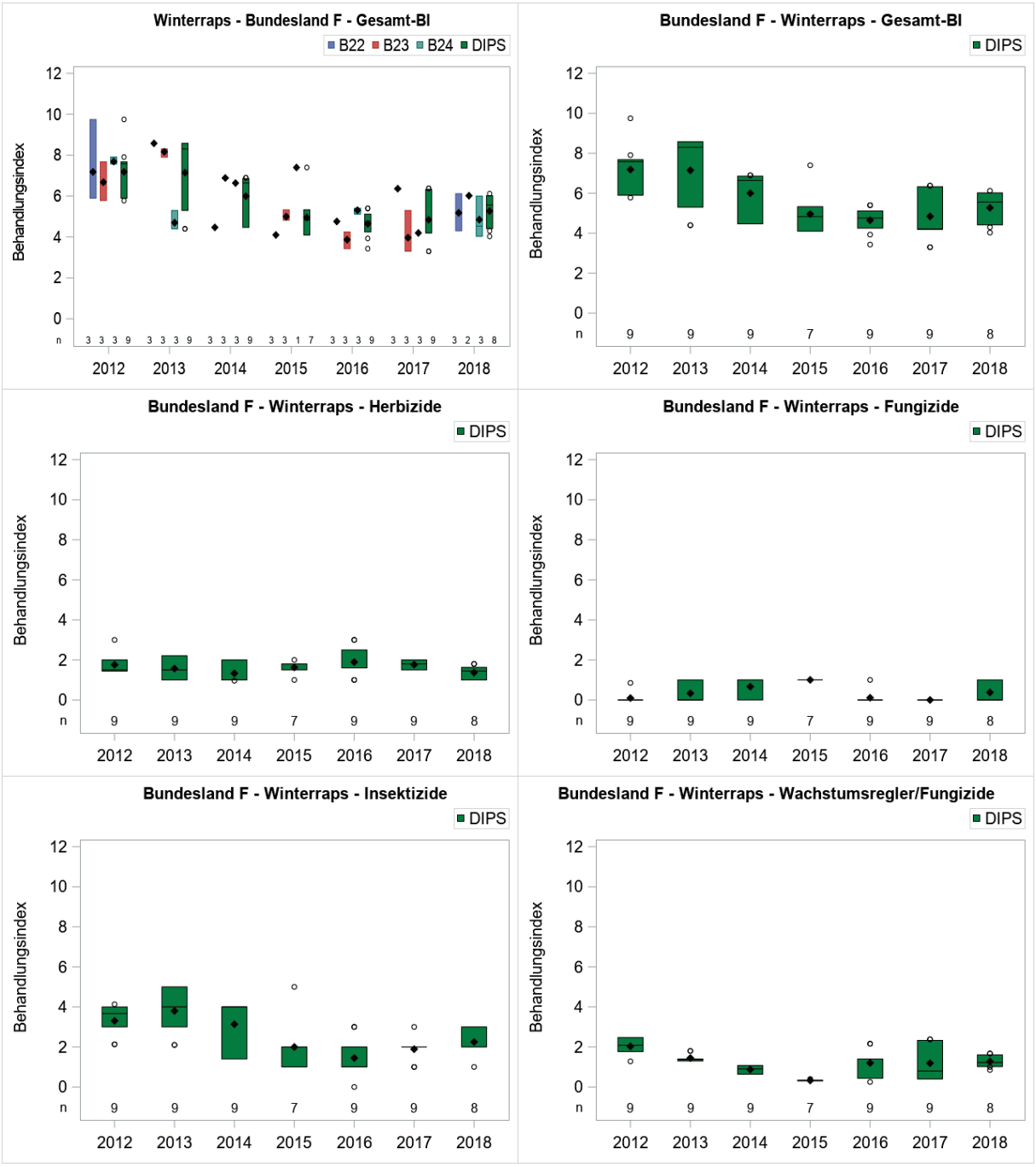


Abb. 32. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B17-21 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland F.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2011, 2012, Demonstrationsflächen 2013-2017), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Bundesland G

Der durchschnittliche Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe in Bundesland G im Winterraps der Jahre 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018 lag bei 5,6, 7,4, 8,0, 7,4, 8,1, 8,0 und 7,7 (Abb. 33) Im Bundesland G ist ein Anstieg der Behandlungsintensitäten zu verzeichnen. Auffällig ist die Streuung der Betriebe, die ein ähnliches Bild wie im Winterweizen zeigt. Einsparpotentiale konnten nicht erreicht werden, bei den insektiziden Maßnahmen lagen die Betriebe sogar deutlich über den Vergleichsbetrieben. Hier lagen die Anwendungen des Betriebes 26 mit bis zu 7 Behandlungen/Schlag im Jahr 2016 und bis zu 6 Behandlungen/Schlag im Jahr 2017 deutlich über dem Mittel. Ausschlaggebend für den erhöhten Befallsdruck und die dadurch notwendigen erhöhten Anwendungen war die Waldrandlage der ausgewählten Demonstrationsschläge und dem damit einhergehenden höheren Befallsdruck des Rapsglanzkäfers. Der Anstieg des Herbizid-BI ist auf die verschärften Anwendungsbestimmungen für clomazonehaltige Herbizide zurückzuführen, die einige Betriebe durch selbstgemischte Tankmischungen ersetzten, was, wie bei Bundesland A schon beschrieben, den BI rechnerisch erhöht ohne jedoch höhere Pflanzenschutzmittelanwendungen zu implizieren. Einzig bei der Anwendung von Wachstumsreglern, also Fungiziden vor der Blüte, konnte eine Optimierung erfolgen. Auch hier griff die Umsetzung der Versuchsergebnisse des Bundeslandes, die auf sinkende Erträge bei zu hohen Wachstumsreglergaben verweisen.

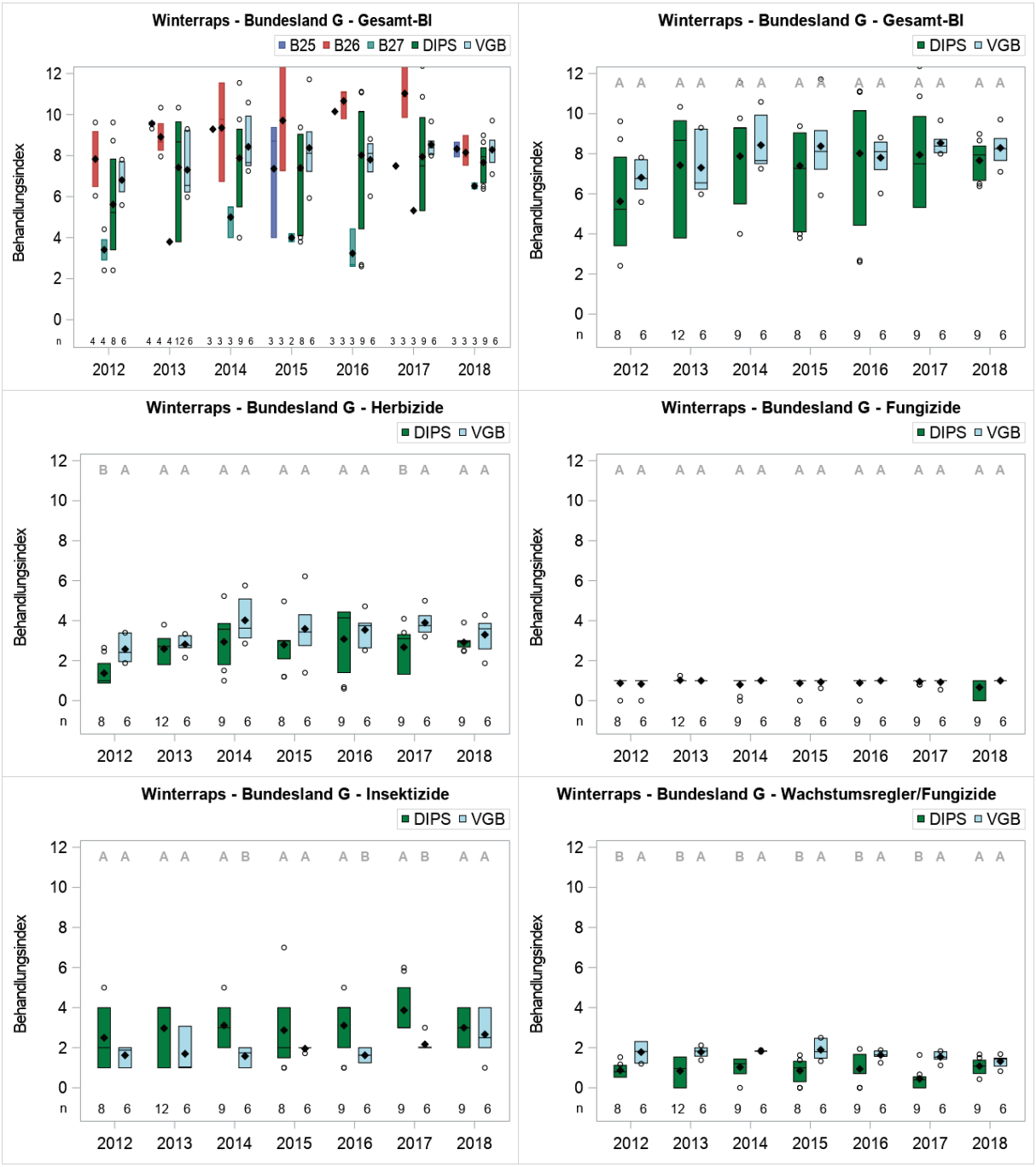


Abb. 33. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B25-27 und Vergleichsbetriebe (VGB) in Winterraps im Bundesland G.

Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012, 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

5.3.4. Reduktionspotentiale im Ackerbau

Die Auswertung der Behandlungsintensitäten in den Demonstrationskulturen zeigte, dass diese sehr stark zwischen den Bundesländern und Jahren streuten, was auf die unterschiedlichen Regionen, Standorte, Betriebsformen und Ausstattungen der Betriebe zurückzuführen ist und sich auch in der Generierung von Reduktionspotentialen niederschlägt. Durch die im Projekt unternommenen Anstrengungen der teilnehmenden Betriebe und Bundesländer hinsichtlich der Anpassung vorbeugender ackerbaulicher Maßnahmen, des optimierten Schaderregermonitorings und der exzellenten Beratungsleistung, konnten im Hinblick auf eine Reduktion der Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen gewisse Erfolge realisiert werden. Der starke Einfluss des Jahres und der Region, in der die jeweiligen Betriebe arbeiteten, sowie die Tatsache, dass die Projektteilnahme der Betriebe in den unterschiedlichen Regionen in drei Zeiträumen (2012-2016, 2013-2017, 2014-2018) erfolgte, einschließlich der für

diese Betrachtungen recht kurzen Projektdauer von fünf Jahren, machen es schwierig, generelle Aussagen zu Reduktionspotentialen der Demonstrationsbetriebe im Projektverlauf zu treffen.

Im Vergleich zu den in den Regionen der Demonstrationsbetriebe arbeitenden Vergleichsbetrieben konnten, unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.2. Datenanalyse und Ergebnisdarstellungdargestellten Grenzen der Aussagekraft dieses Vergleiches, Reduktionspotentiale aufgezeigt werden. Im **Winterweizen** lagen die Unterschiede im Gesamt-BI während der Projektzeit bei -14 %* (Mittelwert über alle Bundesländer und Projektjahre), wobei die Spannweite der Unterschiede über alle Bundesländer und Projektjahre von -24 % bis -4 % reichte. In den einzelnen Pflanzenschutzmittelkategorien stellte sich das Reduktionspotential wie folgt dar:

- Fungizide im Durchschnitt -14 %*, -20 % bis -3 %,
- Herbizide im Durchschnitt -10 %*, -30 % bis +22 %,
- Insektizide im Durchschnitt -21 %, -63 % bis +280 %,
- Wachstumsregler im Durschnitt -15 %*, -45 % bis +11 %.

In der **Wintergerste** reichte das Reduktionspotential aus in Kapitel 5.1.3.2. Behandlungsindices in Wintergerste dargestellten Gründen nicht an das des Winterweizens heran, es stellte sich wie folgt dar:

- Gesamt-BI im Durchschnitt -9 %*, -28 % bis +8 %,
- Fungizide im Durchschnitt -10 %*, -39 % bis +16 %,
- Herbizide im Durchschnitt -9 %, -34 % bis +11 %,
- Insektizide im Durchschnitt -6 %, -100 % bis +133 %,
- Wachstumsregler im Durchschnitt -9 %, -23 % bis +38 %.

Im **Winterraps** (ohne den Vergleich im Bundesland F, da keine Vergleichsbetriebe in den betroffenen Erhebungsregionen Ackerbau vorlagen) zeigte sich folgendes Bild:

- Gesamt-BI im Durchschnitt -13 %*, -18 % bis -6 %,
- Fungizide im Durchschnitt -8 %*, -21 bis +4 %,
- Herbizide im Durchschnitt -8 %*, -22 % bis +-0 %,
- Insektizide im Durchschnitt -16 %*, -39 % bis +60 %,
- Wachstumsregler im Durchschnitt -24 %*, -61 % bis +36 %.

*Werte mit * zeigen signifikante Unterschiede mittels Tukey-Test, Signifikanzniveau α=0,05*

Es kann gezeigt werden, dass bei dem im Projekt betriebenen enormen Aufwand über das gesamte Projekt ein moderates Reduktionspotential ermittelt werden konnte. Das größte Reduktionspotential konnte bei der Anwendung von Insektiziden, Fungiziden und Wachstumsregulatoren in Winterweizen und von Insektiziden und Wachstumsregulatoren im Winterraps erzielt werden. Auffällig sind die starken regionalen Spannbreiten der dargestellten Unterschiede in den Behandlungsintensitäten.

5.4. Entscheidungsgrundlagen

Entscheidungsgrundlagen sind die einer Pflanzenschutzmittelanwendung zugrundeliegenden Wege der Informationsbeschaffung mit dem Ziel, die Notwendigkeit der Pflanzenschutzmaßnahme abzuleiten (FREIER et al. 2014a). Die Demonstrationsbetriebe im Ackerbau nutzten im Auswertungszeitraum 2012 bis 2017 folgende Entscheidungsgrundlagen: Monitoring Projektbetreuung (Bonitur, Erfolgskontrolle, Feldbegehung, Gelbschale zumeist auch mit dem Entscheidungsträger des Betriebes), Monitoring Betrieb (Bonitur, Feldbegehung, Gelbschale ausschließlich durch den Entscheidungsträger des Betriebes), Beratung PSD/Warndienst, Beratung Handel (Industrie- und Handelsberatung), Beratung privat (selbstständige, private Beraterinnen und Berater), Prognosemodelle sowie Erfahrung inkl. Vorjahresbefall und Routine. Die Betriebe/Projektbetreuung konnten je PSM-Anwendung bis zu drei Entscheidungsgrundlagen nicht-hierarchisch angeben. Die Auswertung der durchschnittlichen Entscheidungsgrundlagen stellt daher den Anteil der Nennungen dar und keine exakte Wichtung einzelner Entscheidungsgrundlagen. Obwohl die Betriebe in enger Absprache mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern standen und dessen Empfehlungen weitestgehend sehr aufgeschlossen gegenüberstanden, oblag die Entscheidung einer Pflanzenschutzmaßnahme letztendlich den Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe. Die Ergebnisse dieser Auswertung werden bundeslandweise dargestellt, da sich die einzelnen Bundesländer mitunter stark in der Nutzung der Entscheidungsgrundlagen unterschieden. Die Abbildungen für die Bundesländer D und G

zeigen nur vier Projektjahre, da sich der Projektbeginn in diesen Bundesländern um ein halbes Jahr verzögerte und die Darstellung der Entscheidungsgrundlage für das Jahr 2014 somit nicht den Tatsachen entsprechen würde.

Winterweizen

In diesem Kapitel soll auf die Ergebnisse der Auswertung der Entscheidungsgrundlagen der Pflanzenschutzmittelbehandlungen im Winterweizen eingegangen werden. Auf die Wintergerste wird nur verwiesen, da das Verhältnis der Nutzung von Entscheidungsgrundlagen denen des Weizens entsprach. Interessierte finden die Abbildungen zu den Entscheidungsgrundlagen für Wintergerste in der Anl. 2.

In den einzelnen Bundesländern war der Anteil der Entscheidungen, die im Feld getroffen wurden (Monitoring Projektbetreuung und Betrieb) schon bei Projektbeginn auf einem hohen Niveau (BL D, F) oder er stieg im Laufe des Projektes an (BL B, D, E, F, G, Abb. 34). Auch die Nutzung von Prognosemodellen konnte im Projekt ausgebaut bzw. weiter etabliert werden. Die Empfehlungen der Pflanzenschutzdienste über die Warndienste der Bundesländer und die Nutzung der Prognosemodelle fanden in den unterschiedlichen Bundesländern auf unterschiedlichem Weg Eingang in die Entscheidungsfindung. So nutzten die Betriebe der Bundesländer B, G und in Bundesland C ab 2015 explizit den Warndienst oder die Empfehlungen der Beraterinnen und Berater der Pflanzenschutzdienste, wogegen in den anderen Bundesländern die Informationen der Warndienste indirekt über die Empfehlungen der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer (Monitoring Projektbetreuung) Eingang fanden. Ähnlich verhielt es sich mit der Nutzung von Prognosemodellen, die in den Bundesländern A, B, C und F explizit genutzt wurden und in den anderen Bundesländern indirekt über die Empfehlungen der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer Eingang in die Entscheidungsfindung fand.

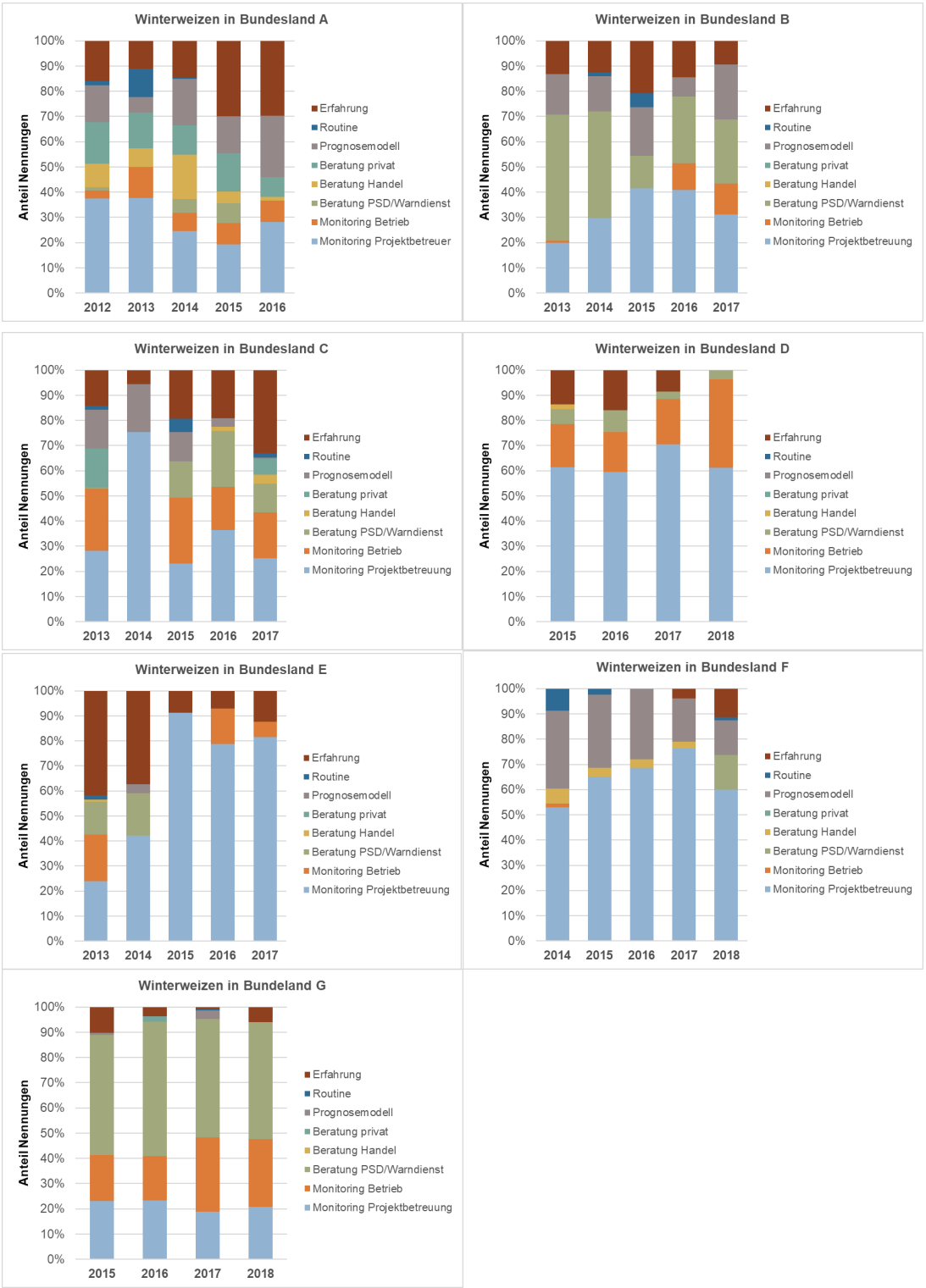


Abb. 34. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen in Winterweizen [%].
DIPS Ackerbau Demonstrationsflächen 2012-2016 Bundesland (BL) A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL F, 2015-2018 BL D, G.

An dieser Stelle muss deutlich darauf hingewiesen werden, dass in die Auswertung nur die Entscheidungsgrundlagen eingingen, die zu einer PSM-Behandlung führten. Der Anteil an Entscheidungen die gegen eine Pflanzenschutzmaßnahme sprachen, konnte leider nicht erfasst werden, es wird aber vermutet, dass gerade dieser Anteil von Entscheidungen im Feld und der durch Prognosemodelle beeinflusste Anteil deutlich angestiegen ist, da ein Großteil der Betriebe einen erheblichen Boniturаufwand betrieb und auch die indirekten Entscheidungshilfesysteme (Prognosemodelle, Wetterprognosen, Warndienst) im Verlauf des Projektes stärker nutzte. Der Anteil an Routinemaßnahmen nahm in allen Bundesländern, in denen diese eine gewisse Rolle spielten, im Laufe des Projektes ab. Ebenso nahm der Einfluss der Handelsberatung im Laufe des Projektes in den Bundesländern A, E und F ab, in den anderen Betrieben wurden die Empfehlungen von der Handelsberatung als Entscheidungsgrundlage nicht oder nur

sehr sporadisch genutzt. Die starken Schwankungen der Entscheidungsgrundlagen in Bundesland B ab 2016 und in Bundesland C ab 2015 sind durch Wechsel in der Projektbetreuung und den damit einhergehenden Schwierigkeiten zu erklären.

Winterraps

Auch im Winterraps stieg im Projektverlauf der Anteil der Entscheidungsgrundlagen, die im Feld getroffen wurden an (BL A, D, F, G), zum Teil sehr deutlich (BL E). Die Ursachen für die Unterschiede in der Nutzung von Prognosemodellen und der Offizialberatung wurden schon für den Winterweizen erörtert und decken sich mit den dort erwogenen Gründen. Der relativ hohe Anteil an durch den Erfahrungswert begründeten Pflanzenschutzmaßnahmen betrifft herbizide Maßnahmen im Herbst, wachstumsregulatorische Maßnahmen und teilweise fungizide Maßnahmen zur Bekämpfung des Rapskrebses. An dieser Stelle wird noch einmal darauf verwiesen, dass Entscheidungsgrundlagen nur für Positiventscheidungen einer Pflanzenschutzmaßnahme erfasst wurden, für Entscheidungen gegen eine Pflanzenschutzmaßnahme liegen keine Daten vor. Dieser Umstand zeigte sich deutlich in der Nutzung der Prognosemodelle durch die Betriebe im Winterraps im Bundesland E (Abb. 35).

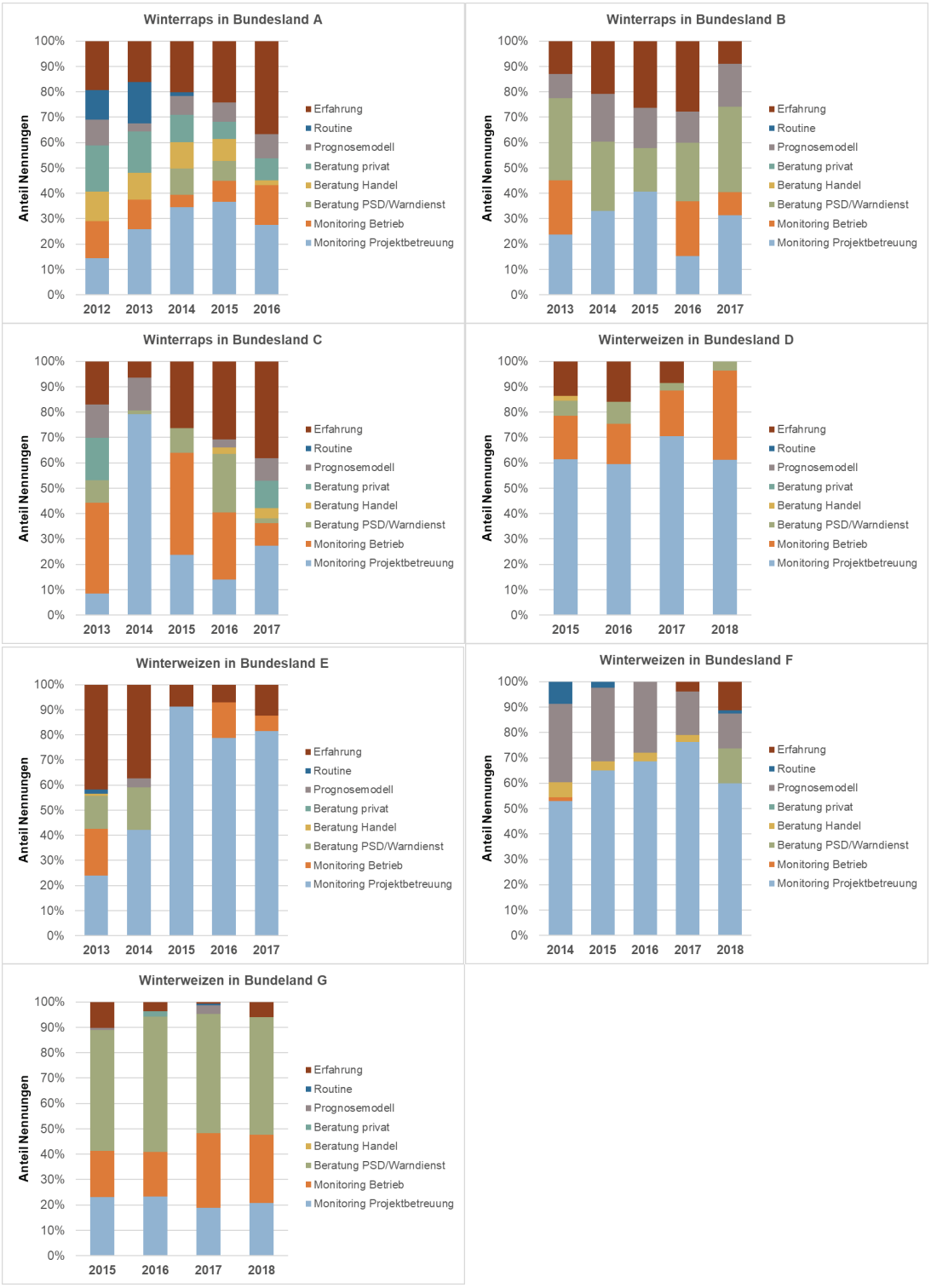


Abb. 35. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen in Winterraps [%].
DIPS Ackerbau, Demonstrationsflächen 2012-2016 Bundesland (BL) A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL F, 2015-2018 BL D, G.

Das Prognosemodell für Rapskrebs, SkleroPro, wurde von mindestens einem Betrieb als dominierende Entscheidungsgrundlage genutzt. Im Jahr 2016 erfolgte keine Behandlungsempfehlung und es wurde sich konsequent danach gerichtet. Erkennbar wird dieser Umstand aber nur indirekt durch das Fehlen der Entscheidungsgrundlage Prognosemodelle im Jahr 2016. Die starken Schwankungen der Entscheidungsgrundlagen in Bundesland B ab 2016 und in Bundesland C ab 2015 gehen auch hier auf den Wechsel der Projektbetreuung zurück.

5.5. Notwendiges Maß

Winterweizen

Im Projektzeitraum konnte das Reduktionspotential für unnötig bewerteten PSM auf den Demonstrationsschlägen in allen Kategorien zunehmend ausgeschöpft werden (Abb. 36). Aussagekräftige Entwicklungen können in den Projektjahren 2013 bis 2017 gezeigt werden, da sich in diesem Zeitraum die Teilnahme am Projekt eines Großteils der Demonstrationsbetriebe überschnitt. Deutliche Entwicklungen konnten bei fungiziden und herbiziden Maßnahmen erreicht werden. Hier stieg der Anteil der Behandlungen, die die Pflanzenschutzdienste der Bundesländer als notwendig bewerteten, bei den Fungiziden und Herbiziden um 16 % auf 90 % im Projektzeitraum in den Jahren 2013 bis 2017 an. Der Anteil unnötiger Maßnahmen nahm für fungizide und herbizide Pflanzenschutzmaßnahmen im Projektverlauf während des Projektverlaufes im gleichen Zeitraum um 7 % auf 6 % ab. In einzelnen Jahren lag der Anteil unnötig durchgeführter herbizider und fungizider PSM bei unter 5 %. Auch der Anteil kritischer Kommentare nahm im Projektverlauf ab. Diese Entwicklung ist auf die intensiven Bonituren der Betriebe und der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer, der unabhängigen Beratung durch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer als Vertreterinnen und Vertreter der Offizialberatung mit der Konsequenz selbstbewusster eigenständiger Entscheidungen zurückzuführen.

Die Beurteilung der Wachstumsreglergaben war über die Jahre unkritisch. Die Bewertung der insektiziden Maßnahmen ließ bis 2015 einen Rückgang unnötiger und einen Anstieg notwendiger Maßnahmen erkennen. In den Jahren 2016 und 2017 wurden jedoch wieder vermehrt unnötige insektizide und im Jahr 2017 auch unnötige fungizide Maßnahmen durchgeführt. Einerseits kann als Grund dafür der Betreuerwechsel im Jahr 2016 in vier der sieben Bundesländer und der damit einhergegangene Vertrauensabfall bei den Betrieben bezüglich der Monitoringergebnisse und der Empfehlungen des neuen Projektbetreuers angeführt werden. Andererseits bestehen weiterhin Unsicherheiten bezüglich des Schadschwellenkonzeptes für Virusvektoren im Herbst und vereinzelt in der Frühjahrsvegetation beim Einschätzen der Gefahr durch Blattläuse, was - kombiniert mit den geringen Kosten für Insektizide - Mitnahmeeffekte in Kombination mit anderen notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen begünstigte. Zur Sensibilisierung in dieser Problemfrage besteht noch hinreichend Beratungsbedarf.

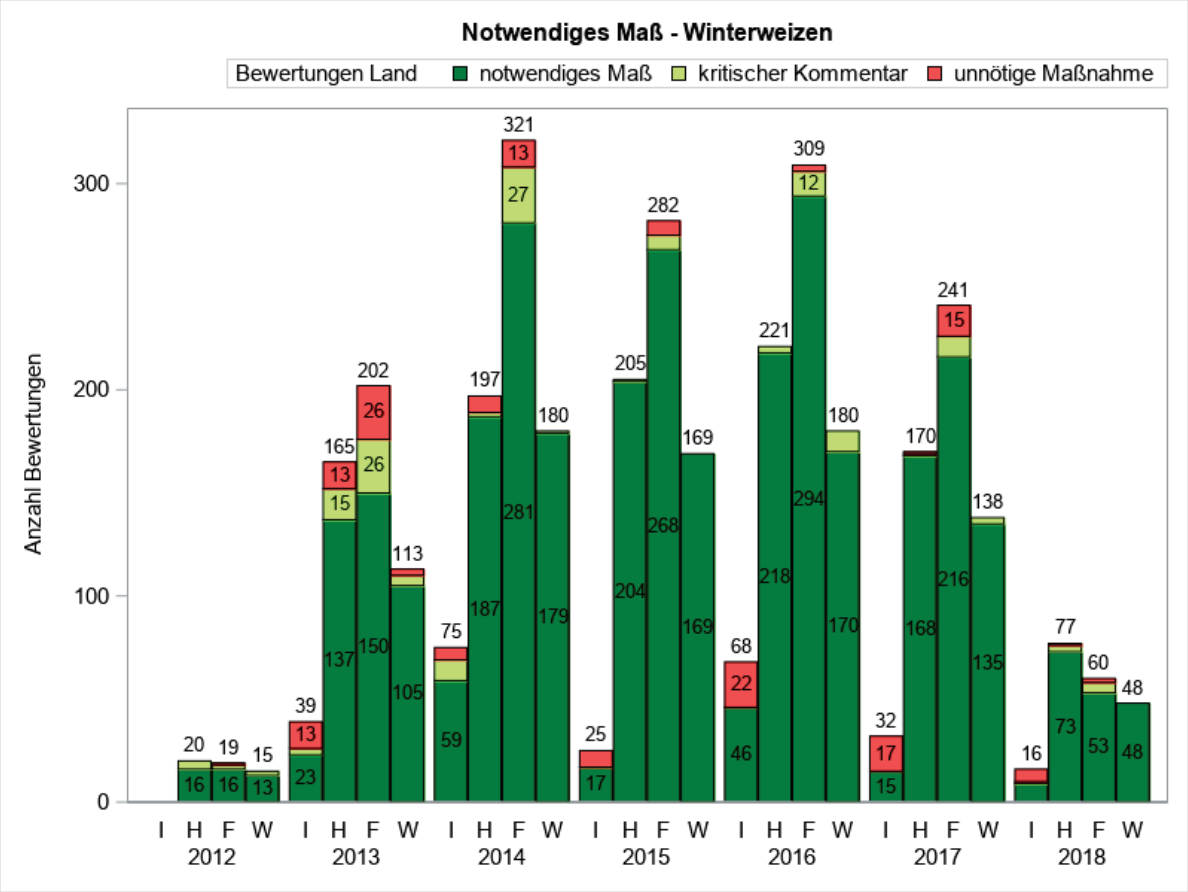


Abb. 36. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Winterweizen. 2012-2018, Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie, I = Insektizide, H = Herbizide, F = Fungizide, W = Wachstumsregler.

Wintergerste

Bei der Bewertung der Pflanzenschutzmaßnahmen in der Wintergerste zeigte sich ein dem Winterweizen entsprechendes Bild (Abb. 37). Als Haupt-Stellschrauben konnten vor allem die herbiziden und fungiziden Maßnahmen identifiziert werden. Der Anteil notwendiger Herbizidmaßnahmen stieg im Projektverlauf in den Jahren 2013 bis 2017 von 91 % auf 99 %, der Anteil von notwendigen fungiziden Maßnahmen von 63 % auf 91 % an, wobei deren Anteil in den übrigen Projektjahren mit über 95 % dem notwendigen Maß entsprachen. Der Anteil kritischer Kommentare verblieb im Projektzeitraum unter 5 %. Die Bewertung wachstumsregulatorischer Maßnahmen entsprach zu 98-100 % dem notwendigen Maß. Der Anteil unnötiger insektizider Maßnahmen befand sich bis 2015 auf einem geringen Niveau. Unsicherheiten bei der Verwendung von Insektiziden konnten bis zum Jahr 2015 abgebaut werden, nahmen dann aber wieder zu. Gründe hierfür sind einerseits der häufige Projektbetreuerwechsel, zum anderen Unsicherheiten vor allem im Anbau von Wintergerste nicht versierter Landwirtinnen und Landwirte, die diese Kultur zum Teil nur im Projekt in ihren Anbau aufnahmen.

Die als unnötig bewerteten Maßnahmen wurden weitestgehend im Herbst gegen Virusvektoren durchgeführt.

Durch die starke Stickstoffaneignung und Bestockung der Wintergerste im Herbst und der daraus resultierenden Vergilbung der Triebe vermuteten manche Landwirtinnen und Landwirte fälschlicherweise starken Virsusvektorenbesatz. Die betreffenden Landwirtinnen und Landwirte waren so verunsichert, dass sogar das Insistieren der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer gegen die Behandlungen diese nicht verhindern konnten. Auch für das Unterscheiden von Mangel- und Krankheitssymptomen ist hier vereinzelt Beratungsbedarf angezeigt.

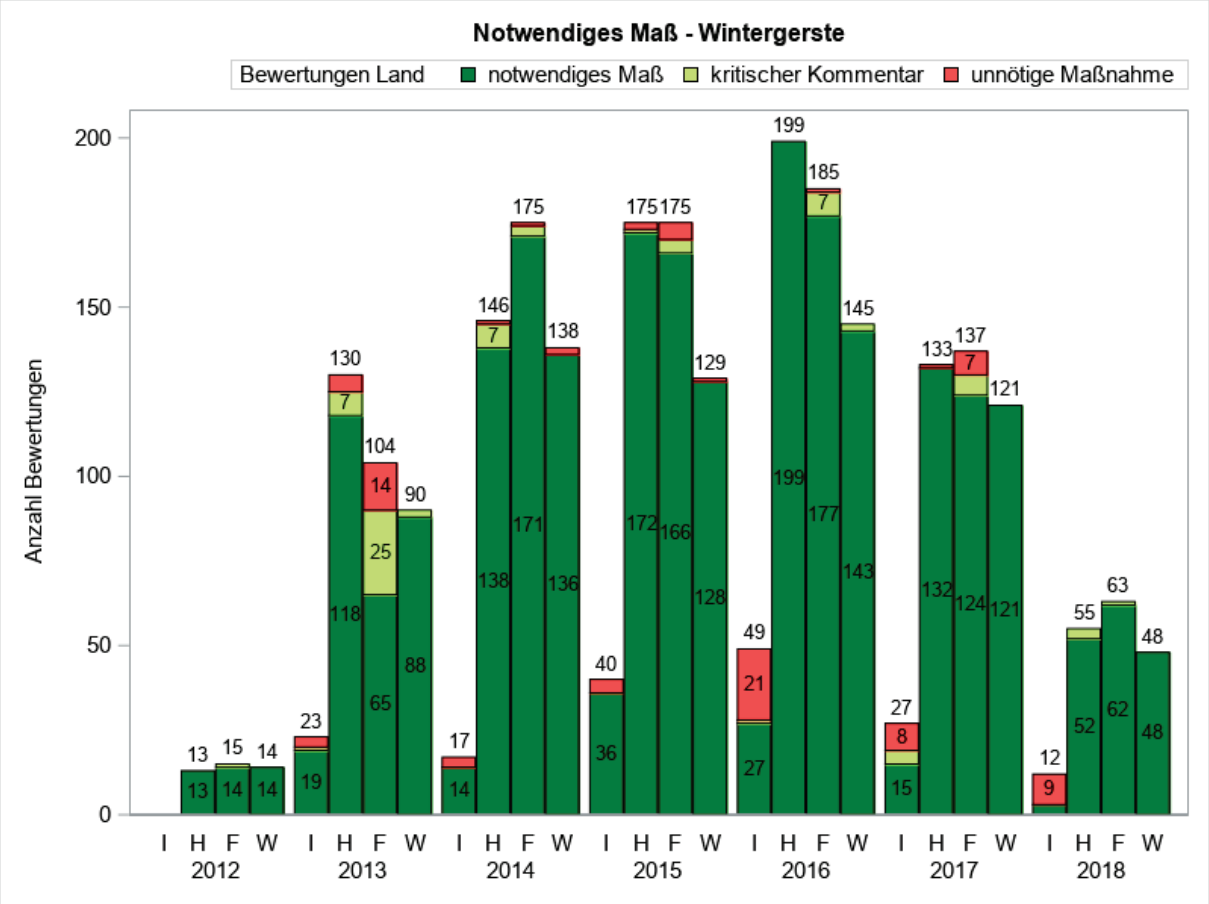


Abb. 37. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Wintergerste. 2012-2017, Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie, I = Insektizide, H = Herbizide, F = Fungizide, W = Wachstumsregler.

Winterraps

Im Projektzeitraum stieg der Anteil als notwendig bewerteter Maßnahmen auch im Winterraps in allen Kategorien an. Der Anteil der notwendigen Maßnahmen stieg in den Kategorien der Fungizide, Herbizide und Wachstumsregulatoren auf über 97 % an (Abb. 38).

Bei der Anwendung von Insektiziden ist bis 2017 weiteres Reduktionspotential an unnötigen Maßnahmen erkennbar. Die Betriebe wiesen teilweise Unsicherheiten bei der Befallseinschätzung der Herbstschädlinge auf. Im Jahr 2018 stieg die Zahl der als notwendig bewerteten Maßnahmen auf 100 % an. Einerseits war dieser Umstand den intensiven Befallskontrollen und der Entscheidungsfindung konsequent nach dem Schadschwellenprinzip zuzuschreiben, andererseits hatte bereits der Großteil der Demonstrationsbetriebe seine Projektzeit absolviert. Unsicherheiten bestanden in der Bewertung vor allem der Herbstschädlinge anhand der Fraßschäden am Blatt. In Abb. 39 ist die Verteilung der Insektizidmaßnahmen über den Projektzeitraum dargestellt. Der Beratungserfolg des Projektes ist an der Entwicklung der unbehandelten Schläge zu erkennen. Seit dem Wegfall der insektiziden Beize zur Aussaat 2014 nahmen die Behandlungen im Herbst und während der gesamten Vegetation (Herbst und Frühjahr/Sommer) bei gleichzeitiger Abnahme der reinen Frühjahrs-/Sommerbehandlungen zu. Dieses Bild und der Umstand, dass der Anteil unnötiger Maßnahmen im Jahr 2017 noch immer bei 11 % lag (Abb. 38), wurde durch eine größere Unsicherheit vor allem bei der Einschätzung des Befalls durch den Rapserdfloh verursacht.

Bezüglich der Behandlung des Großen Rapsstängelrüsslers (*Ceutorhynchus napi*) stellte sich bei den Landwirtinnen und Landwirten die Frage, ob eine Randbehandlung zur Bekämpfung ausreicht, ob die Hauptwindrichtung eine größere Rolle spielt und inwieweit die Schlaggröße in diese Überlegungen hineinspielt. Diese Fragen sind eventuell über die Entwicklung von Verbreitungsmodellen zu klären.

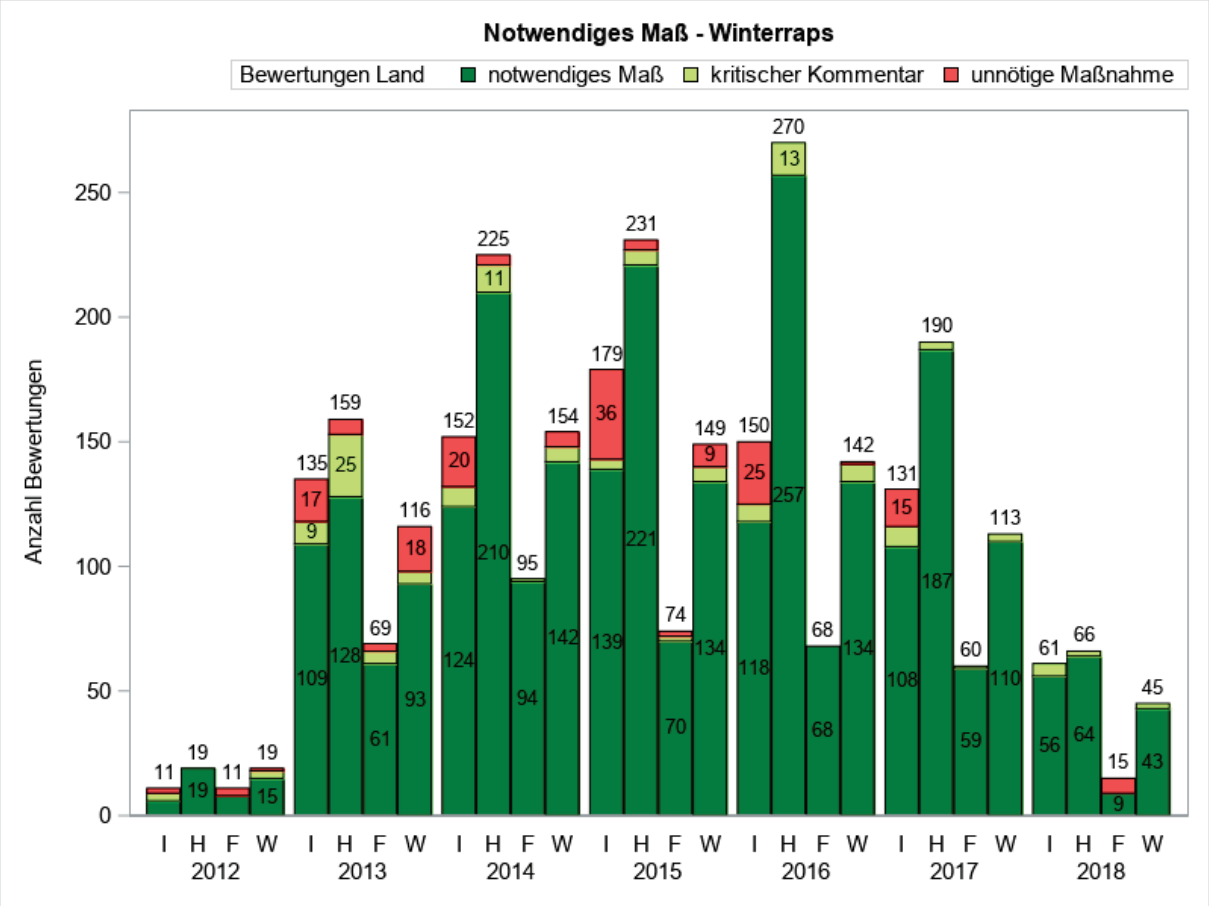


Abb. 38. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den DIPS Ackerbau in Winterraps. 2012-2018, Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie, I = Insektizide, H = Herbizide, F = Fungizide ab BBCH 60, W = Fungizide auch als Wachstumsregler bis BBCH 59.

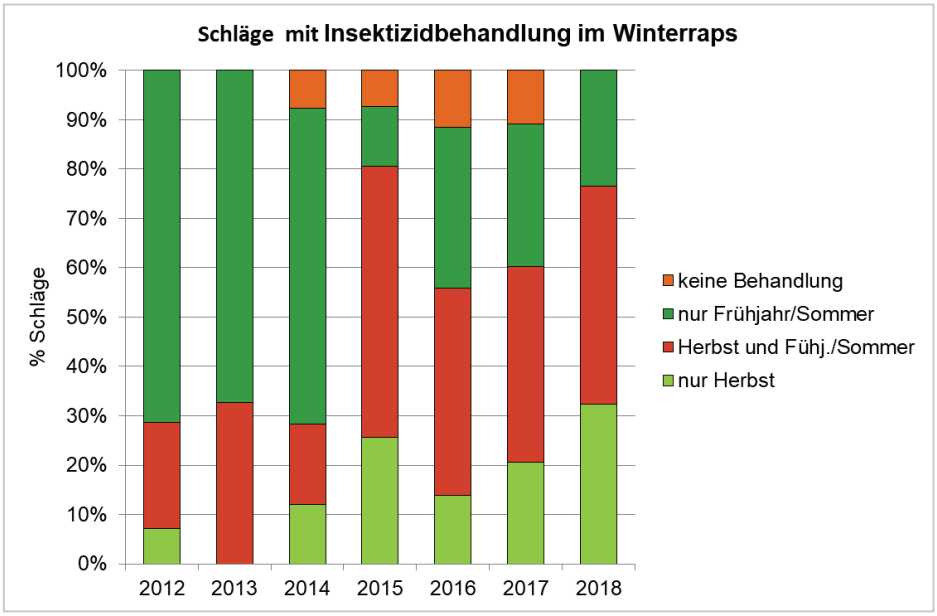


Abb. 39. Entwicklung der Insektizidbehandlungen je Demonstrationsfläche in Winterraps in den DIPS Bundesländer A, B, C, D, E, F, G in den Jahren 2012 bis 2018.

5.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung

Das Modell- und Demonstrationsvorhaben war auf die bestmögliche Umsetzung der Vorgaben des IPS in der Praxis ausgerichtet und nicht explizit auf die Reduktion des Umweltrisikos von Pflanzenschutzmittelanwendungen. Darüber hinaus erfolgte eine begleitende Analyse mit SYNOPS-GIS zur Berechnung des Umweltrisikos, die in diesem Kapitel vorgestellt wird. Die Berechnungsmethoden sind detailliert in DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018 zusammengefasst. Die Darstellung erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit kulturweise für Winterweizen, Wintergerste und Winterraps. Die Risikoindices werden für die verschiedenen Nicht-Ziel-Kompartimente wie Oberflächengewässer, Saumbereiche und Boden getrennt berechnet. In den Auswertungen sind alle teilnehmenden Betriebe vertreten, die bundeslandweise in unterschiedlichen Zeiträumen (2012-2016, 2013-2017, 2014-2018) am Projekt teilnahmen.

Winterweizen und Wintergerste

In Winterweizen und Wintergerste lagen die akuten und chronischen aquatischen Risikoindices im Durchschnitt der Jahre 2010-2018 im Projektzeitraum im niedrigen Risikobereich (ETR<1), das heißt, dass ein Großteil der Maßnahmen als unkritisch bewertet wurde (Abb. 40, Abb. 41). Ein geringer Teil der Pflanzenschutzmaßnahmen lag jedoch im mittleren Risikobereich (ETR>1, >gelbe Linie) und nur einzelne Maßnahmen lagen im hohen Risikobereich (ETR>10, >rote Linie). Die vermeintliche Absenkung der akut aquatischen Risikoindices über den Projektzeitraum auf ein Niveau geringen Risikos (ETR < 0,1) ist der kulturweisen Zusammenfassung geschuldet. Tatsächlich liegen in den jeweiligen Bundesländern unterschiedliche Risikoniveaus, bedingt durch unterschiedlich hohe Anteile an Gewässern, Gräben, Söllen und Nichtzielflächen in den jeweiligen Agrarlandschaften vor (siehe Anl. 3,Anl. 4, Anl. 6, Anl. 7, Anl. 9, Anl. 10, Anl. 12, Anl. 13, Anl. 15, Anl. 16, Anl. 18, Anl. 19, Anl. 21, Anl. 22). Die unterschiedlichen Risikoniveaus in den Bundesländern unterlagen, ob hoch oder niedrig, keiner Veränderung im Zeitverlauf. Unterschiede zwischen Demonstrationsbetrieben und Vergleichsbetrieben konnten nicht gefunden werden. PSM, die in der Spritzfolge im akut aquatisch mittleren Risikobereich (ETR>1) lagen, waren ausschließlich Herbizide und enthielten die Wirkstoffe Chlortoluron, Diflufenican, Flufenacet, Flupyrsulfuron-methyl, Isoproturon, Mesosulfuron-methyl, Metribuzin, Metsulfuron, Penoxsulam und Propoxycarbazone. PSM, ausschließlich Herbizide, die im hohen akut aquatischen Risikobereich (ETR>10) lagen, enthielten die Wirkstoffe Bifenox, Chlortoluron, Flufenacet, Imazosulfuron, Isoproturon, Penoxsulam und Triasulfuron. Diese Wirkstoffe weisen sehr geringe Toxizitätswerte für die Referenzorganismen Lemna (LC_{50}<0,038-0,000068 mg/l) und/oder Algen (LC_{50}<0,69-0,00018 mg/l) auf.

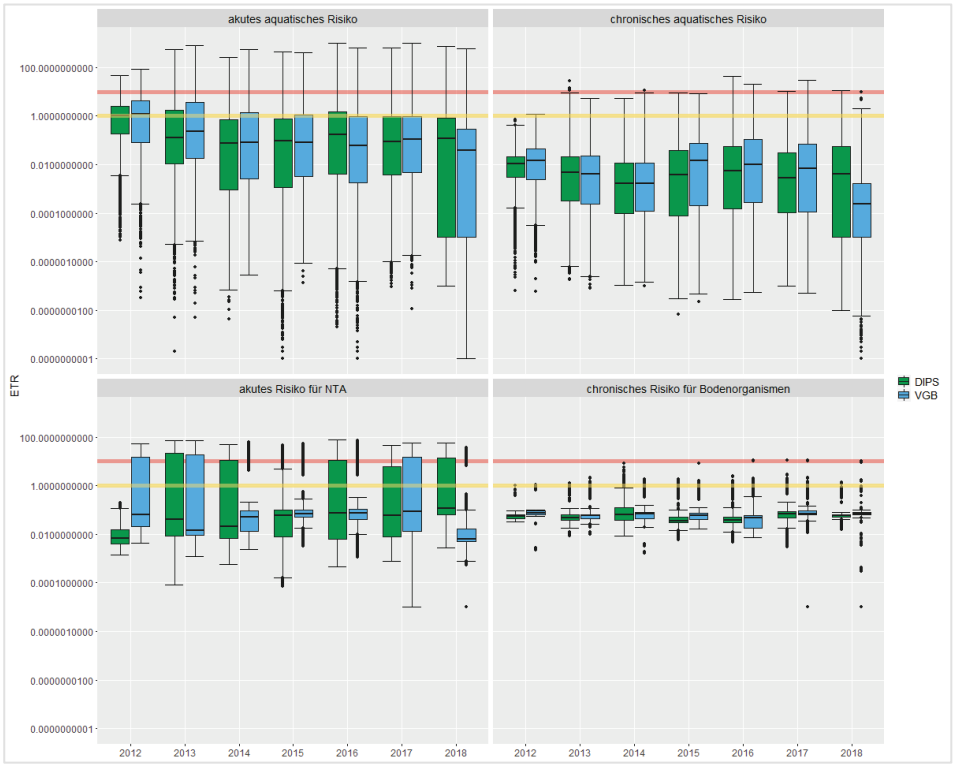


Abb. 40. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Winterweizen in den Jahren 2010-2018.

Für das akute Risiko für Nichtzielorganismen in Saumbiotopen (akutes Risiko für NTA) und das chronische Risiko für den Regenwurm (chronisches Risiko für Bodenorganismen) konnten im Mittel keine Veränderungen beobachtet werden. Sie lagen im Durchschnitt der Spritzfolgen im mittleren, also wenig kritischen, Risikobereich (ETR<1). Jedoch stieg der Anteil PSM, die im mittleren und hohen Risikobereich akut für Nichtzielorganismen lagen, im Projektverlauf bei Demonstrations- und Vergleichsbetrieben leicht an. Mittel, die in der Spritzfolge des mittleren Risikobereiches für Nichtzielorganismen (ETR>1), waren ausschließlich Insektizide, die die Wirkstoffe alpha-Cypermethrin und Cypermethrin enthielten.

Abb. 41. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Wintergerste in den Jahren 2010-2018.

Winterraps

Im Winterraps erzeugten die Spritzfolgen leicht erhöhte Risikoindices gegenüber denen im Wintergetreide, dennoch lagen die akuten und chronischen aquatischen Risikoindices im Durchschnitt der Jahre 2010-2018 im Projektzeitraum im niedrigen Risikobereich (ETR<1), das heißt, dass auch hier ein Großteil der Maßnahmen als unkritisch bewertet wurde (Abb. 42). Ein geringer Teil der Pflanzenschutzmaßnahmen lag jedoch im mittleren Risikobereich (ETR>1, >gelbe Linie) und nur einzelne Maßnahmen lagen im hohen Risikobereich(ETR>10, >rote Linie). Die Erwägungen bezüglich der Entwicklung der akut aquatischen Risikoindices im Zeitverlauf decken sich mit denen für Wintergetreide und werden hier nicht noch einmal erläutert (siehe Anl. 5, Anl. 8, Anl. 11, Anl. 14, Anl. 17, Anl. 20, Anl. 23). Die unterschiedlichen Risikoniveaus in den Bundesländern unterlagen, ob hoch oder niedrig, keiner Veränderung im Zeitverlauf. Unterschiede zwischen Demonstrationsbetrieben und Vergleichsbetrieben konnten nicht gefunden werden. PSM, die in der Spritzfolge im mittleren Risikobereich (ETR>1) lagen, waren Herbizide und enthielten die Wirkstoffe Dimethachlor, Dimethenamid-P, Imazamox, Metazachlor, und Pendimethalin und fungizide PSM mit dem Wirkstoff Paclobutrazol. PSM, ausschließlich Herbizide, die im hohen akut aquatischen Risikobereich (ETR>10) lagen, enthielten die Wirkstoffe Bifenox, Dimethachlor und Metazachlor. Diese Wirkstoffe weisen sehr geringe Toxizitätswerte für die Referenzorganismen Lemna (LC_{50}<0,006-0,0021 mg/l) und/oder Algen (LC_{50}<0,019-0,00018 mg/l) auf. Diese Wirkstoffe und der insektizide Wirkstoff Bifenthrin führten zu chronisch aquatisch riskanten ETR >1.

Für das akute Risiko für Nichtzielorganismen in Saumbiotopen (akutes Risiko für NTA) und das chronische Risiko für den Regenwurm (chronisches Risiko für Bodenorganismen) konnten im Mittel keine Veränderungen beobachtet werden. Sie lagen im Mittel der Spritzfolgen im unteren, also unkritischen, Risikobereich (ETR<1). Jedoch stieg der Anteil Risikoindices, die im mittleren akuten und akut hohen Risikobereich für Nichtzielorganismen lagen, im Projektverlauf bei Demonstrations- und Vergleichsbetrieben. PSM, die in der Spritzfolge im mittleren Risikobereich für Nichtzielorganismen lagen waren ausschließlich Insektizide, die die Wirkstoffe alpha-Cypermethrin und Cypermethrin enthielten. Risikoindices im hohen Risikobereich für Nichtzielorganismen und hohen chronische Risikobereich für Bodenorganismen lagen wurden auf Basis der Einzelwirkstoffe nicht provoziert.

Abb. 42. Risikoindices (ETR) der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) in Winterrraps in den Jahren 2010-2018.

5.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS

Zum Ende des Jahres 2016 endete die fünfjährige Teilnahme der ersten Demonstrationsbetriebe Ackerbau aus Bundesland A. Die Demonstrationsbetriebe der Bundesländer B, C und E beendeten ihre Projektteilnahme im Jahr 2017 und die Betriebe D, F und G im Jahr 2018. In der folgenden Auswertung wurden die einzelbetrieblichen

Bewertungen der Umsetzung der Forderungen des IPS nach Bundesländern zusammengefasst. Die Umsetzung des IPS wurde mithilfe von im Projekt entwickelten Checklisten auf Grundlage der projektspezifischen Leitlinien (FREIER et al., 2014a) zum IPS jährlich bewertet. Die Auswertung der Checklisten zeigte in den Projektjahren bis 2016 einen im Mittel der Betriebe stetigen Anstieg des Niveaus der Umsetzung des IPS dieser Ackerbaubetriebe (Abb. 43). So reichte die Entwicklungsspanne der einzelnen Bundesländer von 48-74 % (Vorherjahre) zu 76-92 % der maximal zu erreichenden Punktzahl (79) zum Ende des Projektes. Die durchschnittlichen Veränderungen lagen in den Demonstrationsbetrieben aus Bundesland A bei 16 %, in Bundesland B bei 34 %, in Bundesland C bei 18 %, in Bundesland D bei 21 %, in Bundesland E bei 11 %, in Bundesland F bei 40 % und in Bundesland G bei 15 %. Das individuelle, betriebliche Entwicklungsniveau im Projekt differierte hierbei in Bundesland A sehr stark von 75-98 % der maximal zu erreichenden Punktzahl (Abb. 43), in den anderen Betrieben der jeweiligen Bundesländer lagen die Entwicklungsniveaus wesentlich enger beieinander (siehe Anl. 24, Anl. 25, Anl. 26, Anl. 27, Anl. 28, Anl. 29, Anl. 30). In Bundesland C ist eine rückläufige Entwicklung zu beobachten. Verursacht wird diese durch Betrieb B12 aus den im Kapitel 5.1.3. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen beschriebenen Gründen.

Im Checklistenabschnitt **A Ganzheitliches Vorgehen** konnten fast alle Betriebe die volle Punktzahl für die Bereitstellung und Nutzung von Fachinformationen sowie die Umsetzung der *„JKI-Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau*“ erreichen. Betriebe, die nicht die volle Punktzahl erreichten, erklärten, die JKI-Leitlinien nicht vollständig als Grundlage des Handelns zu nutzen (6 Betriebe), ein Betrieb nahm nur selten an Fortbildungsmaßnahmen teil. Im Abschnitt **B Befallsvorbeugung** starteten die Betriebe auf unterschiedlichen Niveaus in das Projekt und zeigten auch unterschiedliche Entwicklungen in dessen Verlauf. In Bezug auf die Kriterien Anbausystem/Kulturarten/Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saat- /Pflanzzeiten und Sortenresistenz konnten alle Betriebe spätestens zum Projektende hohe Bewertungen erreichen.

Als grundsätzliches Defizit im Bereich Sortenwahl war der Anbau von hoch anfälligen Sorten (4 Betriebe) einerseits durch Kontraktbindung (Wintergerste) in drei Betrieben, andererseits durch die gute Ertragsleistung, die Kenntnisse bei der Bestandesführung und die sehr gute Akzeptanz der aufnehmenden Hand der anfälligen Sorten im E-Weizensortiment zu erkennen. Das grundlegende Problem bei der Nutzung des Pfluges bestand in dessen Verfügbarkeit (3 Betriebe), in der personellen Kapazität, diesen regulär einzusetzen und bei der ausbleibenden Anwendung auch bei problemhaftem Auftreten von Schädlingen, Beikräutern und zwischen aufeinanderfolgendem Getreideanbau (11 Betriebe). Bei der Einhaltung der optimalen Aussaatzeitpunkte haben sich die meisten Betriebe entwickelt, machten aber dennoch aus organisatorischen Gründen (Arbeitsspitzen im Getreideanbau), witterungsbedingt und aus den in Kapitel 5.1.1.1. Anwendung vorbeugender Maßnahmen genannten Vorteilen auf einem Teil ihrer Flächen von der Frühsaat Gebrauch.

Im Abschnitt **C Förderung und Nutzung natürlicher Regelmechanismen** zeigten sich die Betriebe vor allem bei der Schonung und Förderung von Nützlingen (z. B. durch Einrichtung von Blüh- und Ackerrandstreifen, Aufstellen von Sitzstangen für Greifvögel, Erhalt und Förderung nützlingsfördernder Saumstrukturen) bereit, Anpassungen zu leisten oder diese auszuweiten. Demgegenüber war die Ausstattung der Flächen mit Strukturelementen heterogen und führte zu unterschiedlichen Bewertungen. Gezielte Anreize zur Schaffung wie auch zum Erhalt und zur Pflege von Strukturelementen könnten hier Abhilfe schaffen. Direkte Maßnahmen zur Schonung von Insekten, wie die konsequente Anwendung von Insektiziden nach dem Schadschwellenprizip (24 Betriebe) und die Anwendung insektenschonender Insektizide wie Pirimor Granulat (24 Betriebe) wurde von den Betrieben teils schon vor dem Projekt sehr gut umgesetzt. Als strukturelles Defizit waren die oft als zu starr konzipiert empfundenen Agrarumweltmaßnahmen zu werten. Dennoch nutzten die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter verfügbare Agrarumweltprogramme mit der im Folgenden dargestellten Förderung:

- Zwischenfruchtanbau und Winterbegrünung (11 Betriebe)
- Nutzung der Mulchsaat (8 Betriebe)
- Blüh- und Bienenstreifen (12 Betriebe),
- Gewässerrand-, Feldrand-, Erosionsschutzstreifen (15 Betriebe)
- Leguminosenanbau (7 Betriebe)
- erosionsmindernder Futterbau (4 Betriebe)
- Stillegungen und Brachen (4 Betriebe)
- vielfältige Fruchtfolge (2 Betriebe).

Jeweils ein Betrieb nahm an Programmen zum Rebhuhnschutz und zur Etablierung von Wildgräsungsflächen teil, vier Betriebe arbeiteten eng mit Imkerinnen und Imkern zusammen, andere stimmten Pflanzenschutzmaßnahmen mit ihnen ab.

Die Anforderungen der Abschnitte D Befallsermittlung und Nutzung von Entscheidungshilfen und F Erfolgskontrolle und Dokumentation konnten von fast allen Betrieben im Laufe der Jahre weitestgehend erfüllt werden. In einigen Fällen bewegten sich die Betriebe aber auch hier schon auf einemhohen Niveau und optimierten ihre Tätigkeiten in diesen Punkten. Wichtig war hier, dass die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auch unabhängig vom der Projektbetreuung Befalls- und Erfolgskontrollen sowie die entsprechenden Dokumentationen durchführten.

Im Abschnitt E Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen waren die größten Schwankungen in der Bewertung zu verzeichnen. Die Nutzung von nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsverfahren durch die Betriebe wurde in den Vorherjahren 2013 mit 0 bis 4 von max. 6 Punkten bewertet. Seit Projektbeginn erprobten alle Betriebe verschiedene alternative Verfahren zur mechanischen Unkrautbekämpfung, zur Krankheits- und Schädlingsvorbeugung und der Bekämpfung dieser, so dass teilweise bis zu 5 (2 Betriebe) und 6 (2 Betriebe) Punkte erreicht wurden. Gründe für Schwankungen und/oder den teilweise schwachen Anstieg in der Bewertung sind darin zu finden, dass einige Maßnahmen durch ihre Witterungsanfälligkeit nicht in jedem Jahr angewandt werden konnten und andere Maßnahmen nach einmaliger Prüfung durch die Landwirtinnen und Landwirte aus Praktikabilitäts- und/oder Effektivitätsgründen abgelehnt und nicht weiter durchgeführt wurden. Es konnte kein Einfluss der Sorteneigenschaften in der Wintergerste innerhalb der Demonstrationsbetriebe auf die Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen nachgewiesen werden. Der Spielraum, die Fungizidanwendungen in der Wintergerste zu reduzieren, ist bei einer bis maximal zwei Applikationen je Frühjahr recht eng. In Bezug auf die Mittelwahl und die Beachtung von Resistenzvermeidungsstrategien wurde bei den meisten Betrieben (24) die Forderung zum Ende des Projektes voll erfüllt. Der Forderung, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken, kamen die Betriebe weitestgehend nach. Unnötige Maßnahmen verblieben jedoch in geringem Umfang und wurden bei der Anwendung von Insektiziden aller Demonstrationskulturen und bei Fungiziden im Winterweizen verzeichnet. Die meisten Demonstrationsbetriebe (22) applizierten Pflanzenschutzmittel zum Ende des Projektes je nach Möglichkeit auf Teilflächen. Das unterschiedliche „Abschneiden“ beim Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben führte zu zwischen den Jahren schwankenden Bewertungen. Im Bereich Pflanzenschutztechnik erzielten alle Betriebe die volle Punktzahl, da sie über Pflanzenschutzgeräte mit 90 % Abdriftminderung verfügten. Darüber hinaus haben einige Betriebe in die Sensortechnik (N-Sensor für die Ausbringung von Wachstumsreglern) zur bedarfs- und teilflächengerechten Applikation investiert, um die Pflanzen noch gezielter zu behandeln bzw. die behandelte Nichtzielfläche weiter zu verringern.

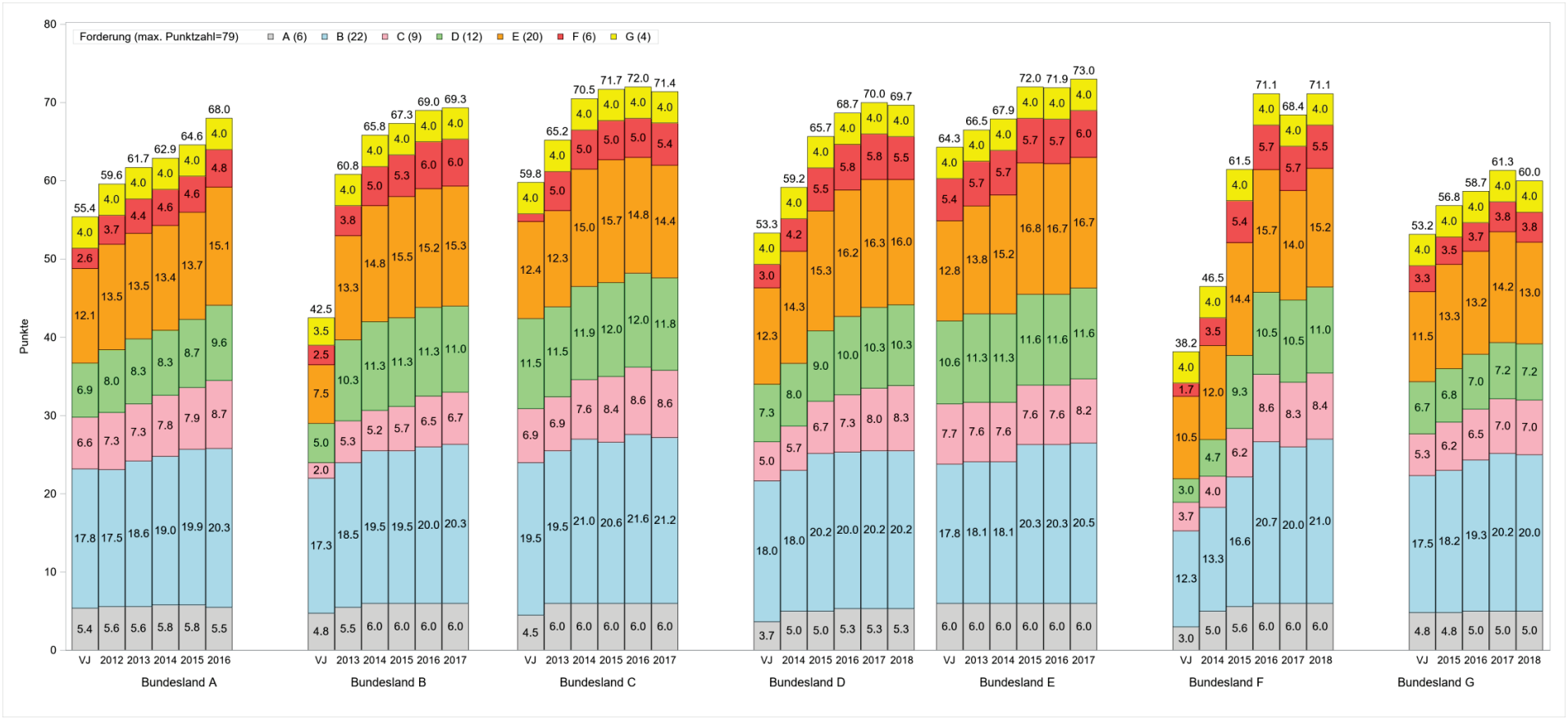


Abb. 43. Auswertung der Checklisten der DIPS Ackerbau der Bundesländer A-G 2011-2018, VJ = Vorherjahr, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10.

Die Anforderungen der Abschnitte **D Befallsermittlung und Nutzung von Entscheidungshilfen** und **F Erfolgskontrolle und Dokumentation** konnten von fast allen Betrieben im Laufe der Jahre weitestgehend erfüllt werden. In einigen Fällen bewegten sich die Betriebe aber auch hier schon auf einemhohen Niveau und optimierten ihre Tätigkeiten in diesen Punkten. Wichtig war hier, dass die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auch unabhängig vom der Projektbetreuung Befalls- und Erfolgskontrollen sowie die entsprechenden Dokumentationen durchführten.

Im Abschnitt **E Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen** waren die größten Schwankungen in der Bewertung zu verzeichnen. Die Nutzung von nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsverfahren durch die Betriebe wurde in den Vorherjahren 2013 mit 0 bis 4 von max. 6 Punkten bewertet. Seit Projektbeginn erprobten alle Betriebe verschiedene alternative Verfahren zur mechanischen Unkrautbekämpfung, zur Krankheits- und Schädlingsvorbeugung und der Bekämpfung dieser, so dass teilweise bis zu 5 (2 Betriebe) und 6 (2 Betriebe) Punkte erreicht wurden. Gründe für Schwankungen und/oder den teilweise schwachen Anstieg in der Bewertung sind darin zu finden, dass einige Maßnahmen durch ihre Witterungsanfälligkeit nicht in jedem Jahr angewandt werden konnten und andere Maßnahmen nach einmaliger Prüfung durch die Landwirtinnen und Landwirte aus Praktikabilitäts- und/oder Effektivitätsgründen abgelehnt und nicht weiter durchgeführt wurden. Es konnte kein Einfluss der Sorteneigenschaften in der Wintergerste innerhalb der Demonstrationsbetriebe auf die Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen nachgewiesen werden. Der Spielraum, die Fungizidanwendungen in der Wintergerste zu reduzieren, ist bei einer bis maximal zwei Applikationen je Frühjahr recht eng. In Bezug auf die Mittelwahl und die Beachtung von Resistenzvermeidungsstrategien wurde bei den meisten Betrieben (24) die Forderung zum Ende des Projektes voll erfüllt. Der Forderung, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken, kamen die Betriebe weitestgehend nach. Unnötige Maßnahmen verblieben jedoch in geringem Umfang und wurden bei der Anwendung von Insektiziden aller Demonstrationskulturen und bei Fungiziden im Winterweizen verzeichnet. Die meisten Demonstrationsbetriebe (22) applizierten Pflanzenschutzmittel zum Ende des Projektes je nach Möglichkeit auf Teilflächen. Das unterschiedliche „Abschneiden“ beim Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben führte zu zwischen den Jahren schwankenden Bewertungen. Im Bereich Pflanzenschutztechnik erzielten alle Betriebe die volle Punktzahl, da sie über Pflanzenschutzgeräte mit 90 % Abdriftminderung verfügten. Darüber hinaus haben einige Betriebe in die Sensortechnik (N-Sensor für die Ausbringung von Wachstumsreglern) zur bedarfs- und teilflächengerechten Applikation investiert, um die Pflanzen noch gezielter zu behandeln bzw. die behandelte Nichtzielfläche weiter zu verringern.

Im Checklistenabschnitt **G Sorgfaltspflicht beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln** konnten in allen Jahren volle Punktzahlen erreicht werden.

Individuelle (einzelbetriebliche) Handlungsspielräume zur Optimierung des IPS konnten in der Bodenbearbeitung, der Anpassung der Sortenwahl, der Gestaltung der Saatzeiten, der Schonung und Förderung von Nützlingen, der Anpassung von Antiresistenzstrategien, der Bestandesüberwachung und Nutzung von Entscheidungshilfesystemen sowie der Überprüfung der Wirksamkeit und Dokumentation der Pflanzenschutzmittelanwendungen aufgezeigt und zum großen Teil verbessert werden. Systembedingte Defizite fanden sich in hinsichtlich der Flexibilität von Agrar-Umwelt-Programmen und vor allem im Ackerbau in der Verfügbarkeit von praktikablen nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen.

5.8. Zusammenfassung Ackerbau

Im Ackerbau engagierten sich zwischen 2012 und 2018 insgesamt 27 sehr heterogene Betriebe im Modell- und Demonstrationsvorhaben. Die Betriebe lagen in für Deutschland repräsentativen Ackerbauregionen in sieben Bundesländern und nahmen für jeweils fünf Jahre mit den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps am Projekt teil. Ziel war es, die Umsetzung des IPS durch Anpassungen vorbeugender Maßnahmen, wie Sortenwahl, Aussaatzeitpunkt und Fruchtfolgegestaltung, die Demonstration und Erprobung nichtchemischer und alternativer Verfahren sowie die Ausdehnung der Bestandes- und

Schaderregerüberwachung direkt im Feld und indirekt über die Nutzung von Entscheidungshilfesystemen, zu optimieren. Detailiert analysiert und beschrieben wurden anhand der im Projekt erhobenen Daten:

- die Anwendung vorbeugender und nichtchemischer Verfahren,
- die für die Umsetzung des IPS notwendigen zeitlichen Aufwendungen für die Schaderregerüberwachung,
- die Entscheidungsgrundlagen, die den Pflanzenschutzmittelanwendungen zugrunde lagen,
- die Behandlungsintensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendungen,
- die damit einhergehenden Bewertungen des notwendigen Maßes
- und die Bewertung des Risikos, das von den Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Naturhaushalt ausgehen kann.

Die Auswertung der vorbeugenden Maßnahmen im Ackerbau hat gezeigt, dass zwei Drittel der Vorfrüchte von Winterweizen Blattfrüchte (wie Kartoffeln, Futtererbsen, Zuckerrüben, Mais) und Winterraps und zu einem Drittel Winter- und Sommergetreide waren. In der Wintergerste wurden als Vorfrüchte zum Großteil Wintergetreide und zu einem Drittel Blattfrüchte und im Winterraps hauptsächlich Winter- und Sommergetreide angebaut. Im Winterweizen führten Vorfrüchte, wie Blattfrüchte und Mais im Projektdurchschnitt zu 40 % signifikant geringeren Herbizidanwendungen als bei den Vorfrüchten Getreide und Winterraps. Vorfrüchte wie Blattfrüchte, Mais und Winterraps führten zu durchschnittlich 12 % geringeren Fungizidanwendungen gegenüber Getreidevorfrüchten. Auch die Wachstumsreglergaben lagen nach Blattvorfrüchten unter denen bei den Vorfrüchten Wintergetreide und Winterraps. Ähnliche Zusammenhänge waren hinsichtlich der Vorfrüchte bei Wintergerste zu finden. Im Winterraps konnten keine Zusammenhänge zwischen Behandlungsintensitäten und den Vorfrüchten gezeigt werden, da 90 % der Vorfrüchte zu den Getreiden zählten. Veränderungen der Anbaudiversifizierung konnten kurzfristig im Projekt nicht umgesetzt werden. Die Auswertung der Saatzeiten zeigte, dass Winterraps und Wintergerste überwiegend zum optimalen Aussaatzeitpunkt gedrillt wurden. Im Winterweizen hatten frühe und vereinzelt sehr frühe Saattermine auch zum Ende des Projektes in einigen Betrieben noch eine gewisse Bedeutung, da dadurch Arbeitsspitzen bei hohem Anbauanteil abgefedert werden konnten. Es konnte gezeigt werden, dass mit fortschreitendem Aussaatzeitpunkt im Winterweizen, in der Wintergerste und tendenziell im Winterraps Reduktionen bei den Anwendungen der Herbizide, Fungizide, Insektizide und Wachstumsregler möglich waren. Die Auswahl der Winterweizensorten wurde in den meisten Demonstrationsbetrieben zugunsten resistenterer/toleranterer Sorten angepasst. In drei der Betriebe wurde aber am Anbau der gegen Mehltau und Gelbrost hochanfälligen Winterweizensorte Akteur aufgrund der hohen Nachfrage der aufnehmenden Hand festgehalten. Es konnte gezeigt werden, dass gegen Blattseptoria resistentere (BSA-Note 1-4) Winterweizensorten im Projektdurchschnitt 13 % weniger mit Fungiziden behandelt wurden als anfälligere (BSA-Note 5-9) Sorten. Durch intensive indirekte und direkte Befallserhebungen und aufgrund exzellenter Beratung konnte es regional spezifisch und jahresweise gelingen, in Betrieben mit gegen Septoria hoch anfälligen und resistenten Sorten im Anbau signifikante Reduktionen der fungiziden Anwendungen bei resistenten Winterweizensorten von im Mittel über die Jahre 41 % zu erreichen, wobei die Reduktion von 28-62 % in den Jahren streute. In Betrieben mit weniger starken Sortenunterschieden konnten immerhin im Mittel der Projektjahre 19 % der fungiziden Anwendungen durch Nutzung des Sorteneffektes eingespart werden. Es konnten auch Reduktionen von 18 % bei der Anwendung von Wachstumsregulatoren in standfesten Sorten (BSA-Note 1-3) gegenüber weniger standfesten Sorten (BSA-Noten 4-9) erreicht werden. Für Wintergerste konnte kein Einfluss des Sorteneffektes auf die Behandlungsintensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen nachgewiesen werden.

Die Demonstrationsbetriebe Ackerbau erprobten verschiedene nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen, machten dabei jedoch immer wieder deutlich, dass in diesem Bereich mehr Innovationen erwartet wurden und ein erheblicher Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf besteht. Ein hoher Aufwand wurde für die Demonstration mechanischer und kulturtechnischer Unkrautbekämpfung betrieben. Dazu zählten die mehrmalige Stoppelbearbeitung, das Pflügen, der Einsatz des Strohstriegels vor der Saat und des Striegels in der Kultur, das Mulchen der Feldraine, der Einsatz der Hacke-Band-Spritzen-Kombination sowie die Einbringung von Leguminosen als Untersaaten im Winterraps und das Mulchen der Maisstoppeln. Allen mechanischen

Maßnahmen ist bei der Durchführung die starke Abhängigkeit von Witterung und Bodenart gemein, was zu jahresweise und regional unterschiedlichen Bewertungen und Nutzungsintensitäten durch die Landwirtinnen und Landwirte führte. Weiterhin wurde elektronenbehandeltes Saatgut als nichtchemische Alternative zur konventionellen Beizung mit unterschiedlichen Bewertungen in Abhängigkeit des Besatzes mit bodenbürtigen Schaderregern erprobt. Der alleinige Einsatz von Contans WG als Alternative zur fungiziden Rapskrebsbehandlung wurde mit wenig Erfolg demonstriert. Die biologische Maiszünslerbekämpfung durch Trichogramma-Schlupfwespen war hingegen erfolgreich. Die Etablierung umweltschonender und biodiversitäts- und nützlingsfördernder Maßnahmen, wie das Aufstellen von Sitzkrücken, die Anlage von Gewässerrand-, Feldrand-, Erosionsschutzstreifen und Blüh- und Bienenstreifen bzw. -weiden wurde in hohem Maße verwirklicht und ausgebaut.

Als weitere Säule des integrierten Pflanzenschutzes wurden die durch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer erfassten, für die direkte Schaderregerüberwachung benötigten zeitlichen Aufwendungen, ausgewertet. Für Winterweizen, Wintergerste und Winterraps lagen diese im Mittel aller Projektschläge bei 147, 111, und 170 Minuten pro Schlag zu im Durchschnitt 8, 6 und 10 benötigten Boniturterminen in der Vegetationsperiode. Im Wintergetreide lag der Fokus auf den pilzlichen Schaderregern, im Winterraps auf den Schadinsekten. In den meisten Betrieben (25) wurde das intensive Monitoring der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer durch die Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe begleitet und/oder die Ergebnisse im Hinblick auf eine situationsspezifische, schadschwellenbasierte Entscheidungsfindung diskutiert. Das Monitoring und auch die Nutzung indirekter Methoden der Befallserhebung (v. a. die Nutzung von Prognosemodellen) wurde in den Betrieben etabliert und ausgebaut, wobei die meisten Betriebe (25) angaben, den Umfang des Monitorings des Projektbetreuers aus ökonomischen Gründen nicht im selben Maße fortführen zu können.

Die Behandlungsintensitäten in den Demonstrationskulturen streuten sehr stark zwischen den Bundesländern und Jahren, was auf die unterschiedlichen Regionen, Standorte, Betriebsformen und Ausstattungen der Betriebe zurückzuführen ist. Durch die im Projekt durchgeführten Anstrengungen der teilnehmenden Betriebe und Bundesländer hinsichtlich der Anpassung vorbeugender ackerbaulicher Maßnahmen, des optimierten Schaderregermonitorings und der exzellenten Beratungsleistung konnten im Hinblick auf die Reduktionspotentiale der Intensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendungen im Vergleich zu den in den Regionen der Demonstrationsbetriebe arbeitenden Vergleichsbetriebe gewisse Erfolge erzielt werden. Es konnte gezeigt werden, dass bei dem im Projekt betriebenen enormen Aufwand das größte Reduktionspotential bei der Anwendung von Insektiziden, Fungiziden und Wachstumsregulatoren im Winterweizen und von Insektiziden und Wachstumsregulatoren im Winterraps erzielt werden konnte.

Einhergehend mit den erzielten Reduktionen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnte eine deutliche Steigerung bei der Einhaltung des notwendigen Maßes von meist über 95 % erzielt werden, was auch durch die deutlichen Entwicklungen bei der Bewertung der Checklisten zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes untermauert wurde.

Die Optimierung des IPS ist kurzfristig durch intensive Befallserhebungen auf dem Schlag und durch Nutzung von Prognosemodellen und damit der Stärkung eigenständiger, situationsgerechter und selbstbewusster Entscheidungen im Pflanzenschutz möglich. Das Bewusstsein dafür konnte in den Betrieben geschärft und ausgebaut werden. Herausforderungen zeigten sich in der Bewertung der Sortenanfälligkeit durch die Landwirtinnen und Landwirte, der Einschätzung der Behandlungsnotwendigkeit von Rapskrebs und der Beurteilung von Schadinsekten im Herbst, sowohl im Getreide als auch im Winterraps. Die Rolle der unabhängigen Offizialberatung hat sich hierfür als maßgeblich herausgestellt. Als nicht zielführend erwiesen sich im Projektverlauf entstandene Erwartungen nach pauschalen Reduktionen der Behandlungsintensitäten im Ackerbau. Die Optimierung vorbeugender Maßnahmen war meist abhängig vom Markt und den betrieblichen Gegebenheiten und eher nur mittelfristig beeinflussbar. Nichtchemische Alternativen wurden demonstriert und regional bzw. einzelbetrieblich sehr unterschiedlich bewertet. Hier besteht erheblicher Innovations- und Forschungsbedarf.

5.9. Forschungs- und Beratungsbedarf

Im Rahmen der mehrjährigen Laufzeit des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ konnte für den Produktionsbereich Ackerbau ein nicht unerheblicher Forschungs-, Förderungs-, Weiterentwicklungs- und Beratungsbedarf identifiziert werden, der im Folgenden dargestellt wird.

Forschungs-, Beratungs- und Förderungsbedarf bei vorbeugenden und nichtchemischen Verfahren

Problematisch stellen sich bei ökonomisch orientierten Marktfruchtbetrieben die engen Fruchtfolgen mit Wintergetreide, -Winterraps und eventuell Mais als Fruchtfolgeglieder dar. Weitere vermarktungsfähige Blattfrüchte und der Anbau von Kartoffeln oder Zuckerrüben spielen in nennenswertem Umfang keine Rolle. Eine Evaluation und Züchtung möglicher für den praktikablen Anbau aussichtsreicher Blattfrüchte vor allem von Eiweißpflanzen wäre zu empfehlen. Weiterhin besteht Beratungsbedarf über die Vorteile einer Fruchtfolgeerweiterung, wenn klimatisch möglich, mit Sommerungen. Die Umsetzung bedarf unter Umständen politischer Impulse über Umweltprogramme der Länder oder der Anbauförderung bestimmter Kulturen.

Zum direkten Ersatz der Pflanzenschutzmittelanwendungen hat sich im Projekt die mechanische Unkrautkontrolle als machbar herausgestellt. Vor allem die Kombination von Hacken mit Bandspritzgeräten konnte die Anwendung von Herbiziden auf ein Drittel reduzieren, aber auch die Anwendung von Strohstriegeln in Kombination mit Herbiziden vor der Saat zur Kontrolle von Problemungräsern und zur Beseitigung des Nachauflaufes und die Verwendung von Striegeln in der Kultur im Winterweizen und Winterraps konnte regions- und jahresweise gute Ergebnisse erzielen. Zur Validierung dieser Verfahren und zur Beantwortung relevanter Forschungsfragen sind weitere Anstrengungen und die Prüfung unter Praxisbedingungen nötig. Für deren Implementierung sollten begleitend eine intensive Beratung und eventuell eine Startförderung erfolgen.

Die Forschung zu biologischen Verfahren und nichtchemischen Alternativen im Ackerbau sollte verstärkt werden, da deren Verfügbarkeit derzeit sehr begrenzt ist.

Für die Kontrolle tierischer Schaderreger vor allem im Winterraps wäre die Entwicklung von Biologica zu fördern, um den Bekämpfungslücken und den teilweise geringen Wirkungsgraden der noch verfügbaren Insektizide entgegenzuwirken.

Zur weiteren Folgenabschätzung und Strategieentwicklung im Ackerbau sollte eine Bewertung der chemischen und nichtchemischen Verfahren hinsichtlich ihrer Umweltwirkung über zum Beispiel die Ermittlung des CO2-Fußabdruckes und des Eintrags und der Verfrachtung von umweltwirksamen Stoffen in Umweltkompartimente durch die jeweiligen Verfahren erfolgen.

Forschungs- und Beratungsbedarf bei Entscheidungshilfen

Durch die konsequente Anwendung von Bekämpfungsrichtwerten, die Umsetzung der Ergebnisse von Landesversuchen und die Nutzung von Prognosemodellen werden Landwirtinnen und Landwirte in die Lage versetzt, souveräne, situationsspezifische Bekämpfungsentscheidungen treffen zu können. Der Kenntnisstand über das Schaderregerauftreten in den Beständen, der einzelnen Pflanzenschutzverfahren und die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln ist für einen optimalen Pflanzenschutz grundlegend. Die bestehenden Bekämpfungsrichtwerte und Entscheidungshilfesysteme wurden mit Daten entwickelt, deren Grundlagen sich heute mit der Entwicklung neuer Sorten und der damit einhergehenden veränderten Ertragsentwicklung, der Situation der Klimaänderung, der Ausdehnung der konservierenden Bodenbearbeitung, Verdichtungen in den Fruchtfolgen und Veränderungen der Erlöse für Marktfrüchte verändert haben. Der Wissensstand muss aktualisiert und validiert werden, was zum Teil für in der Praxis verbreitete Prognosemodelle und Entscheidungshilfen mit dem Forschungsvorhaben „ValiProg“ (FKZ2819ABS100) bereits begonnen wurde. Weiterer Bedarf besteht in der Entwicklung und regionalen Anpassung von IT-basierten Entscheidungshilfesystemen zur Einsparung von Herbiziden (VERSCHWELE, 2018) und Wachstumsreglern und zur Vorhersage des Bienenfluges. Die Nutzung der Entscheidungshilfen sollte über den Ausbau der Beratungsangebote verbreitet werden. Zum Erkennen und Einschätzen der Schadsymptome, auch hinsichtlich der Nutzung des Sorteneffektes resistenter/toleranter Sorten, besteht weiterhin Beratungsbedarf. Hierfür könnten unterstützend Boniturwerkzeuge (z.B. über digitale Bilderkennungssysteme) entwickelt, verbreitet und die Landwirtinnen und Landwirte in diesen geschult werden. Dies impliziert den Ausbau unabhängiger

Offizialberatung, vor allem in beratungsschwachen Regionen, zur Unterstützung bei der Bewertung der situativen Notwendigkeit der Pflanzenschutzmittelanwendung. Zur Unterstützung der Landwirtinnen und Landwirte bei der Bestandesüberwachung ist es ratsam, die Schaderregerüberwachung der Länder engmaschiger zu gestalten, um das regionale Befallsgeschehen und dessen Entwicklung für die Landwirtinnen und Landwirte abzubilden um dadurch die direkte Entscheidungsfindung auf der Fläche (Bonitur, Feldbegehung) besser terminieren zu können.

Eine weitere Möglichkeit der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln stellt die Teilflächenapplikation dar. Die Implementierung bestehender Systeme und deren Weiterentwicklung in Kombination mit digitalen Bilderkennungssystemen über Sensoren in Echtzeit oder über Boniturwerkzeuge (z. B. Drohnen, smarte Lösungen) stellen ein breites Forschungsfeld dar.

Züchtungsbedarf

Der Anbau resistenter Sorten ist ein zentrales Instrument zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln. Die Förderung effektiver, moderner und aktueller Züchtungsforschung von resistenten, toleranten ertragsfähigen und qualitätssichernden und damit vermarktungsfähigen, Marktfrüchten ist von essentieller Bedeutung. Zur Verbesserung der Akzeptanz neuer Sorten ist es wichtig, auch den ökonomischen Nutzen der durch den Anbau dieser Sorten entsteht, zu bewerten und zu beschreiben. Die Beratung, der einfache Informationszugang von Landwirtinnen und Landwirte und die Beantwortung deren individuellen Fragestellungen in Bezug auf die Sortenwahl sollten ausgebaut und vereinheitlicht (z. B. nach dem Vorbild des „Sortenberaters“ NRW) werden.

Forschungsbedarf Pflanzenschutzverfahren

Für Insektizide, Fungizide und Herbizide ist aufgrund der verringerten Auswahl an zugelassenen Wirkstoffen, der Änderungen in den Anwendungsbestimmungen einzelner Wirkstoffe, dem teilweisen Verlust an Wirksamkeit bei alten Pflanzenschutzmitteln, steigender Resistenzgefahr und teilweise erheblichem Befallsdruck (z. B. bei Schädlingen im Winterraps, Krankheiten im Getreide) eine eher zunehmende Behandlungsintensität zu erwarten. Abhilfe kann hier nur durch stärkere Anstrengungen in Forschung und Beratung sowie insbesondere der Entwicklung und Zulassung neuer effektiver Wirkstoffe geschaffen werden. Die Beratungsleistungen zum Resistenzmanagement sollten ausgebaut werden.

Forschungsbedarf Biodiversität

Die Anwendung biodiversitätsfördernder Maßnahmen war kein Ziel des Projektes. Dennoch haben sich Fragestellungen in diesem Themenfeld über die Projektlaufzeit ergeben. Zur Vernetzung und Förderung von Nichtzielorganismen und Bestäubern wurde Forschungsbedarf für die Anlage und zeitliche und räumliche Vernetzung von Landschaftselementen, Blüh-, Bienen-, Gewässerschutzstreifen und der vernetzten Brache identifiziert. Weiterhin sollten ökologische, agronomische und ökonomische Effekte von biodiversitätsfördernden Maßnahmen, wie der Anlage von Sitzkrücken, Lerchenfenstern und der Etablierung der „weiten Reihe“ im Getreideanbau verstärkt untersucht und kommuniziert werden. Die weitere Förderung der Kooperation von Imkerinnen und Imkern und Landwirtinnen und Landwirten ist wünschenswert.

6. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Apfelanbau

Im Apfelanbau beteiligten sich insgesamt 13 Obstbaubetriebe aus den DIPS-Regionen Südwest und Altes Land am Modellvorhaben. Der Projektzeitraum erstreckte sich über die Jahre von 2011 bis 2018 (Tab. 28). Aus dem Alten Land (Anbaugebiet Niederelbe) nahmen zwei Obsthöfe über einen erweiterten Zeitraum von 2012 bis 2018 teil, ein dritter folgte im Jahr 2014. Aus der DIPS-Region Südwest starteten in Projektphase I zwei Betriebe aus Rheinland-Pfalz (Anbaugebiet Rheinhessen/ Pfalz) sowie drei Betriebe aus Baden-Württemberg (Anbaugebiete Bodensee, Neckar und Rheinebene). Ein Betrieb am Bodensee nahm ebenfalls über einen erweiterten Zeitraum von 2011 bis 2018 am Projekt teil. In Phase II traten 2014 drei weitere Betriebe aus der Rheinebene sowie zwei vom Bodensee dem Vorhaben bei. Bei allen 13 Betrieben handelte es sich um integriert arbeitende Haupterwerbsbetriebe, die bereits eng mit den Pflanzenschutzdiensten zusammenarbeiteten und in ihrer Gesamtheit das Anbaugebiet repräsentierten.

Tab. 28. Anzahl der Demonstrationsbetriebe und der Demonstrations- und Vergleichsanlagen im Apfelanbau

	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Altes Land										
Demonstrationsbetriebe				2	2	3	3	3	3	3
Vorherjahre		2	2	1	1					
Demonstrationsflächen				6	6	8	8	8	8	7
Restbetrieb				2	2	3	3	3	3	3
Vergleichsanlagen		6	6	6	6	9	9	9	6	6
Südwest										
Demonstrationsbetriebe			5	5	5	10	10	6	6	6
Vorherjahre	7	7		5	5					
Demonstrationsflächen			13	13	13	24	25	15	15	15
Restbetrieb			3	5	5	7	7	3	3	3
Vergleichsanlagen	15	18	18	18	18	18	18	18	18	18

6.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen

In beiden DIPS-Regionen wurden zahlreiche nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzverfahren wie auch Maßnahmen zur Förderung von Nützlingen bzw. der Biodiversität durchgeführt und demonstriert. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter der Phase II und z. T. auch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bewerteten einen Großteil der durchgeführten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Praktikabilität (Umsetzbarkeit, 5.2.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen) und teilweise auch deren Effizienz (Verhältnis von Kosten und Nutzen) und Effektivität (Wirksamkeit). Darüber hinaus wurden Informationen aus den Interviews, Berichten und Projekttreffen zusammengetragen.

Unkrautbekämpfung

In den Demonstrationsbetrieben für Apfelanbau wurden in Abhängigkeit von Standort und Witterung 1- bis 3-mal jährlich Herbizide in den Baumreihen appliziert. Die zur Verfügung stehenden alternativen Verfahren zur **mechanischen Unkrautkontrolle** wurden vor Projektbeginn aufgrund der damit einhergehenden hohen Anschaffungskosten, Zeit- und Arbeitsaufwendungen sowie möglichen Ertragsverlusten (HOLTHUSEN et al., 2019; OESER 2019) noch nicht genutzt. Im Rahmen des Modellvorhabens testeten die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter ausgewählte mechanische Verfahren.

Im Alten Land konnte ein Betrieb, der in Dammkultur arbeitete, gute Erfahrungen mit einem **Anhäufelgerät** zur mechanischen Unkrautbekämpfung und Bodenbearbeitung (Dammpflege) machen und unter günstigen Bedingungen (in trockenen Jahren) eine Herbizidmaßnahme einsparen. Beim Anhäufeln wurden Falllaub und organischer Dünger in den Boden eingearbeitet und damit die Verrottung gefördert, was gleichzeitig zu einer Senkung des Ascosporenpotentials des Schorfpilzes *Venturia inaequalis* beitrug. Die Maßnahme war jedoch

witterungsabhängig und aufgrund der einseitigen Arbeitsweise deutlich zeitaufwendiger als die Applikation eines Herbizides. Darüber hinaus kam es gelegentlich zur Schädigung oder zum Herausreißen einzelner Bäume.

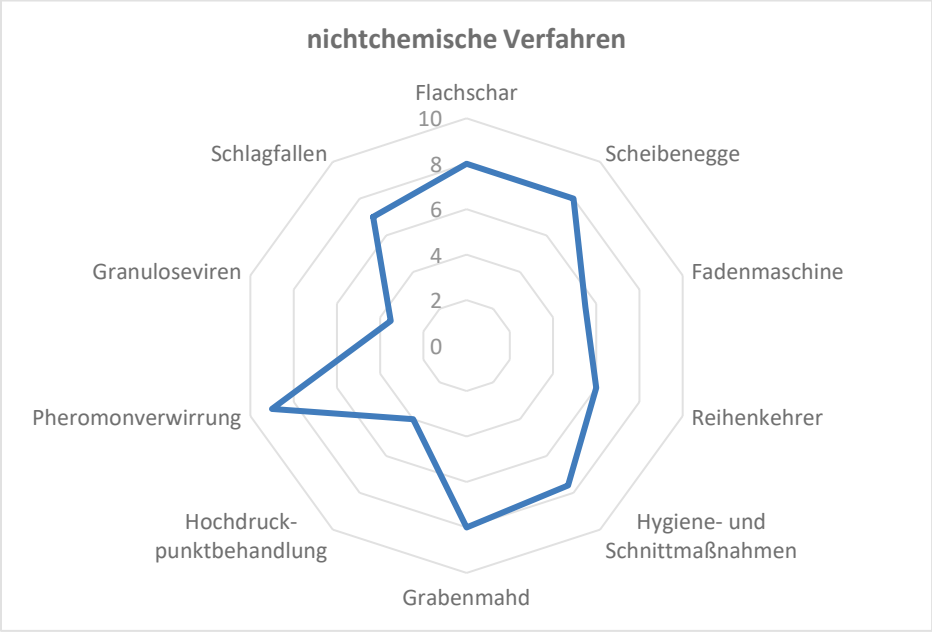


Abb. 44. Bewertung der Praktikabilität von nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2011-2018). subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend).

Auf einem Betrieb in der Region Südwest wurde in mehreren Jahren eine mechanische Unkrautregulierung mit einem **Flachschar** und einer **Scheibenegge** durchgeführt. Nach Einschätzung des Betriebsleiters eigneten sich diese Verfahren aufgrund der Kosten bzw. erzielbaren Absatzpreise im konventionellen Anbau nur zur Herbizidreduktion, nicht aber zum Herbizidersatz. Für Praktikabilität und Effizienz wurden dementsprechend jeweils Note 8 vergeben, für die Effektivität Note 6. Neben der Unkrautregulierung wurde der Boden aufgelockert, die Verdunstung aus dem Boden durch Kapillarbrechung reduziert und die Moosschicht entfernt. Zudem wurden Blutlauskolonien an den Baumstämmen teilweise zugeworfen.

Auf zwei weiteren Betrieben in Nordbaden kamen **Fadenmaschinen** zum Einsatz. Nachdem zunächst Erfahrungen zur möglichen Fahrgeschwindigkeit, dem Fadenverbrauch (schnelle Abnutzung bei steinigen Böden) und der Eignung einzelner Anlagen (Hanglagen waren schwierig) gesammelt werden mussten, konnten die Fadenmaschinen vor allem in trockenen Jahren genutzt werden, um Herbizidanwendungen zu reduzieren. Die Vorteile der Fadenmaschine waren, dass in älteren Anlagen bis an den Stamm gefahren werden konnte, der Boden nicht bewegt wurde und eine ungewollte Mineralisierung von Nährstoffen ausblieb. Das abgeschlagene Kraut minderte zusätzlich die Verdunstung aus dem Boden und verbesserte damit die Wasserversorgung in den Anlagen. Die Praktikabilität der Fadenmaschine bewerteten die Betriebe mit 5 bis 6 Punkten. Nachteilig war, dass die Unkräuter bei Nässe stark und schnell nachwuchsen, so dass viele Überfahrten in kurzer Zeit notwendig waren.

Die mechanische Unkrautregulierung war im Vergleich zur Anwendung von Herbiziden grundsätzlich mit deutlichen Mehrkosten für die Anschaffung der Maschinen, erhöhtem Arbeitszeitbedarf und zum Teil auch zusätzlichen Arbeitskräften zum Hacken verbunden. Die Umsetzbarkeit aller beschriebenen Maßnahmen war durch Faktoren wie eine nasse Witterung, einen zu hohen Unkrautdruck oder schweren Boden begrenzt. Darüber hinaus war zur Schonung der Bäume eine genaue und hoch konzentrierte Fahrweise erforderlich. Nach dennoch insgesamt positiven Erfahrungen haben alle Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter ihre Geräte zur mechanischen Unkrautkontrolle in ihren Betriebsablauf integriert und werden diese auch nach Projektende situationsbedingt in Kombination mit chemischer Unkrautbekämpfung weiter nutzen.

Weitere nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen

Zur Förderung der Anlagenhygiene und zur Senkung des Befallsrisikos pilzlicher Schaderreger wurde in einem Demonstrationsbetrieb im Alten Land ein **Reihenkehrer** zur Falllaubentfernung in den Baumstreifen angeschafft. Das Gerät besteht aus einer rotierenden Bürste, die Falllaub und Schnittgut aus dem Pflanzstreifen in die Fahrgasse transportiert und einem Mulcher, der das ausgekehrte Pflanzenmaterial zerkleinert. Der hygienisierende Effekt beruhte auf einer beschleunigten Verrottung von sporentragendem Pflanzenmaterial (insbesondere *V. inaequalis*). Für die Praktikabilität wurde Note 6 vergeben. Die Effektivität dieser Präventivmaßnahme ließ sich nicht beurteilen, unter ungünstigen, feuchten Witterungsbedingungen zeigte sich jedoch ein schlechteres Räumbild. Trotz des hohen Zeitaufwandes (niedrige Geschwindigkeit und einseitige Arbeitsweise) wird das Gerät in Abhängigkeit von der Witterung auch zukünftig eingesetzt werden.

Die Umsetzung von **Mehltau-, Krebs- und/oder Feuerbrandschnittmaßnahmen** war als phytosanitäre Maßnahme in vielen Demonstrationsbetrieben Standard und konnte dazu beitragen, den Befall in den Apfelanlagen auf einem niedrigen Niveau zu halten. Die Praktikabilität der zeitaufwendigen Schnittmaßnahmen wurde von allen Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern als relativ hoch bewertet (Note 7-8). Im Alten Land wurden routinemäßig von durch *Neonectria ditissima* befallene Triebe und Zweige im Frühjahr ausgeschnitten („Krebsschnitt"), was aufgrund des hohen Schadpotentials des Krebserregers als sehr wirtschaftlich angesehen wurde. Mehltauschnittmaßnahmen wurden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (hohe Arbeitsintensität vs. geringer zu erwartender Schaden) in dieser Region nicht durchgeführt. Wohingegen es in vielen Betrieben der DIPS-Region Südwest üblich war, ab Frühjahr den Mehltau auszubrechen (Primärbefall) und im Sommer einen Mehltauschnitt durchzuführen, um befallene Triebe aus den Anlagen zu entfernen. Dies wurde vor allem in Kombination mit dem Sommerschnitt als sehr gut umsetzbar angesehen. Der Krebsschnitt war auch im Südwesten ein elementarer Bestandteil der Pflanzenschutzstrategie und besonders praktikabel in Kombination mit dem kulturbedingten Zurückschneiden außerhalb der Vegetationsperiode im Winter. Die vereinzelt in der Region Südwest nötigen Feuerbrandschnittmaßnahmen ließen sich nicht mit anderen Pflegearbeiten kombinieren, da bei Befallsauftreten sofort gehandelt werden musste und eine Infektionsgefahr bei unzureichend desinfiziertem Schnittwerkzeug bestand. Besonders wirkungsvoll waren Maßnahmen in der Blütezeit, da es in diesem Zeitraum leicht zur Übertragung des Bakteriums *Erwinia amylovora* durch Bestäuberinsekten kommen kann.

Eine **Fruchtausdünnung per Hand** wurde je nach Bedarf in allen DIPS im Apfelanbau durchgeführt. Die Behangsregulierung ist eine der wichtigsten Kulturmaßnahmen zur Produktion qualitativ hochwertiger Früchte und zur Vermeidung der Alternanz (FISCHER, 2002). Da sowohl die chemische als auch die maschinelle (Blüten-) Ausdünnung in der Regel noch nicht zu einem optimalen Fruchtbehang führten, wurden zu kleine, beschädigte und stark beschattete Früchte per Hand entfernt.

Im Alten Land wurde seit Projektbeginn im Jahr 2012 das Verfahren **Grabenmahd als alternative Bekämpfung der Grünen Futterwanze** (*Lygocoris pabulinus*) erfolgreich erprobt und gilt mittlerweile als bewährter Bekämpfungsansatz zur Verringerung von Wanzenschäden durch die genannte Art in Apfelanlagen. Es wird inzwischen auch im OVR-Pflanzenschutzfax empfohlen (LINDSTAEDT & WICHURA, 2017). Zur Vorbeugung von Wanzenschäden durch die Grüne Futterwanze wurde die Begleitvegetation an einem Graben zum Zeitpunkt des Schlupfes der Sommergeneration gemäht. Das Entfernen der Wirtspflanzen führte zu einer geringeren Populationsgröße der Grünen Futterwanze sowie einer Reduzierung des Fruchtbefalls im Folgejahr. Häufig konnte eine Insektizidmaßnahme eingespart werden - gleichzeitig musste jedoch die gesamte krautige Vegetation, ein Lebensraum für viele Organismen, zerstört werden. Der Einsatz des Schlegelmulchers an der Grabenböschung setzte ein entsprechendes Anbaugerät und eine breite Fahrgasse voraus. Die Praktikabilität dieser Maßnahme wurde sehr gut bewertet (Note 8). Die Art ist als schädigend im Wesentlichen auf das nördliche Anbaugebiet begrenzt. Die beschriebene Regulierungsmethode ist nicht auf andere Schadwanzenarten im Obstbau übertragbar.

Als weiteres alternatives Verfahren zur Bekämpfung von Wanzen wurde auf einer Teilfläche das im ökologischen Obstbau verwendete Pflanzenschutzmittel **Neem-Azal-T/S** getestet. Innerhalb des

Projektzeitraumes konnte jedoch keine Reduzierung des Wanzenaufkommens auf dieser Fläche nachgewiesen werden.

Im Rahmen eines Demonstrationsversuches in der Projektphase I in Nordbaden wurde die **Hochdruckpunktbehandlung** gegen die Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*) angewendet. Hierbei wurde mit einer Pflanzenschutzspritze mit angebauter Hochdruckreinigerlanze Wasser mit hohem Druck auf die Blutlauskolonien gespritzt. Durch die Behandlung wurden die getroffenen Blutlauskolonien vollständig vernichtet. Jedoch blieben in Ritzen und unzugänglichen Ecken Kolonien übrig, die nicht erfasst werden konnten und sich rasch wieder vermehrten. Für die Praxis lohnte sich das Verfahren nur in wenigen Fällen z. B. bei einzelnen Blutlausnestern im Bestand und wenn kein Insektizid zur Verfügung stand. Der Energieaufwand und die Personalkosten waren sehr hoch, da eine Person fuhr und zwei zusätzliche Arbeitskräfte spritzten. Aus den genannten Gründen wurde dieses Verfahren als wenig praktikabel, wenig effektiv (Note 4) und nicht effizient (Note 2) bewertet und wurde nicht fortgeführt.

Die **Pheromonverwirrung** als biotechnisches Verfahren zur Störung bzw. Unterbrechung der Partnerfindung wurde als Alternative zur chemischen Bekämpfung des Apfelwicklers angewandt (*Cydia pomonella*). In Projektphase I führten alle vier teilnehmenden Obstbaubetriebe aus Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz die Pheromonverwirrung durch, größtenteils auf der gesamten Anbaufläche der Betriebe. Im Alten Land war sie aufgrund der vorherrschenden Flächenstruktur nicht sinnvoll, denn das Verfahren setzt eine einheitliche Topografie voraus und ist gut geeignet in Regionen, wo größere, geschlossene Anlagen zur Verfügung stehen. In der Nähe von Streuobstwiesen ist sie nicht effektiv. Die Wirksamkeit ist umso höher, je größer die zu verwirrende Fläche und je geringer der Zuflug begatteter Weibchen aus nicht behandelten Nachbaranlagen ist (KÜHNE et al., 2006, KOB, 2020). In Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz wird die Pheromonverwirrung schon langjährig im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen gefördert (DLR, 2020; MLR 2020). In Projektphase II führten zwei nordbadische Betriebe die Pheromonverwirrung mehrjährig durch und vergaben für die Praktikabilität Note 9. In Abhängigkeit von Befallsdruck und Witterung konnten in allen Betrieben gute Erfolge erzielt werden. Als vorteilhaft angesehen wurde, dass zu einem späteren Zeitpunkt im Jahr keine Behandlung mehr erfolgen musste. Notwendig war jedoch die Überwachung des Falterfluges mit Pheromonfallen sowie eine permanente Kontrolle der Eiablage. Bei starkem Zuflug bzw. hohem Schaderregerdruck war die Verwirrung allein nicht ausreichend, so dass zusätzlich Insektizide oder Granuloseviren appliziert wurden. In den nordbadischen Betrieben sowie im Bodenseeraum wird das Verfahren bei geringem Populationsdruck und ausreichender Flächengröße weitergeführt.

Granuloseviren (CpGV) wirken hoch spezifisch gegen die Larven des Apfelwicklers, schonen Nützlinge und haben einen langfristig dezimierenden Effekt auf die Schädlingspopulation. Im integrierten Anbau werden sie aufgrund ihrer Selektivität und guten Kombinierbarkeit mit anderen Maßnahmen bzw. im Rahmen des Resistenzmanagements angewendet (KÜHNE et al., 2006). Von den 13 Demonstrationsbetrieben im Apfelanbau nutzten sieben Betriebe dieses Verfahren, darunter war auch in einem Jahr ein Betrieb aus dem Alten Land. Im Alten Land wurden Granuloseviren üblicherweise (genauso wie Pheromone) nicht angewandt, da die empfohlene Strategie der Beratung hier auf eine einmalige, präzise terminierte Insektizidapplikation gegen Fruchtschalen- und Apfelwickler abzielte, mit der beide Schaderreger effektiv erfasst werden sollten. Die Betriebe in der Region Südwest wandten die Granuloseviruspräparate meist mehrmals pro Saison im Splitting sowie in Kombination mit der Pheromonverwirrung an, mit dem Ziel die Anwendung und/oder die Rückstände von Insektiziden zu reduzieren. Die Praktikabilität der Maßnahme wurde als gering eingestuft (Note 3-4), die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bewerteten vor allem die geringe Witterungsbeständigkeit und den unsicheren Behandlungserfolg kritisch.

Die **Wühlmausbekämpfung mit Schlagfallen** wurde von den Demonstrationsbetrieben im Alten Land erprobt. Die Maßnahme erforderte viel Zeit und Erfahrung, um die Wühlmausgänge ausfindig zu machen, Löcher in den Gängen auszuschneiden und die Fallen auszubringen. Eine zufriedenstellende Regulierung des Wühlmausbefalls ließ sich erst nach einigen Jahren und unter Hinzuziehung eines externen Experten in Dienstleistung realisieren, so dass die Anwendung von Rodentiziden in einem Betrieb zunächst reduziert und in den Folgejahren sogar komplett eingestellt werden konnte. Beifänge von Nichtzielorganismen wie Mauswiesel

und Maulwürfe ließen sich jedoch kaum vermeiden. Die Praktikabilität der Maßnahme wurde in dem Fall jedoch hoch bewertet (Note 7), genauso wie die Effektivität bzw. Effizienz jeweils mit Note 8.

Nützlingsfördernde Maßnahmen

Zur Förderung der natürlichen Gegenspieler von Schadinsekten sowie zur Förderung der Biodiversität in und um die Apfelanlagen wurden in den Demonstrationsbetrieben viele Maßnahmen umgesetzt (Abb. 45). In mehreren Anlagen wurden ein- oder mehrjährige **Blühstreifen** angelegt. Obgleich die nützlingsfördernde Wirkung im Rahmen dieses Projektes nicht quantifizierbar war, wurde diese schon mehrfach in der Literatur belegt (BENZ et al., 2015; MATRAY & HERZ, 2018) und es konnte beobachtet werden, wie z. B. Blattlausantagonisten, Hummeln und andere (Wild-)Bienen die Blühflächen als Habitat bzw. Nahrungsquelle nutzten. Gute Erfahrungen wurden beispielsweise am Bodensee mit der Blühmischung „Apis vitalis“ gemacht, welche von blütenbesuchenden Insekten gut angenommen wurde. Darüber hinaus trugen die Blühstreifen zu einer positiven Außenwirkung der Betriebe bei. Die Maßnahme wurde von den Betrieben als sehr gut umsetzbar bewertet, auch wenn sich diese in Abhängigkeit der Witterung nicht in jedem Jahr gut entwickeln konnten. Als problematisch kann sich bei mehrjährigen Blühstreifen der Anstieg von Feld- bzw. Wühlmauspopulationen in den Blühstreifen bzw. in deren Nähe erweisen.

Die Maßnahme **Heckenpflanzung und -pflege** wurde von zwei Demonstrationsbetrieben umgesetzt und mit hoher Praktikabilität bewertet. Die auf einem Betrieb im Alten Land im Jahr 2014 gepflanzten Gehölze konnten sich gut etablieren. In den ersten Jahren war dies jedoch mit einem gewissen Pflegeaufwand zur Bewässerung und Entfernung des Unterbewuchses verbunden. Ein geringer Teil der Pflanzen ist aufgrund von Wildverbiss abgestorben. Ein Betrieb am Bodensee war bereits mit langjährig etablierten Hecken am Rand seiner Anlagen ausgestattet. Regelmäßige Kontrollen des Nützlingsbesatzes zeigten deutlich, wie gut diese von Nützlingen angenommen wurden. Eine Vielzahl von Früchten, Nüssen und Samen boten diesen eine gute Nahrungsquelle.

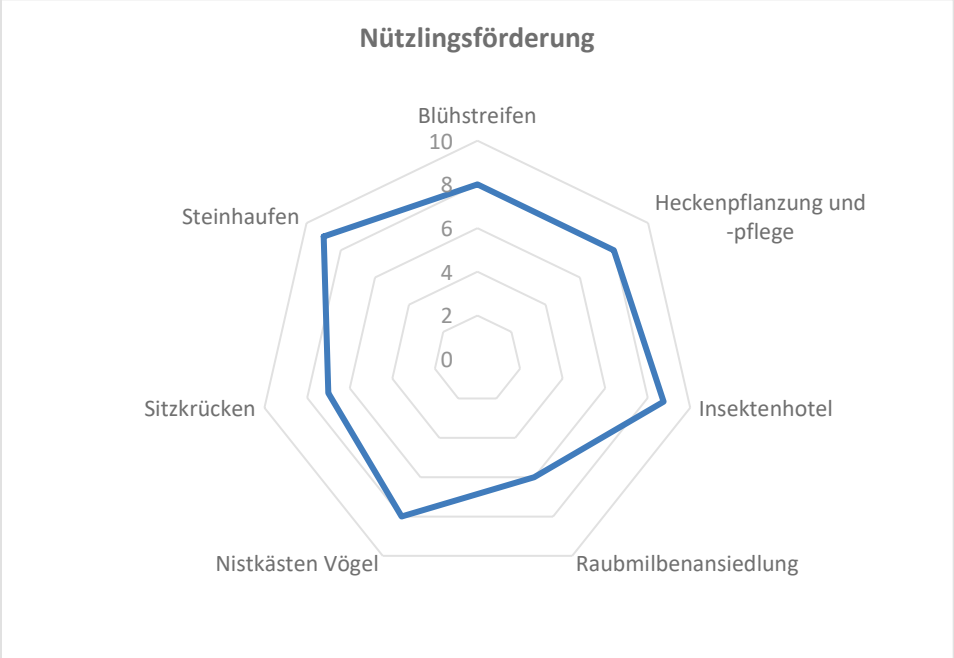


Abb. 45. Bewertung der Praktikabilität von nützlingsfördernden Maßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2011-2018).
subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend).

Auch Wildbienennisthilfen bzw. **Insektenhotels** wurden in beiden DIPS-Regionen in den Demonstrationsanlagen installiert. In den Pappröhrchen und Holz-/Nutbrettchen war größtenteils eine gute Besiedlung zu verzeichnen. Erfreulich war im Alten Land nicht nur die gute Belegung, sondern auch die Artenvielfalt der Wildbienen: Rote Mauerbienen, Gehörnte Mauerbienen und Blattschneiderbienen konnten sicher identifiziert werden. Während die Pappröhrchen nach ein bis zwei Jahren ausgetauscht wurden, mussten die Nutbrettchen in jedem Winter auseinandergebaut und aufwendig gereinigt werden. Der Zeitaufwand war

somit sehr groß. Da die Pappröhrchen jedoch nicht gereinigt wurden, fanden sich in diesem System mehr Milben und andere Parasiten ein. Die Praktikabilität der Insektenhotels wurde insgesamt sehr hoch eingestuft.

Die **Umsiedlung von Ohrwürmern** mithilfe von Schlauch-Stroh-Behausungen von Streuobstbäumen in die Apfelanlagen war in einem Demonstrationsbetrieb in der Region Südwest erfolgreich. Der Gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia*) ist als Räuber von Blattläusen, Schildläusen und Schmetterlingsraupen ein bedeutender Nützling in der Obstkultur. Es konnten sehr gute Erfahrungen mit dieser Maßnahme gesammelt werden und die Praktikabilität wurde sehr hoch bewertet. Auch die **Förderung von Florfliegen** (*Chrysopidae*) als Blattlausgegenspieler durch Bereitstellung von Überwinterungsquartieren wurde in beiden DIPS-Regionen umgesetzt. An Standorten mit wenigen Versteckmöglichkeiten wurden die Quartiere gut angenommen.

In mehreren Apfelanlagen der DIPS-Region Südwest sollte der Raubmilbenbesatz durch eine **Raubmilbenansiedlung** mit Rebschnittholz erhöht werden. Raubmilben (insbesondere *Typhlodromus pyri*) gelten als sogenannte „Schutzräuber". Sind 30 - 50 % der Blätter mit Raubmilben besetzt, kann das Spinnmilbenaufkommen bzw. ein sprunghafter Anstieg der Spinnmilbenpopulationen ausreichend reguliert werden (LTZ, 2019). Die Erfahrungen zeigten, dass diese Methode vor allem in Junganlagen sinnvoll war, um bereits ab dem ersten Standjahr schnell hohe Raubmilbenpopulationen zu etablieren. Die Praktikabilität wurde mit Note 6 bewertet. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme hing u. a. von der Verfügbarkeit von konventionellem Rebholz ab. An älteren Bäumen mit genügend Versteckmöglichkeiten und bei schonender Spritzfolge waren Raubmilben immer in den Anlagen präsent, weshalb die Raubmilbenansiedlung nicht in allen Demonstrationsbetrieben erforderlich war.

Nistkästen wurden in den Demonstrationsbetrieben in großer Zahl angebracht und von insektenvertilgenden Vogelarten bewohnt. Die brütenden Vogelarten konnten von dem teilweise sehr hohen Frostspannerbesatz in den Apfelanlagen und dem damit reichlichen Nahrungsangebot profitieren. Die Vogelnistkästen für Höhlenbrüter wurden von Meisen bebrütet, die Halbhöhlen wurden teilweise nicht angenommen. Die Nistkästen werden auch nach Projektende weiterhin kontrolliert und sauber gehalten.

Greifvögel gehören zu den wichtigsten natürlichen Feinden von Mäusen. In mehreren Betrieben wurden **Sitzkrücken** für Greifvögel aufgestellt und somit optimale Ausgangspunkte für die Mäusejagd geschaffen. Einige Betriebe konnten diese Maßnahme aufgrund des Vorhandenseins von Hagelnetzen in der Anlage oder des Einsatzes von Überzeilensprühgeräten nicht durchführen.

Steinhaufen als Mauswieselverstecke wurden sowohl im Alten Land als auch am Bodensee angelegt. Mauswiesel ernähren sich bevorzugt von Nagetieren wie Wühlmäusen. Die locker aufgeschichteten Steine können darüber hinaus Reptilien, Amphibien, Insekten und Spinnen Unterschlupf bieten. Die Maßnahme wurde mit hoher Praktikabilität bewertet, die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter waren sich jedoch unsicher, ob die Steinhaufen tatsächlich von Mauswieseln besiedelt wurden.

Forschungs- und Förderungsbedarf bei nichtchemischen Verfahren

Im Apfelanbau fehlen wirksame nichtchemische Alternativen vor allem im Bereich der Krankheitsbekämpfung. So konnten im Rahmen des Modellvorhabens beispielsweise nur wenige Alternativen zur Anwendung von Fungiziden demonstriert werden (Reihenkehrer, Schnittmaßnahmen). Forschungsbedarf besteht anbaugebietsspezifisch zur Wirksamkeit einzelner nichtchemischer Maßnahmen gegen Ascosporeninfektionen von *V. inaequalis,* wie das Entfernen des Falllaubes oder die Förderung der Falllaubzersetzung, sowie zu den Effekten von kombinierten Maßnahmen.

Im Bereich Alternativen zur Herbizidanwendung konnten mehrere praktikable und wirkungsvolle Verfahren demonstriert werden – jedoch mit den bekannten Einschränkungen hinsichtlich Wirkungssicherheit in Abhängigkeit der Witterung bzw. Befahrbarkeit der Böden und den deutlich höheren Arbeits- und Maschinenkosten im Vergleich zur Applikation von Herbiziden. Forschungsbedarf besteht hier im Hinblick auf die Neu- und Weiterentwicklung von innovativen, wirksamen und ausreichend wirtschaftlichen Systemen für die mechanische Beikrautregulierung.

Die Demonstrationsbetriebe im Apfelanbau testeten und demonstrierten darüber hinaus zahlreiche Verfahren zur Förderung von Nützlingen bzw. der Biodiversität, deren Wirksamkeit sich jedoch meist nicht quantifizieren

ließ. Neben einer konkreten Förderung seitens der Agrarpolitik und einer begleitenden fachkundigen Beratung würden wissenschaftliche Belege der kurz-, mittel- und langfristigen Wirkung die Bereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte zur Umsetzung solcher Maßnahmen weiter erhöhen.

Sortenwahl

Im integrierten Pflanzenschutz kommt dem Anbau resistenter Sorten eine besondere Bedeutung zu, denn er stellt eine Möglichkeit dar, den Befall wichtiger pilzlicher Pathogene zu reduzieren und die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel zu senken. In der *JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau* (FREIER et al., 2014b) wird daher darauf verwiesen, dass „In Befallsgebieten von Schadorganismen keine Sorten und Unterlagen zu verwenden sind, die als anfällig ausgewiesen sind" – jedoch mit der Einschränkung: „sofern vermarktungsfähige, resistente oder weniger anfällige Sorten und Unterlagen zur Verfügung stehen…". Und weiter heißt es: „Nach Möglichkeit sollen Sorten mit Resistenz oder geringer Krankheitsanfälligkeit gewählt werden [...]. Die Sortenauswahl muss gute Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg bei minimalem Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln bieten".

Im Jahr 2017 betrug die Apfelanbaufläche in Deutschland 28.261 ha. Die zehn Apfelsorten mit der zu diesem Zeitpunkt größten Bedeutung bezogen auf die Anbaufläche waren: Elstar (23,7 %), Braeburn (10,0 %), Gala (8,4 %), Jonagold (8,1 %), Jonaprince (7,0 %), Jonagored (6,9 %), Pinova (3,7 %), Boskoop (3,3 %), Topaz (2,9 %) und Kanzi® (2,4 %; DESTATIS, 2017). Dabei handelt es sich überwiegend um Sorten mit einer mittleren (BSA-Note 4-6) bis hohen (BSA-Note 7-9) Anfälligkeit gegenüber Schorf und Echten Mehltau (BUNDESSORTENAMT, 2000). In den Apfelanlagen der DIPS wurden insgesamt 29 verschiedene Sorten angebaut, zum Teil standen bis zu neun verschiedene Sorten in einer Anlage. Das Sortenspektrum umfasste, neben den bereits genannten, folgende Sorten: Delbarestivale, Fiesta, Fuji, Galmac, Golden Delicious, Gravensteiner, Greenstar, Holsteiner Cox, Jonica, Karneval, Majrac, Mutsu, Opal, Piros, Roter Boskoop, Rubens, Rubinette, Rubinstar sowie Wellant.

Züchtungsbedarf

Die Sortenwahl im Apfelanbau war und ist stark abhängig vom Markt, d. h. von den Absatzwegen, der Nachfrage der Großhändler und den Verbraucherpräferenzen. Die Widerstandsfähigkeit der Sorten gegenüber Schaderregern spielt dem gegenüber eine eher untergeordnete Rolle. Hier besteht Forschungsbedarf zur Züchtung marktfähiger robuster Sorten. Darüber hinaus sollten durch neue Vermarktungsstrategien und Verbraucheraufklärung Sorten mit geringer Anfälligkeit stärker am Markt positioniert werden.

6.2. Monitoring im Apfelanbau

In die Auswertung einbezogen wurden die Projektjahre 2012 bis 2018 im Alten Land und die Jahre 2011 bis 2018 in der Region Südwest, jeweils als Mittelwert der Jahre. Auf die Darstellung und Auswertung der Einzeljahre wurde aufgrund von häufigen Wechseln in der Projektbetreuung und somit stark schwankenden Datensätzen zum Monitoring verzichtet.

Aufwendungen zur Schaderregerüberwachung

Im Alten Land wurden pro Anlage und Jahr an durchschnittlich 20 d Monitoringmaßnahmen mit einem Gesamtzeitaufwand von 10 h durchgeführt (Tab. 29). An nahezu allen Boniturterminen wurden Schädlinge bonitiert. Für die Überwachung des Auftretens von Apfel- und Fruchtschalenwicklern, Läusen (u. a. Grüne Apfelblattlaus, Mehlige Apfelblattlaus, Apfelgraslaus, Blutlaus), Apfelblütenstechern, Großen Frostspannern und weiteren Arten wurden von März bis September neben Bonituren auch Klopfproben und Astprobenkontrollen durchgeführt sowie Pheromonfallen ausgewertet. Ein Schwerpunktthema im Alten Land war die Grüne Futterwanze (*Lygocoris pabulinus*), welche im Rahmen des Projektes erstmalig auf Artebene bestimmt werden konnte (LINDSTAEDT et al., 2014) und deren Auftreten von April bis Juni engmaschig überwacht wurde. Der durchschnittliche Zeitaufwand für die Überwachung von Insekten summierte sich auf 9 ½ h je Anlage und Jahr, wobei eine Bonitur etwa eine halbe Stunde Zeit in Anspruch nahm.

Darüber hinaus wurden im März oder April vereinzelt Astprobenkontrollen zur Überwachung der Roten Obstbaumspinnmilbe und anderen Arten durchgeführt, welche mit 0,3 Boniturterminen pro Anlage und Jahr und ca. 7 min Zeitaufwand in die Gesamtberechnung eingingen.

Die Überwachung des Auftretens bzw. die Erfolgskontrolle der Behandlung von Pilzkrankheiten (überwiegend Apfelschorf *V. inaequalis*) erfolgte von Juni bis August an durchschnittlich 1,7 d mit ca. 30 min Gesamtzeitaufwand pro Jahr.

Tab. 29. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2011-2018)
Boniturtermine: durchschnittliche Anzahl Boniturtage gesamt und je Schaderregerkategorie pro Anlage und Jahr.
Boniturzeit: durchschnittliche Boniturzeit gesamt und je Schaderregerkategorie pro Anlage und Jahr in Minuten. A = Milben, F = Krankheiten, H = Unkräuter, I = Insekten, R = Nagetiere, W = Bestandsentwicklung

DIPS-Region	Boniturtermine [Tage]							Boniturzeit [min]							Zeit/ Termin [min/ Tag]
	gesamt	A	F	H	I	R	W	gesamt	A	F	H	I	R	W	
Altes Land	20,4	0,3	1,7	0,0	20,2	0,0	0,0	599	6,7	30,0	0,0	562,7	0,0	0,0	29
Südwest	24,8	5,8	4,6	0,0	23,1	0,0	0,0	873	184,3	119,6	0,0	566,3	0,5	2,6	35

In der DIPS-Region Südwest wurden pro Anlage und Jahr an durchschnittlich 25 d Monitoringmaßnahmen mit einem im Vergleich zum Alten Land höheren Gesamtzeitaufwand von 14 ½ h durchgeführt (Tab. 29). Ursache dafür war insbesondere das stärkere Auftreten von Milbenarten in dieser Region, die hier mit 5,8 Boniturterminen pro Anlage und Jahr und 3 h Zeitaufwand in die Gesamtberechnung eingingen. Überwacht wurde ganzjährig vorwiegend das Auftreten der Roten Obstbaumspinnmilbe (*Panonychus ulmi*), zum Teil auch deren natürliche Gegenspieler die Raubmilben sowie am Bodensee auch die Apfelrostmilbe (*Aculus schlechtendali*). Eine Milbenbonitur bzw. Astprobenkontrolle dauerte ca. 32 min, auffällig war hier jedoch die große Spannweite von 2 bis 510 min.

Das Monitoring von Insekten wurde, vergleichbar zum Alten Land, an 23 Boniturterminen mit einem Gesamtzeitaufwand von 9 ½ h nahezu ganzjährig durchgeführt. Die wichtigsten überwachten Apfelschädlinge waren Apfelblütenstecher, Rotbrauner Apfelfruchtstecher, Apfelsägewespe, Kleiner und Großer Frostspanner, Pfennigminiermotte, Apfel- und Fruchtschalenwickler sowie im Rahmen eines erweiterten Wicklermonitorings weitere Wicklerarten (z. B. Bodenseewickler, Eschenzwieselwickler, Rotbrauner Schalenwickler, Kleiner Fruchtwickler, Heckenwickler) und verschiedene Blattlausarten (z. B. Mehlige Apfelblattlaus, Grüne Apfelblattlaus, Grüne Citrusblattlaus, Kommaschildlaus, Blutlaus, am Bodensee: San-José-Schildlaus). Eine Insektenmonitoringmaßnahme dauerte durchschnittlich 25 min.

Bei den Krankheiten wurden neben dem Apfelschorf vereinzelt auch Echter Mehltau, Frucht- und Lagerfäulen, Feuerbrand und Obstbaumkrebs überwacht. Die Bonituren fanden an durchschnittlich 4,6 Boniturterminen statt und beinhalteten einen Gesamtzeitaufwand von 2 h pro Anlage und Jahr, der damit ebenfalls deutlich über dem Niveau des Alten Landes liegt.

Unkrautbonituren wurden in beiden DIPS-Regionen nicht erfasst, es ist davon auszugehen, dass diese durch die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter selbst im Rahmen von Feldbegehungen oder während der Feldarbeiten durchgeführt wurden. In der Region Südwest wurden vereinzelt Maßnahmen zur Überwachung der Bestandsentwicklung wie auch Wühlmausbonituren dokumentiert. Die letztgenannten traten auch im Alten Land auf, wurden hier jedoch von den Betriebsleitern selbst bzw. von einem externen Mitarbeiter überwacht, so dass die zeitlichen Aufwendungen dafür hier nicht einbezogen werden konnten.

Diskussion Monitoring

Von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern wurde in allen Kulturen eine umfangreiche Schaderreger- bzw. Bestandesüberwachung durchgeführt, die die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter sehr schätzten und in der zeitlichen Dimension nicht hätten eigenständig durchführen können. Auch in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest halfen die Bestandeskontrollen auf den Demonstrationsflächen den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern bei der (ggf. Schwellenwertbasierten) Entscheidung für oder gegen eine Behandlung sowie der Reflexion der eigenen Pflanzenschutzstrategie und unterstützten einen gezielteren Pflanzenschutz im Hinblick auf die Wirkstoffwahl und Terminierung.

Zu beachten ist der enorme Zeitaufwand des Monitorings im Apfelanbau, der in keiner anderen Kultur der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in diesem Umfang dokumentiert wurde. Eine Ursache dafür lag zum einen vermutlich in der großen Schaderregerartenvielfalt im Apfelanbau. Insgesamt wurden ca. 50 verschiedene Organismen überwacht. Zum anderen waren die genutzten Boniturmethoden zum Teil sehr zeitintensiv und zogen unter Umständen noch zusätzliche Auswertungen bzw. Zählungen im Labor nach sich (z. B. Astprobenkontrollen, Spinnmilbenabwaschungen) oder sie mussten in regelmäßigen Abständen wiederholt werden (z. B. Pheromonfallen zur Überwachung von Flughöhepunkten). Die meist noch unerfahrenen Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer mussten sich diese Methoden insbesondere in ihrem ersten Projektjahr aneignen und benötigten dafür mehr Zeit als beispielsweise Beraterinnen und Berater mit langjähriger Berufserfahrung. Weitere Triebkräfte zur Durchführung eines so intensiven Monitorings waren vermutlich auch das auf der einen Seite hohe Schadpotential einzelner Schadorganismen und die auf der anderen Seite begrenzte Verfügbarkeit von wirksamen Pflanzenschutzmitteln in Kombination mit den Einschränkungen des Lebensmitteleinzelhandels bzgl. Rückständen von Pflanzenschutzmitteln (sekundäre Standards).

Die Frage ob bzw. inwiefern das Monitoring in diesem Umfang durch die Betriebe auch nach Projektende selbstständig durchgeführt werden kann, lässt sich nicht pauschal beantworten. Für bestimmte Schadorganismen wird das Monitoring entsprechend des Schadschwellenprinzips und mit Hilfe des Warndienstes weitergeführt. Beispiele dafür sind die Grüne Futterwanze, deren Monitoring bedeutend ist für die Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen, und die Apfel- und Fruchtschalenwickler, bei denen der Vorjahresbefall als Referenzwert im Folgejahr genutzt wird. Einzelne weniger relevante Schaderreger werden in diesem Umfang vermutlich nicht weiter überwacht. Da die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter ständig in den Anlagen arbeiten, sind die Bonituren der Betriebe nach eigener Einschätzung insgesamt zukünftig weniger zeitaufwendig.

Eine wesentliche Unterstützung erfahren die Betriebe auch beim Schaderregermonitoring durch den Warndienst der Offizialberatung, der die Betriebe einer Region rechtzeitig zur Überwachung ihrer eigenen Bestände aufruft und darüber hinaus über veränderte Rahmenbedingungen im Pflanzenschutz wie auch das Vorkommen neuer Schadorganismen informiert. Grundsätzlich wurde angemahnt, dass die vorhandenen Schadschwellen zum Teil überarbeitet und angepasst werden müssen.

6.3. Entscheidungsgrundlagen

Wie in der *JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“* beschrieben (FREIER et al., 2014b), ist die Notwendigkeit einer Abwehr- oder Bekämpfungsmaßnahme anhand von anerkannten Bekämpfungsschwellen und/oder anderen Entscheidungshilfen, die in den IP-Richtlinien und von der regionalen Beratung empfohlen werden, abzuleiten.

Im Apfelanbau wurden auf den Demonstrationsflächen folgende Entscheidungsgrundlagen genutzt: Monitoring Projektbetreuung (dies beinhaltet Astprobenkontrolle, Bonitur, Erfolgskontrolle, Feldbegehung, Klopfprobe, Pheromonfalle, Weißtafel), Monitoring Betrieb, Beratung PSD/Warndienst sowie Erfahrung bzw. Routine einschließlich Vorjahresbefall.

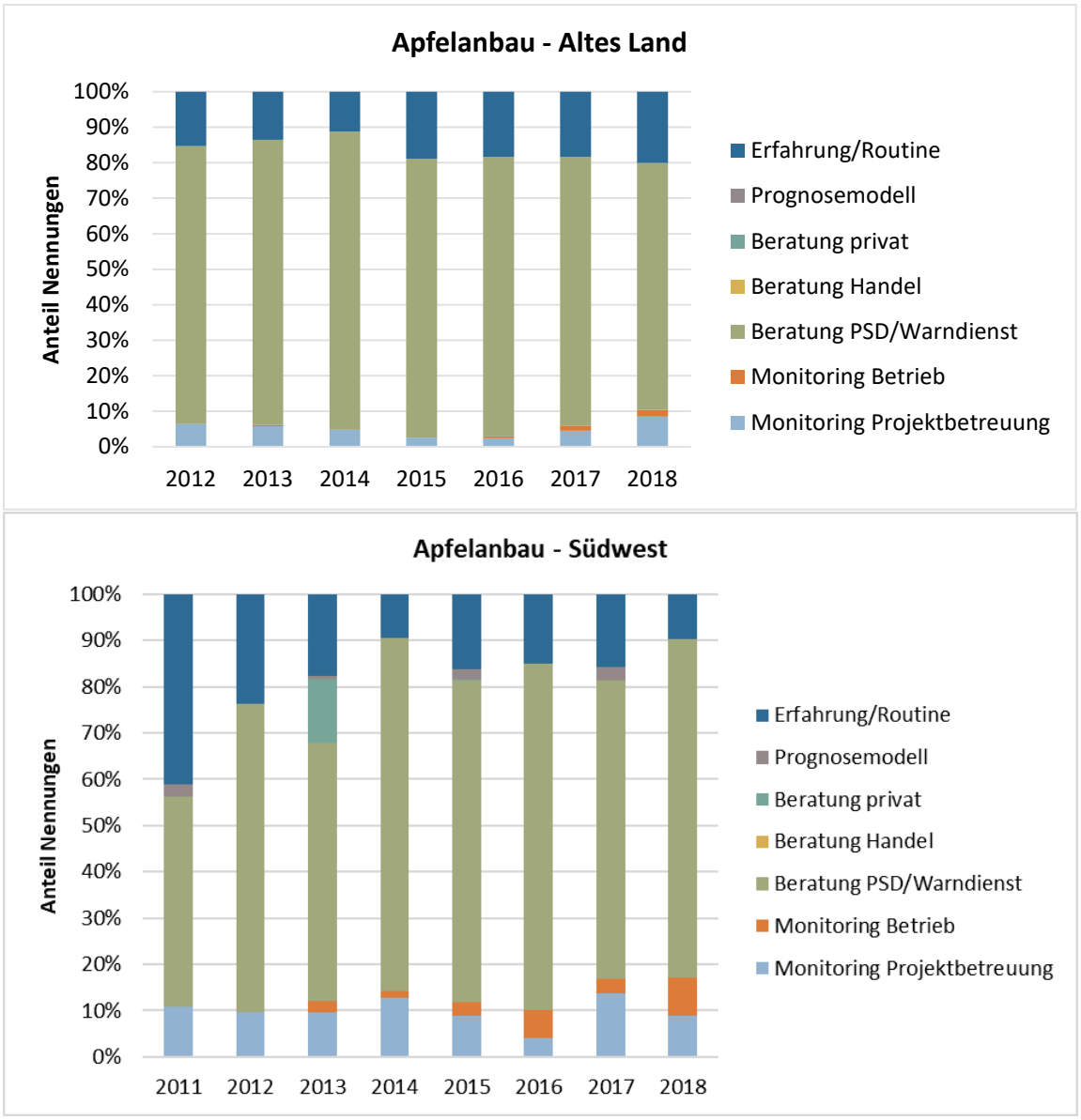


Abb. 46. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Apfelanbau [Anteil Nennungen %] in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2011-2018).

Im Alten Land (Abb. 46 oben) wurde mit leichten Schwankungen im Zeitverlauf die Beratung durch die Offizialberatung einschließlich des daran angeschlossenen Warndienstes mit durchschnittlich knapp 80 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen genannt. Insbesondere für die meist bei Befallsgefahr durchgeführten Fungizidanwendungen sind die Warndienstmeldungen unerlässlich. Denn diese beinhalten die Empfehlungen der Beratung, basierend auf Wetterdaten des örtlichen Wetterstationsnetzes und Prognosemodellen. Darüber hinaus informiert der Warndienst die Anwender über aktuelle Änderungen in der Pflanzenschutzgesetzgebung/Zulassung und zu Pflanzenschutzstrategien, welche an die Anforderungen des Lebensmitteleinzelhandels bezüglich von Wirkstoffnachweisen angepasst sind.

Neben diesen beruhten die Entscheidungen auf Erfahrungswerten (16 %), wie z. B. standortspezifischen Kenntnissen zum Unkrautbesatz oder dem Vorjahresbefall, sowie in geringem Maße, vor allem bei Insektizidanwendungen, dem Monitoring durch die Projektbetreuung oder die Betriebsleitung selbst (durchschnittlich 5 bzw. 1 %). Handelsberatung oder Privatberatung hatten keinen Einfluss auf die Pflanzenschutzentscheidungen in den Demonstrationsanlagen des Alten Landes.

Ein vergleichbares Bild zeigt sich in der DIPS-Region Südwest (Abb. 46 unten): auch hier hatten die Beratung durch Pflanzenschutzdienst und Warndienst mit im Zeitverlauf zunehmender Tendenz und durchschnittlich knapp 70 % den größten Anteil an den genannten Entscheidungsgrundlagen.

Der Anteil an Entscheidungen, die auf Erfahrungswissen und Routine basierten, fiel von 41 % im Jahr 2011 auf 10 % im Jahr 2018 deutlich ab. Wohingegen das eigene Monitoring der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter zum Projektende hin an Bedeutung gewann. Das Monitoring der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer hatte mit durchschnittlich 10 % einen stärkeren Einfluss auf die Entscheidungen der Betriebsleitung als im Alten Land. Auffällig war der hohe Anteil der Privatberatung im Jahr 2013 mit knapp 14 %, welcher auf einen Betrieb zurückzuführen war. Aufgrund des hohen Schorfdruckes nutzte der Betriebsleiter in diesem Jahr neben dem Warndienst auch einen privaten Berater, um die Behandlungen möglichst gut an die Witterung anpassen zu können. Die Beratung durch den Handel wurde auch in der Region Südwest nicht als Entscheidungsgrundlage bei Pflanzenschutzbehandlungen genutzt.

Zu beachten ist, dass bei dieser Auswertung nur Entscheidungsgrundlagen, die zu einer Behandlung führten bzw. diese beeinflussten, erfasst wurden. Entscheidungsgrundlagen, die dazu geführt haben, dass auf eine Behandlung verzichtet werden konnte, beispielsweise Schädlingsbonituren, fanden keine Berücksichtigung.

6.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen

Die folgende Auswertung zum Behandlungsindex umfasst die beiden Jahre vor Projektbeginn (je nach Betrieb 2009/10, 2010/11 oder 2012/13) sowie die Projektjahre bis einschließlich 2018. Die Ergebnisse beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die Daten der Demonstrationsflächen. Ebenfalls ausgewertet wurden die Daten der entsprechenden Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in den DIPS-Regionen Südwest und Altes Land. Auf die Auswertung der Restbetriebsflächen musste im Apfelanbau leider verzichtet werden, da hier kein vollständiger Datensatz vorlag.

6.4.1. DIPS-Region Altes Land

Die **Gesamt-Behandlungsintensitäten** der drei Demonstrationsbetriebe im Alten Land zeigten witterungs- und befallsbedingte Schwankungen zwischen den Jahren sowie deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben. Der durchschnittliche Gesamt-Behandlungsindex lag im Vergleich der Projektjahre zwischen min. 31,4 im Jahr 2012 und max. 37,2 im Jahr 2017 (Abb. 47). Die Gesamt-BI der Vergleichsbetriebe lagen zwischen min. 27,1 im Jahr 2018 und max. 37,6 im Jahr 2012. Signifikante Unterschiede zwischen den Gesamt-BI der beiden Betriebsnetze traten nur im Jahr 2018 auf (s. u.). Eine Tendenz zu ansteigenden oder sinkenden Behandlungsintensitäten im Apfelanbau war nicht zu verzeichnen.

Die Behandlungsintensitäten der einzelnen Betriebe unterschieden sich teilweise deutlich, was auch an der großen Streuung der Box Plots in Abb. 47 zu erkennen ist. Die Differenz zwischen dem niedrigsten und höchsten Betriebs-BI lag in den Jahren 2012 und 2015 bei etwa Δ_{BI} 16, in den anderen Jahren zwischen Δ_{BI} 5 und Δ_{BI} 13. Diese große Spannweite ließ sich neben den Jahreseffekten insbesondere durch einzelbetriebliche Besonderheiten erklären. So war ein Betrieb, der in einer Region der Niederelbe mit tendenziell schwächerem Schaderregerdruck wirtschaftete, Direktvermarkter und konnte so auch Früchte, die bis zu einem gewissen Grad Befallssymptome aufwiesen, noch verkaufen. Dies spiegelte sich in der Pflanzenschutzstrategie und einer insgesamt niedrigeren Behandlungsintensität wider. Demgegenüber belieferte ein anderer Demonstrationsbetrieb den Großhandel/LEH mit seinen strengen Vorgaben bezüglich der Produktqualität, welche vermutlich eine Ursache für die deutlich höheren BI dieses Betriebes waren. Der dritte Betrieb verfügte über ein Recyclinggerät, mit dem bei Pflanzenschutzanwendungen vor der Blüte ca. 30 % und nach der Blüte ca. 15 % an Pflanzenschutzmitteln eingespart werden konnten. Diese Einsparungen fanden sich auch im BI wieder.

Grundsätzlich war die Behandlungsintensität im Apfelanbau dominiert von den meist präventiv und nach Warndienstaufruf erfolgten **Fungizidapplikationen**, die etwa 84 % Anteil am Gesamt-BI hatten. Jährlich wurden von den Betrieben etwa 25 Behandlungen je Anlage durchgeführt (min. 14, max. 31). Die Fungizide wurden überwiegend ganzflächig in Tankmischungen ausgebracht. Die Applikationen richteten sich vorrangig gegen

Apfelschorf sowie den Befall durch Echten Mehltau und wurden im Zeitraum von März bis Juli/August in regelmäßigen Abständen in Abhängigkeit von der Witterung und den Empfehlungen des Warndienstes wiederholt. Da zur Schorfregulierung aufgrund von Resistenzentwicklungen überwiegend nur noch vorbeugend wirksame Fungizide zur Verfügung stehen, werden diese vor prognostizierten Niederschlägen ausgebracht. Ab August wurden darüber hinaus Teilflächenbehandlungen in ausgewählten Sorten gegen Frucht- und Lagerfäulen sowie im Herbst/Winter Behandlungen gegen Obstbaumkrebs in anfälligen Sorten und vor erwarteten Infektionsbedingungen durchgeführt.

Der durchschnittliche Fungizid-BI in den Demonstrationsanlagen lag bei 29,0. Im ersten Projektjahr 2012 mit durchschnittlicher norddeutscher Witterung lag der Fungizid-BI bei 26,4. Demgegenüber waren die Jahre von 2013 bis 2017 charakterisiert durch Nässephasen mit mehreren schweren Schorfinfektionen, welche ihren Höhepunkt im Jahr 2017 mit einem extrem nassen Sommerhalbjahr und einer deutlich erhöhten Anzahl an Überfahrten fanden. Die Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe in den Jahren von 2013 bis 2017 lagen zwischen 28,0 und 31,2. Die Saison 2018 fiel durch ein extrem heißes und trockenes Sommerhalbjahr und einen reduzierten Pflanzenschutzaufwand auf, der sich in einem Fungizid-BI von 25,4 niederschlug. Die Behandlungsintensitäten der zwei bzw. drei Vergleichsbetriebe im Alten Land lagen auf einem ähnlichen Niveau wie die der Demonstrationsbetriebe, signifikante Unterschiede im Fungizid-BI zeigten sich nicht (Abb. 47).

Herbizide hatten mit ca. 3 % einen nur geringen Anteil am Gesamt-BI. Sie wurden in allen Anlagen als Teilflächenbehandlungen der Baumreihen auf ca. 1/3 der Fläche appliziert, pro Saison wurden die Anlagen im Zeitraum von April bis August ein- bis dreimal behandelt. Dabei wurden oft Tankmischungen mit angepasster Aufwandmenge eines Totalherbizids mit dem Wirkstoff Glyphosat (bis 2014 z. T. auch Glufosinat) sowie eines Spezialherbizids gegen schwer bekämpfbare Unkräuter/-gräser wie die Ackerkratzdistel oder Hirsearten ausgebracht. Der Herbizid-BI betrug im Mittel der Jahre und Anlagen rund 1,0, in den Vergleichsbetrieben Pflanzenschutz 0,9. Durch mechanische Unkrautbekämpfung mit dem Anhäufelpflug konnte ein Betrieb Herbizidmaßnahmen einsparen.

Wachstumsregler wurden von allen drei Betrieben situationsspezifisch und meist in reduzierter Aufwandmenge zur Förderung der Blütenbildung, Ausdünnung oder Hemmung des Triebwachstums eingesetzt. Die Anwendung von Wachstumsreglern erfolgte betriebsspezifisch. Der Einsatz war stark abhängig von der Sorte, der Intensität der Schnittmaßnahmen sowie den Erfahrungen der Betriebsleiter und deren Anbaustrategien je Anlage. Im Mittel hatten Wachstumsregler einen Anteil von 4 % am Gesamt-BI. Der BI lag in den Vorherjahren bei ca. 0,5 und stieg an auf bis zu 2,5 im Jahr 2016. Insbesondere die Jahre ab 2014 erforderten nach starker Blüte eine intensivere chemische Ausdünnung oder mehr Behandlungen zur Beruhigung des Triebwachstums (pers. Mitteilung R. Weber). Durch die Zulassung von neuen Pflanzenschutzmitteln hatten die Betriebe im Projektverlauf mehr/bessere Möglichkeiten zur Fruchtausdünnung, diese Tatsache kann ebenfalls zu dem tendenziellen Ansteigen des Wachstumsregler-BI beigetragen haben.

Insektizide wurden in jedem Jahr und in jeder Anlage mindestens einmal und bis zu siebenmal in voller Aufwandmenge appliziert. Der Insektizid-BI betrug im Mittel der Projektjahre 3,3 und ging mit einem Anteil von knapp 10 % in den Gesamt-BI ein. Befallsdruck und Behandlungsintensität schwankten zwischen den Jahren, zeigten aber auch deutliche Unterschiede zwischen den drei Demonstrationsbetrieben. Ein Betrieb war aufgrund seiner Lage in der Nähe einer Brennerei einem höheren Schaderregerdruck ausgesetzt und zeigte in allen Jahren eine höhere Behandlungsintensität. Demgegenüber arbeitete ein Betrieb aus arbeitswirtschaftlichen Gründen (Priorisierung anderer Kulturen) weniger intensiv. Die Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz im Alten Land zeigten ebenfalls deutliche Streuungen und Schwankungen zwischen den Jahren. Der Insektizid-BI war in einzelnen Jahren signifikant niedriger als in den Demonstrationsbetrieben.

Die Behandlungen richteten sich vorwiegend gegen Blatt- und Blutläuse, die Grüne Futterwanze sowie Apfel- und Fruchtschalenwickler. Blattläuse wie die Grüne Apfelblattlaus (*Aphis pomi*) und die Mehlige Apfelblattlaus (*Dysaphis plantaginea*) sowie, unter Nutzung der Nebenwirkung einiger Pflanzenschutzmittel, die Blutlaus

Eriosoma lanigerum wurden ab 2014 in allen Demonstrationsanlagen der drei Betriebe behandelt. Der Behandlungszeitraum erstreckte sich von BBCH 55 (Grüne Knospen) bis 76 (Mitte der Fruchtentwicklung). Insbesondere die Nachblütebehandlungen wurden von den Obstbäuerinnen und Obstbauern nur ungern ausgebracht, da diese zu nachweisbaren Wirkstoffrückständen im Erntegut führen. Im Laufe des Modellvorhabens konnten verschiedene Behandlungsstrategien erprobt werden, um zum einen natürliche Gegenspieler der Schädlinge zu schonen (z. B. die Blutlauszehrwespe *Aphelinus mali*) und zum anderen rückstandsrelevante Nachblütebehandlungen zu vermeiden. Diese Strategien führten mitunter zu erhöhten Behandlungsintensitäten im Vergleich zu beispielweise weniger nützlingsschonenden Spritzfolgen. Die Grüne Futterwanze (*Lygocoris pabulinus*) trat in zwei Betrieben auf und wurde situationsspezifisch bekämpft. Mit Hilfe der nichtchemischen Maßnahme Grabenmahd konnte ein Betrieb Behandlungen einsparen – dies allerdings zu dem Preis der massiven (Zer-) Störung dieses Lebensraumes vieler Tier- und Pflanzenarten.

Abb. 47. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in der DIPS-Region Altes Land.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2010/11 und 2012/13, Demonstrationsflächen 2012-2018 und 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Im Alten Land ist die Schaderregerüberwachung und Beratung darauf ausgerichtet, den Befall mit Apfel- und Fruchtschalenwicklern mit nur einer präzise terminierten Behandlung mit Coragen (Wirkstoff: Chlorantraniliprole) effektiv zu erfassen (aus diesem Grund und weil die Flächen oft zu klein sind, wird an der Niederelbe die Pheromonverwirrung gegen den Apfelwickler nicht durchgeführt). Diese Strategie konnte auch von den Demonstrationsbetrieben bis einschließlich 2017 erfolgreich umgesetzt werden und die Wickler

wurden in fast allen Anlagen mit maximal einer Behandlung bekämpft (in den Jahren 2012 bzw. 2013 war in jeweils einer Anlage eine zweimalige Behandlung notwendig). Das Jahr 2018 erforderte demgegenüber in einigen Anlagen weitere Behandlungen gegen die 2. Generation der Fruchtschalenwickler im August/September, welche mit biologischen Fraßinsektiziden auf Basis von *Bacillus thuringiensis* durchgeführt wurden, um Rückstände zu vermeiden. Darüber hinaus wurden im Jahr 2016 Granuloseviren gegen den Apfelwickler auf zwei Flächen versuchsweise appliziert. Granuloseviruspräparate wurden ansonsten aufgrund der o. g. Bekämpfungsstrategie an der Niederelbe weder in den Demonstrations- noch in den Vergleichsbetrieben verwendet.

Die in einigen Jahren höheren Insektzid-BI der Demonstrationsbetriebe sind auf das Monitoring des Projektbetreuers zurückzuführen. Gerade im Jahr 2018, wo der Schlupf der Wanzen sehr verzettelt war, wurden durch das intensive Monitoring gezielte (Teilflächen-) Behandlungen ermöglicht, die auf den Vergleichsbetrieben so nicht durchgeführt werden konnten. Ebenfalls 2018 bestand erhöhter Behandlungsbedarf in einer Anlage wegen Spätbefall mit Fruchtschalenwicklern.

Die regelmäßigen und umfangreichen Monitoringmaßnahmen in den Apfelanlagen bestätigten darüber hinaus das Auftreten vieler weiterer potentieller Schädlinge. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass der Befall mit Grasläusen, Ahornschmierläusen, Schildläusen, Frostspannern, Eulenraupen, Apfelsägewespen und Apfelblütenstechern in den Demonstrationsanlagen im Alten Land keine Gefahr darstellte und gezielte Bekämpfungsmaßnahmen gegen diese Schaderreger nicht notwendig waren.

Gleiches galt auch für die Obstbaumspinnmilbe (*P. ulmi*), die im Projektzeitraum gelegentlich in den Anlagen auftrat, deren Befall jedoch immer unter der Bekämpfungsschwelle blieb. **Akarizide** wurden in den Demonstrationsanlagen dementsprechend nicht appliziert. Nur in den Vorherjahren 2010 und 2011 wurden sie in jeweils einer Anlage auf einer Teilfläche ausgebracht. Bei Fungizidapplikationen von v. a. schwefelhaltigen Präparaten wurde jedoch häufig die Zusatzwirkung gegen die Apfelrostmilbe (*A. schlechtendali*) genutzt. In den Vergleichsbetrieben wurden bis auf 2017 in jedem Jahr Akarizide ausgebracht, der durchschnittliche Behandlungsindex lag bei 0,6.

6.4.2. DIPS-Region Südwest

Die **Gesamt-Behandlungsintensitäten** der zehn Demonstrationsbetriebe in der DIPS-Region Südwest lagen zwischen 24,9 im Jahr 2011 und 35,6 im Jahr 2014. Die Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz der Region zeigten dieselben witterungs- und befallsbedingten Schwankungen zwischen den Jahren und lagen im Gesamt-BI tendenziell leicht über denen der Demonstrationsbetriebe, signifikante Unterschiede zwischen den beiden Betriebsnetzen traten nur im Jahr 2011 auf (Abb. 48).

Auch in dieser Region war, wie im Alten Land, keine Tendenz zu steigenden oder sinkenden Behandlungsintensitäten im Apfelanbau zu verzeichnen. Auffällig war jedoch die ebenfalls große Streuung der BI-Werte, das heißt zwischen den Einzelbetriebs-BI innerhalb eines Jahres bestanden mitunter große Unterschiede, im Maximum lag dieser bei Δ_{BI} 18 im Jahr 2017, im Minimum bei Δ_{BI} 7 im Jahr 2018. Erklärbar ist dies zum einen durch regionale Unterschiede (die Regionen Bodensee und Nordbaden unterscheiden sich sehr hinsichtlich der Behandlungsintensität gegen Schorf) und zum anderen durch bestehende kleinklimatische Unterschiede innerhalb eines Anbaugebietes, welche sich auf die Populationsdynamik einzelner Schaderreger auswirken. Zudem sind Sortenunterschiede ursächlich für das Auftreten bestimmter Schaderreger. Die Sorte Braeburn weist eher einen Befall mit Spinnmilben auf als z. B. die Sorte Gala (pers. Mitteilung C. Scheer). Auch die Vermarktungsstrategie und persönliche Einstellung bzw. Bereitschaft der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter ein wirtschaftliches Risiko einzugehen haben einen Einfluss auf die betriebsindividuelle Behandlungsintensität.

Mit einem Anteil von ca. 74 % am Gesamt-BI war die Pflanzenschutzintensität in der DIPS-Region Südwest ebenfalls dominiert von **Fungizidapplikationen** zur Bekämpfung von insbesondere Schorf und Mehltau, wie auch in begrenztem Umfang Frucht- und Lagerfäulen und Obstbaumkrebs. Bei den Betrieben in Baden-Württemberg musste darüber hinaus in den Jahren von 2011 bis 2014 das Feuerbrand verursachende Bakterium *E. amylovora* bekämpft werden. Mit Hilfe des LTZ-Feuerbrandmodells wurde das Infektionsrisiko

berechnet und nach Warndienstaufruf im Blühzeitraum behandelt. Der **Fungizid-BI** lag im Mittel der Jahre bei 22,0 (min. 17,1 im Jahr 2011, max. 26,0 im Jahr 2014). Bei durchschnittlich 17 Überfahrten pro Saison (min. 7, max. 28) wurden die Fungizide meist ganzflächig in Tankmischungen ausgebracht. Die maximal zugelassenen Aufwandmengen je ha wurden teilweise bewusst nicht voll ausgeschöpft, was aus Sicht des Resistenzmanagements kritisch zu sehen ist, jedoch als praxisüblich beschrieben wurde. Die einzelbetrieblichen Werte des Fungizid-BI eines Jahres differierten teilweise so stark, dass der niedrigste Fungizid-BI nur 50 % des höchsten ausmachte. Auch innerhalb eines Anbaugebietes unterschieden sich die Einzelbetriebs-BI um einen Wert von bis zu Δ_{BI} 10. Neben den oben beschriebenen Gründen kann dies auch mit der Sortenwahl zusammenhängen, denn einzelne Sorten wie Jonagold, Gala oder Elstar sind stärker anfällig für Apfelschorf. Andere Sorten wie Braeburn und Fuji hingegen können mit einem geringeren Fungizideinsatz ausreichend vor Schorf geschützt werden. Auch das Alter, der Erntezeitpunkt der Sorten, die Wüchsigkeit sowie die Lage innerhalb des Betriebes beeinflussen die Notwendigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und können zu unterschiedlichen Anwendungshäufigkeiten zwischen den Betrieben innerhalb einer Region führen. Jüngere Anlagen trocknen besser ab, weswegen hier zusätzliche Applikationen in besonders kritischen Phasen der Schorfsaison ausbleiben können.

Die Fungizid-Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz der Region waren im Vergleich der Jahre nahezu identisch, signifikante Unterschiede zwischen den Betriebsnetzen traten nicht auf.

Herbizide wurden ein- bis fünfmal pro Saison auf 1/4 bis 1/3 der Fläche zur Regulierung der allgemeinen Verunkrautung, zum indirekten Schutz vor Mäusen (Verlust der Deckung), zur Minderung der Wasser- und Nährstoffkonkurrenz sowie zur gezielten Bekämpfung von Hirse, Disteln, Kreuzkraut oder Löwenzahn in den Baumreihen appliziert. Der Herbizid-BI lag bei durchschnittlich 1,8 (min. 1,1 im Jahr 2015, max. 2,6 im Jahr 2011) und hatte ca. 6 % Anteil am Gesamt-BI. Ein Betrieb fiel durch besonders niedrige BI auf und konnte durch mechanische Unkrautbekämpfung mit einer Fadenmaschine vor allem in trockenen Jahren Herbizide einsparen. Eine vollkommen herbizidfreie Bewirtschaftung war jedoch nur in einem Jahr in einer Anlage möglich. Die Herbizid-BI der Vergleichsbetriebe waren meist höher als die der Demonstrationsbetriebe und lagen bei durchschnittlich 2,2.

Wachstumsregler wurden jahres-, situations- und betriebsspezifisch in meist reduzierter Aufwandmenge appliziert. Viele Betriebe konnten in vielen Jahren und Anlagen, zwei Betriebe konnten komplett auf die Anwendung von Wachstumsregulatoren verzichteten. Der durchschnittliche BI lag in den Demonstrationsbetrieben im Projektzeitraum bei 0,4 und war in den Vergleichsbetrieben mit durchschnittlich 0,8 doppelt so hoch. Ursache dafür kann neben der betriebsspezifischen Herangehensweise auch die im Modellvorhaben realisierte Optimierung und Ausdehnung der Schnittmaßnahmen in den Apfelanlagen gewesen sein.

Insektizide wurden, mit Ausnahme einer Anlage im Jahr 2012, in jedem Jahr und auf jeder Fläche durchschnittlich viermal appliziert (min. 0, max. 11). Der **Insektizid-BI** lag im Mittel der Projektjahre bei 3,9 (min. 3,4 im Jahr 2011, max. 5,0 im Jahr 2014) und hatte etwa 13 % Anteil am Gesamt-BI. Die Applikationen erfolgten vorrangig zur Bekämpfung des Apfelwicklers und weiteren Wicklerarten (Fruchtschalen- und Bodenseewickler) sowie Läusen (Mehlige und Grüne Apfelblattlaus, Blutlaus, Kommaschildlaus, Grüne Citrusblattlaus), darüber hinaus auch zur Regulierung von Apfelblütenstechern, Apfelsägewespen sowie Kleinen und Großen Frostspannern. In den Vergleichsbetrieben lag der Insektizid-BI bei durchschnittlich 4,5 (min. 3,6 im Jahr 2017, max. 5,2 im Jahr 2014). In den Jahren 2011 bis 2013 sowie 2015 war der Insektizid-BI der Demonstrationsbetriebe signifikant niedriger als der der Vergleichsbetriebe. Ursachen dafür können regionale Unterschiede im Befallsauftreten aber auch das regelmäßige, flächengenaue Monitoring der Projektbetreuer gewesen sein, welches den meisten Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern einen, in Anpassung an den tatsächlichen Befall, zurückhaltenden Umgang mit Insektiziden ermöglichte. Zu beachten ist hier erneut die große Streuung der Einzelbetriebs-BI innerhalb eines Jahres, die bis zu Δ_{BI} 8 im Jahr 2016 betrug. Zwei Demonstrationsbetriebe fielen in mehreren Jahren durch hohe Insektizid-Behandlungsintensitäten auf: Ein Betrieb wirtschaftete in Einzelhoflage umgeben von vielen Streuobstflächen und unter daher deutlich erhöhtem Schädlingsdruck, alle Behandlungen erfolgten im notwendigen Maß. In einem anderen Betrieb wurden mehrfach unnötige Insektizidmaßnahmen ausgebracht, die vermutlich aufgrund von Unsicherheit bzw.

mangelnder Erfahrung erfolgten. Diese Gegebenheiten verdeutlichen die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung bei der Interpretation der Behandlungsdaten, zeigen aber auch die Grenzen der Beeinflussung der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter durch die Projektbetreuerinnen und Prokektbetreuer auf.

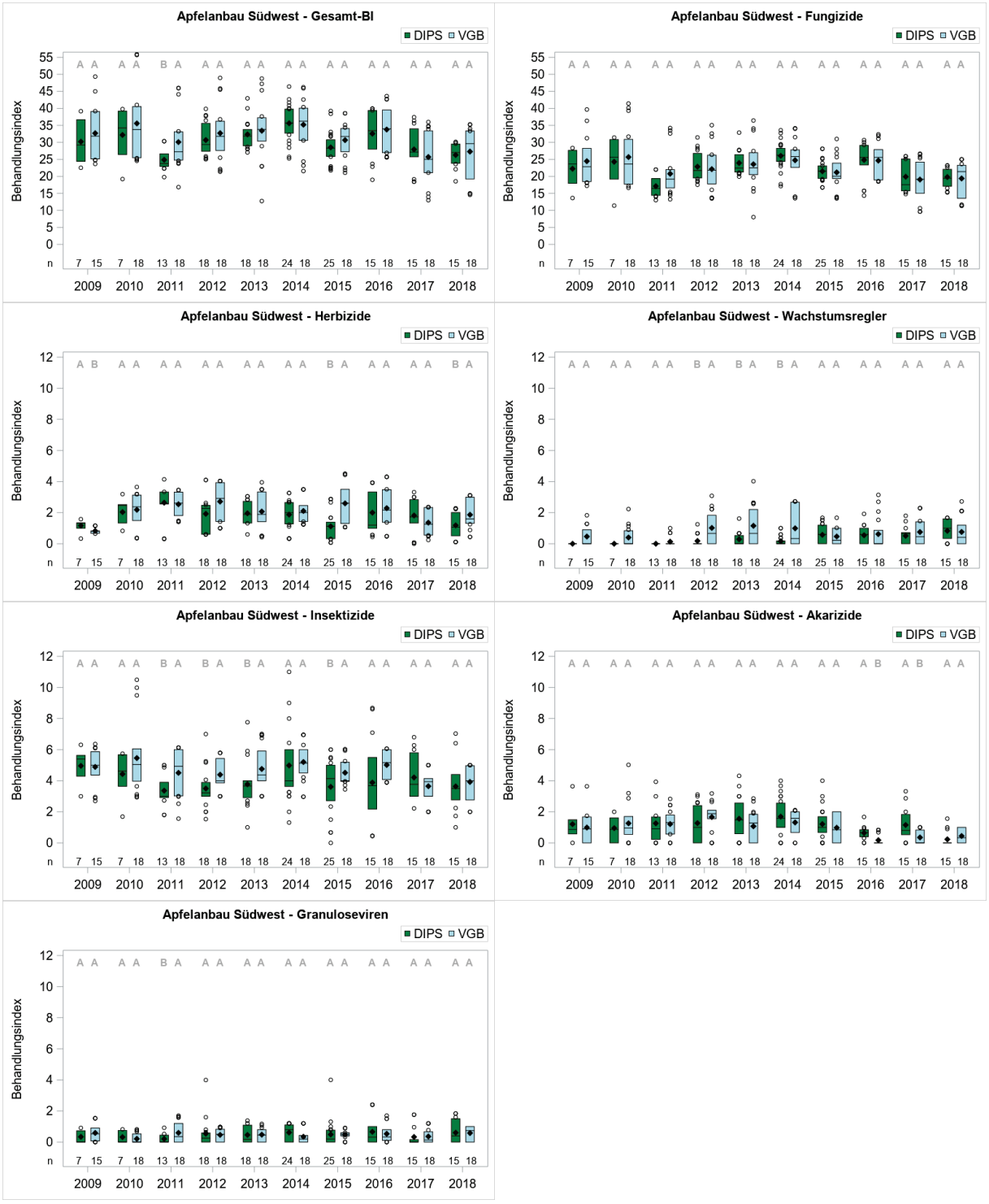


Abb. 48. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in der DIPS-Region Südwest.
Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2009/10 und 2012/13, Demonstrationsflächen 2011-2015 und 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Die Rote Obstbaumspinnmilbe wie auch Apfelrostmilben traten in der DIPS-Region Südwest viel häufiger in bekämpfungswürdigem Umfang auf als im Alten Land. Betriebs-, sorten- und jahresspezifisch schwankte der Ausgangsbefall der Obstbaumspinnmilbe stark und **Akarizide** wurden, wenn notwendig, 1- bis 5-mal pro Anlage

appliziert. Der mittlere **Akarizid-BI** lag in den Demonstrationsbetrieben bei 1,1, in den Vergleichsbetrieben bei 0,9. In Jahren und Anlagen mit keinem oder nur geringem Befall konnte auf eine Behandlung verzichtet werden. Ein guter Besatz mit Raubmilben als natürliche Gegenspieler der Spinnmilben konnte oft zusätzlich zu einer Reduktion des Befalls beitragen. Viele Betriebe achteten daher darauf, möglichst raubmilbenschonend zu arbeiten, aus Gründen des Resistenzmanagements und aufgrund fehlender Alternativen war es jedoch zum Teil notwendig raubmilbenschädigende Akarizide oder schwefelhaltige Fungizide zu applizieren. Bei Letzteren wurde im Gegenzug oft die befallsmindernde Zusatzwirkung auf Rost- und Spinnmilben genutzt.

Granuloseviren zur Bekämpfung des Apfelwicklers wurden von manchen Betrieben gar nicht, von anderen Betrieben 1- bis 9-mal pro Saison und Anlage appliziert. Die Behandlungsintensität der Granulosevirus-Präparate lag sowohl in den Demonstrations- als auch den Vergleichsbetrieben bei durchschnittlich 0,5. Die Granuloseviren wurden häufig in Kombination mit der Pheromonverwirrung und/oder in den Wochen vor der Ernte nach einer Basisbekämpfung mit Insektiziden zur Reduktion von Pflanzenschutzmittelrückständen angewandt (JEHLE et al., 2014). Von der Beratung empfohlen wird eine mehrmalige Behandlung in engem zeitlichen Abstand mit verminderter Aufwandmenge (Splittingverfahren, LTZ, 2019), was von den meisten Betrieben auch so umgesetzt wurde.

Das biotechnische Verfahren der Verwirrung des Apfelwicklers mit **Pheromonen** wurde von mehreren Betrieben der DIPS-Region Südwest in geeigneten Anlagen genutzt. Die Pheromone RAK 3 wurden immer in voller Aufwandmenge von 500 Ampullen/ha und meist ganzflächig ausgebracht.

6.4.3. Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Die Auswertung des Produktionsbereiches Apfelanbau ergab die höchsten Behandlungsintensitäten aller im Modellvorhaben untersuchten Kulturen, die vor allem auf die Fungizidapplikationen zur Bekämpfung bzw. Vorbeugung des Befalls mit Pilzkrankheiten zurückzuführen waren. Im Auswertungszeitraum zeigten sich jahresbedingte Schwankungen im BI, die eine Differenz zwischen den Jahresmittelwerten von bis zu Δ_{BI} 10 ausmachen konnten – sowohl in den Demonstrations- als auch den Vergleichsbetrieben einer Region. Diese Schwankungen sind ein Beleg dafür, dass die Betriebe auf den jahresspezifischen Befallsdruck in den Anlagen reagierten und die Behandlungsintensität entsprechend anpassten. Dies wird auch durch den nur geringen Anteil unnötiger Maßnahmen untermauert (Kapitel 5.2.3. Notwendiges Maß).

In ähnlicher Größenordnung waren innerhalb einer Region auch Unterschiede zwischen den über die Demonstrationsflächen eines Betriebes gemittelten Einzelbetriebs-BI eines Jahres zu verzeichnen. Ursachen dafür waren u. a. technischer Natur (Nutzung von Spritzgeräten mit Recyclingtechnik), naturräumliche Gegebenheiten (teilweise exponierte Lagen mit hohem Befallsdruck) oder die Nutzung verschiedener Vermarktungswege (Direktvermarktung ab Hof oder indirekte Vermarktung über Erzeugerorganisationen). Innerhalb der Demonstrationsflächen eines Betriebes ließen sich meist geringe, zum Teil aber deutliche Unterschiede im BI der Anlagen eines Jahres (bis zu Δ_{BI} 6) erkennen. Nur die Behandlungsintensitäten der Anlagen eines Betriebs zeigten keine Streuung. Alle Flächen wurden nahezu gleich behandelt. Die Streuungen der Einzelbetriebs-BI waren auf differenzierte Applikationen von Insektiziden und Fungiziden sowie bei mechanischer Unkrautbekämpfung auch von Herbiziden zurückzuführen. Die flächen- oder sortenspezifischen Fungizidapplikationen richteten sich vor allem gegen Frucht- und Lagerfäulen und Obstbaumkrebs. Eine Anlage, die mit einer frühreifen Sorte bepflanzt war, erhielt entsprechend weniger Fungizide. Die Streuungen bei der Schädlingsbekämpfung sind ein Indiz für schlag- und situationsspezifische Entscheidungen auf Grundlage des bonitierten Befalls bei der Applikation von Insektiziden und zum Teil auch Akariziden und verdeutlichen den gewissenhaften und situationsbezogenen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln.

Zwischen den beiden DIPS-Regionen Altes Land und Südwest konnten in der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden (Daten nicht gezeigt), wenngleich die Fungizid-BI im Norden sowie die Insektizid- und Akarizid-BI im Süden höher waren. Auch zwischen den Betriebsnetzen gab es kaum nennenswerte Unterschiede in der Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben Pflanzenschutz. Die im Modellvorhaben identifizierten Einsparungen oder Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Apfelanbau fielen trotz der großen

Anstrengungen, die im Projekt unternommen wurden, vergleichsweise gering aus. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend angesichts dessen, dass im Apfelanbau Deutschlands seit 1990 und mittlerweile nahezu flächendeckend (DIEREND & MENKE, 2018) nach dem integrierten Pflanzenschutz als Bestandteil der „Richtlinie für den kontrollierten Integrierten Anbau von Obst und Gemüse“ gearbeitet wird und wesentliche Veränderungen der Behandlungsintensität schon viele Jahre vor Durchführung des Modellvorhabens vonstattengingen (pers. Mitteilung R. Ipach). In der Integrierten Produktion (IP) sind „Schadensschwellen die zentrale Größe, die darüber entscheidet, ob eine Bekämpfung erforderlich ist oder nicht“ (BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE, 2006). Behandlungen gegen Apfelschorf werden in der Primärphase aus den in einem Prognosemodell errechneten Infektionsbedingungen entsprechend der Niederschlags- und Blattnässedauer sowie dem Ascosporenflug auf das notwendige Maß beschränkt. Die Ergebnisse der Prognosemodelle werden in den Warndienstmeldungen der Offizialberatung veröffentlicht. Aufgrund des etablierten und bewährten IP-Systems, blieben die Behandlungsstrategien gegen Pilzkrankheiten innerhalb des Projektes weitgehend unverändert und die Projektpartnerinnen und Projektpartner in den beteiligten Pflanzenschutzdiensten hegten vor Projektbeginn Zweifel, ob weitere Einsparungen von Pflanzenschutzmitteln im Apfelanbau überhaupt möglich seien.

Für Fungizidanwendungen, die überwiegend nach Warndienstaufruf durchgeführt wurden, und die aufgrund von Resistenzen des Apfelschorferregers gegenüber vielen Wirkstoffen präventiv erfolgen mussten, hat sich gezeigt, dass eine Reduktion des Fungizid-BI im Wesentlichen nur durch technische Innovationen, wie z. B. ein Tunnelspritzgerät, zu realisieren ist. Allerdings ist der Einsatz von Tunnelspritzgeräten nicht auf allen Flächen möglich. Hinderungsgrund hierfür sind Hagelschutznetze, die zur Qualitätssicherung und zum Schutz der Anlagen vor allem in der DIPS-Region Südwest notwendig sind und auf denen solche Geräte bauartbedingt nicht eingesetzt werden können. Weitere Reduktionen von Fungizidanwendungen würden mehr kurative Mittel bzw. neue Wirkstoffe oder wesentliche Fortschritte bei der Züchtung resistenter Sorten voraussetzen.

Herbizide wurden grundsätzlich nur in den Baumreihen auf ca. 1/3 der Fläche ausgebracht. Bei der Unkrautbekämpfung gelang es einzelnen Betrieben in einzelnen Jahren und unter günstigen Bedingungen mithilfe mechanischer Verfahren, Herbizide einzusparen. Die Ausschöpfung dieses Reduktionspotentials setzte jedoch entsprechende technische Investitionen voraus.

Bei der Schädlingsbekämpfung waren viele Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bereit, einen niedrigeren Ausgangsbefall so weit wie möglich zu tolerieren. Dabei hat sich gezeigt, dass die bisher bekannten Schadschwellen überwiegend gut funktionierten, in Einzelfällen jedoch angepasst werden müssen. Zur Schonung von natürlichen Gegenspielern und Erhöhung des Nützlingsbesatzes in den Anlagen wurden oft die Spritzfolgen angepasst und versucht, auf breitwirksame Insektizide wie Calypso zu verzichten – je nach Zulassungs- und Befallssituation war dies jedoch nicht immer möglich. Dabei ist zu beachten, dass die Verwendung mehrerer spezifisch wirksamer Insektizide als Ersatz für ein breitenwirksames Mittel den Behandlungsindex durch die erhöhte Mittelanzahl ansteigen ließ und dieser Vorteil für die Umwelt quasi mit einem höheren BI „bestraft“ wurde. Nur unter bestimmten Befallsbedingungen und in Teilbereichen konnte mit Hilfe der umfangreichen Überwachung und Beratung eine Reduktion der Pflanzenschutzmittelanwendung erreicht werden, z. B. durch parzellen- oder sortenspezifische Akarizidbehandlungen, präzise terminierte Einmalbehandlungen von Apfel- und Fruchtschalenwicklern oder nichtchemische Maßnahmen wie die Grabenmahd. Das Ausreizen mancher Behandlungsstrategien führte allerdings in Einzelfällen zu Ertragsausfällen.

Zu den bereits angesprochenen Aspekten, die eine weitere Verringerung der Behandlungsintensität im Apfelanbau nahezu unmöglich machten, kamen erschwerend noch die für viele Betriebe bindenden Vorgaben des Lebensmitteleinzelhandels bezüglich der maximal zulässigen Anzahl und der Höhe von Wirkstoffrückständen von Pflanzenschutzmitteln hinzu, die den Handlungsspielraum zusätzlich einschränkten. Diese sogenannten sekundären Standards stehen teilweise im Widerspruch zum Grundgedanken des integrierten Pflanzenschutzes. Denn zur Reduktion der Anzahl an Wirkstoffen in der Fruchtbildungsphase müssen Pflanzenschutzmittel bereits vor Erreichen der Schadschwelle ausgebracht werden, um im weiteren

Jahresverlauf sicher zu sein, dass dieser Schädling unabhängig der möglichen Regulierung durch Gegenspieler nicht auftreten wird.

6.5. Notwendiges Maß

Die Bewertung des notwendigen Maßes erfolgte im Alten Land im Projektzeitraum von 2012 bis 2018 für alle 2.437 dokumentierten Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen (Abb. 49 oben). In dieser Zeit bescheinigten die Pflanzenschutzexpertinnen und Pflanzenschutzexperten der Landwirtschaftskammer den Demonstrationsbetrieben bei 98,4 % der Behandlungen die Einhaltung des notwendigen Maßes (n= 2.397). Im notwendigen Maß inbegriffen sind 90 Maßnahmen, die mit kritischen Kommentaren versehen wurden (3,7 % der Applikationen). Diese kritischen Kommentare bezogen sich in allen Jahren auf insgesamt 54 Applikationen von Fungiziden (Aufwandmenge zu stark reduziert oder überdosiert, Mittelwahl nicht optimal, Indikationsfehler) und 34 Applikationen von Wachstumsregulatoren (Aufwandmenge überdosiert, Indikationsfehler) sowie im Jahr 2014 auf 2 Insektizidanwendungen (Maßnahme zu spät). Die Anwendung von Herbiziden war in allen Jahren im notwendigen Maß (ohne kritische Kommentare).

Unnötige Maßnahmen hatten einen geringen Anteil von 1,6 % an der Gesamtzahl der Behandlungen (n = 40). Unnötige Maßnahmen von Fungiziden wurden in den Jahren 2012 sowie 2015 bis 2018 angemahnt. Bei Insektiziden kamen unnötige Maßnahmen nur zweimal im Jahr 2014 und einmal im Jahr 2015 vor. In den Jahren 2013 und 2014 wurden im Alten Land keine unnötigen Maßnahmen identifiziert.

In der DIPS-Region Südwest wurden in den Jahren von 2013 bis 2018 insgesamt 4.149 Pflanzenschutzmittel-anwendungen auf den Demonstrationsflächen hinsichtlich der Einhaltung des notwendigen Maßes bewertet (Abb. 49 unten). Für die Jahre 2011 und 2012 wurde wegen unvollständiger Datensätze keine Auswertung durchgeführt. Der Anteil von Behandlungen im notwendigen Maß betrug 99,3 % (n = 4.447), darin eingeschlossen sind 203 Maßnahmen, die mit kritischen Kommentaren versehen wurden (4,2 %). Die meisten kritischen Kommentare wurden bei der Anwendung von Fungiziden in den Jahren von 2013 bis 2016 vergeben (n = 149). Überwiegend kritisiert wurde eine zu starke Reduktion der Aufwandmenge, zum Teil kamen auch Überdosierungen sowie zu frühe Maßnahmen oder eine nicht optimale Mittelwahl vor. Bei der Unkrautbekämpfung waren insgesamt 9 Herbizidmaßnahmen wegen zu hoher Aufwandmenge oder verspäteter Applikation auffällig. Bei 32 Insektizid- und 11 Akarizidbehandlungen wurde überwiegend eine zu starke Reduktion der Aufwandmenge kritisiert. Weitere Kommentare bezogen sich auf eine zu frühe Behandlung, eine nicht optimale Mittelwahl oder zu hohe Aufwandmenge. Im Jahr 2012 wurden darüber hinaus eine Ausdünnungsmaßnahme (Aufwandmenge überdosiert) und eine Pheromonausbringung (Maßnahme zu früh) kritisch kommentiert. Unnötige Maßnahmen hatten einen Anteil von 0,7 % an allen bewerteten Behandlungen (n = 32). Darunter waren 9 Fungizidmaßnahmen sowie 18 Insektizid- und 5 Akarizidbehandlungen.

Sowohl bei den kritischen Kommentaren als auch den unnötigen Maßnahmen ist im Südwesten ein Rückgang im Zeitverlauf bzw. nach dem Ende der ersten Projektphase 2015 zu verzeichnen. Ob dieser Rückgang ein Erfolg des Projektes war oder auf die unterschiedliche „Strenge“ der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bei der Bewertung zurückzuführen ist, lässt sich nicht interpretieren. Die geringfügigen Unterschiede im Vergleich der beiden Regionen lassen sich vermutlich auf unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe und die Erfahrung der jeweils bewertenden Person zurückführen – im Alten Land wurde die Bewertung von der Projektleitung, im Südwesten von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern durchgeführt. Insgesamt lag der Anteil der Anwendungen chemischer Pflanzenschutzmittel, die vom notwendigen Maß abweichen, in beiden Regionen mit 1,6 bzw. 0,7 % deutlich unter dem im *Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln* propagierten Ziel von maximal 5 % (ANONYMUS, 2017). Von den 13 Demonstrationsbetrieben im Apfelanbau erreichten nur zwei Betriebe in einzelnen Jahren dieses Ziel nicht.

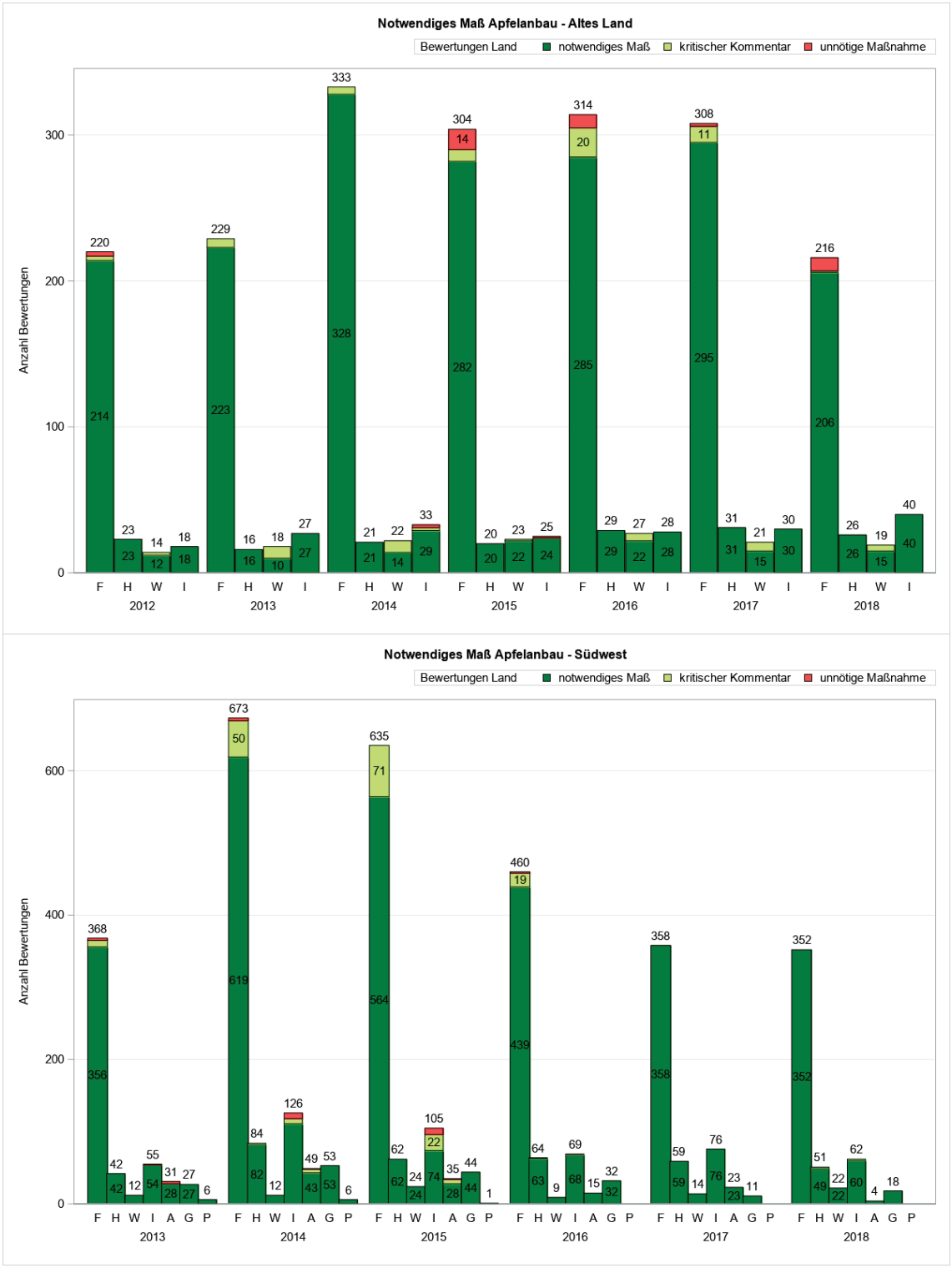


Abb. 49. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land (2012-2018) und Südwest (2013-2018).
Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie F: Fungizide, H: Herbizide, W: Wachstumsregulatoren, I: Insektizide, A: Akarizide, G: Granuloseviren, P: Pheromone.

6.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung

Das von den Pflanzenschutzmittelanwendungen im Apfelanbau ausgehende Umweltrisiko wurde mit SYNOPS-GIS berechnet (zur Methodik vgl. DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Die Betrachtung der Risikoindices erfolgte für die beiden DIPS-Regionen Altes Land und Südwest jeweils für die verschiedenen Nichtzielkompartimente Oberflächengewässer (akut und chronisch), Saumbereich (akut) und Boden (chronisch) getrennt.

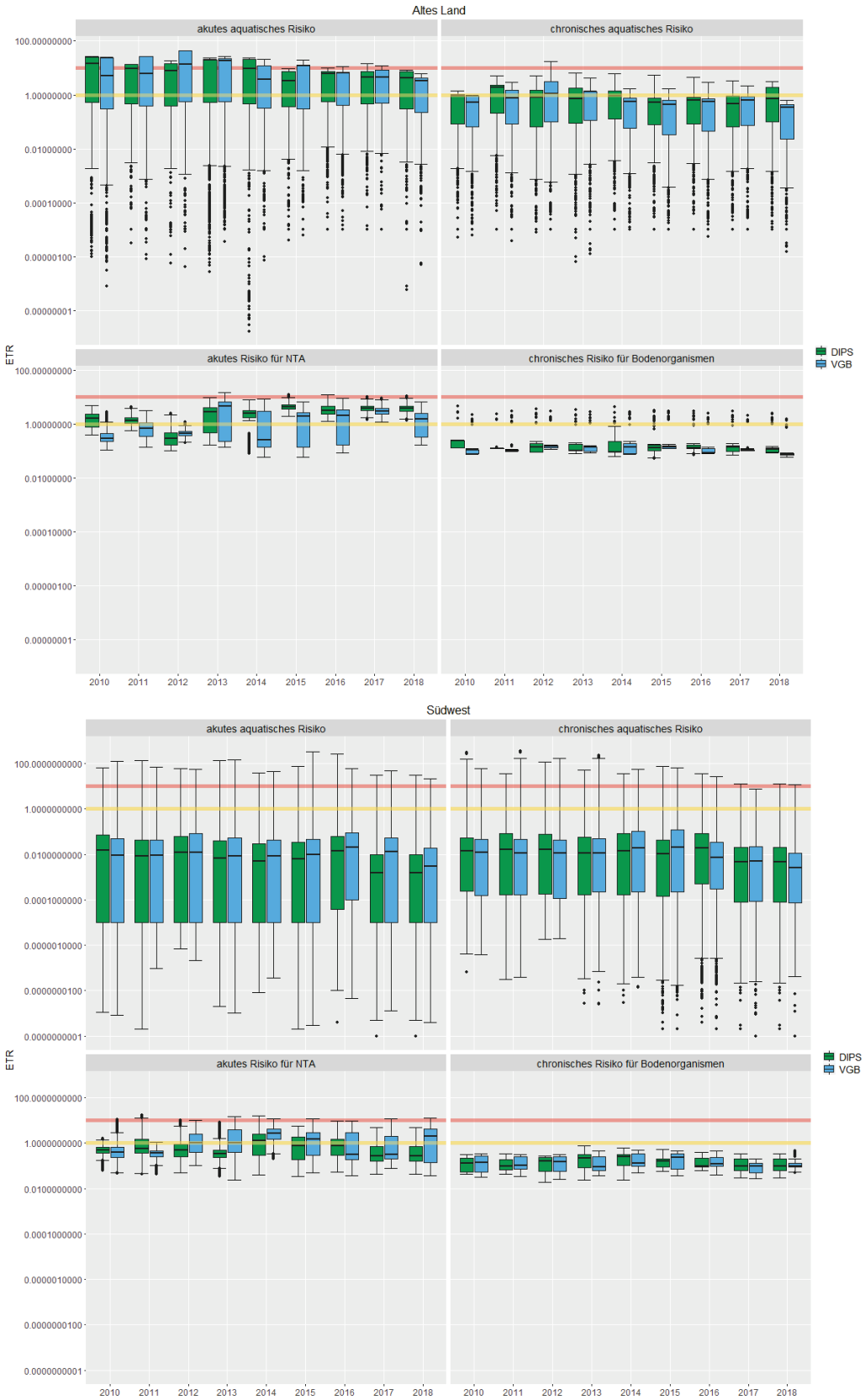


Abb. 50. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Apfelanbau in den DIPS-Regionen Altes Land und Südwest (2010-2018).
Gelbe Linie = Grenzwert für mittleres Risiko, rote Linie = Grenzwert für hohes Risiko.

Ausgewertet wurden die Applikationsmuster, d. h. Spritzfolgen, der Demonstrationsbetriebe im Zeitraum von 2010 bis 2018 (Vorherjahre und Demonstrationsflächen) sowie die dazugehörigen Daten der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in der jeweiligen DIPS-Region.

Grundsätzlich unterlagen die Risikoindices keiner wesentlichen Veränderung im Zeitverlauf, zwischen den Demonstrations- und Vergleichsbetrieben war ebenfalls kein Unterschied festzustellen.

Die **akuten und chronischen aquatischen Risikoindices** in der Region **Südwest** lagen im Mittel in allen Jahren des Auswertungszeitraumes 2010-2018 im unteren Risikobereich mit ETR-Werten von deutlich unter 1, das heißt, dass ein Großteil der Maßnahmen als unkritisch bewertet wurde (Abb. 50). Ein geringer Teil der Pflanzenschutzmaßnahmen wurde im mittleren Risikobereich eingestuft (ETR > 1, gelbe Linie) und nur einzelne Maßnahmen überschritten die Grenze zum hohen Risiko (ETR > 10, rote Linie).

Anders gestaltete sich die Situation im **Alten Land**, wo die Obstbauanlagen oft in unmittelbarer Nähe von periodisch oder permanent wasserführenden Gewässern gelegen sind und die untersuchten Gewässerorganismen (Algen, Daphnien, Fische, Wasserlinsen und Sedimentorganismen) einer anderen Exposition ausgesetzt sind. Die **akuten aquatischen Risikoindices** lagen hier im Durchschnitt im mittleren Risikobereich (ETR > 1, gelbe Linie), in einzelnen Jahren im Bereich mit hohem Risiko (ETR > 10, rote Linie). Die **chronischen aquatischen Risikoindices** wurden größtenteils dem Bereich mit niedrigem Risiko mit durchschnittlichen ETR von knapp unter 1 zugeordnet, in einzelnen Jahren lagen die ETR über 1 und wurden im mittleren Risikobereich eingestuft. Zu beachten ist hier, dass bei den Berechnungen des Modells bei allen Applikationsmustern pauschal von einer Abdriftminderungsklasse des Pflanzenschutzgerätes von 75 % ausgegangen wurde, von zwei Demonstrationsbetrieben des Alten Landes ist jedoch bekannt, dass deren Geräte über eine höhere Abdriftminderungsklasse von 90 % verfügten. Darüber hinaus wurden die Applikationsmuster bei der Risikobewertung mit SYNOPS-GIS zufällig auf alle Obstanbauflächen der Region verteilt, so dass die Ergebnisse nicht das spezifische Risiko eines Applikationsmusters, welches in einer bestimmten Apfelanlage mit den entsprechenden Umweltparametern ausgebracht wurde, widerspiegeln. Für derartige Ergebnisse sind Auswertungen mit dem Modells SYNOPS-Web notwendig, die nicht Bestandteil dieses Berichtes sind.

Pflanzenschutzmittel, die als akut aquatisch riskant (ETR > 1) auffielen, waren Fungizide, welche die Wirkstoffe Kupferhydroxid und Schwefel enthielten sowie Dimethenamid-P-haltige Herbizide. Mit chronisch aquatischem Risiko behaftet waren Insektizide mit den Wirkstoffen Fenoxycarb (Zulassungsende 31.12.2013) und Pirimicarb sowie Schwefel- oder Folpet-haltige Fungizide.

Die Risikoindices im **Saumbereich** (akutes Risiko für NTA, Indikatororganismen: Bienen, Brackwespen und Raubmilben), die insbesondere das Risiko für Nichtzielarthropoden abbilden, zeigten im Vergleich der Regionen keine Unterschiede und lagen im geringen bis mittleren Risikobereich. Nur vereinzelt lagen Spritzfolgen den zufällig zugewiesenen Umweltbedingungen entsprechend im hohen Risikobereich. Pflanzenschutzmittel, deren Applikation ein potentielles Risiko für Nichtzielorganismen im Saumbiotop beinhaltete, waren Insektizide/Akarizide mit den Wirkstoffen Abamectin, Fenpyroximat und insbesondere Thiacloprid (*Calypso*) sowie Fungizide, die den Wirkstoff Fluopyram enthielten.

Im terrestrischen Nichtzielkompartiment **Boden** (chronisches Risiko für Bodenorganismen, Indikatororganismen Regenwurm und Springschwänze) lagen die Risikoindices der Applikationsmuster in allen Jahren bis auf wenige Einzelfälle im unkritischen Bereich von ETR < 1.

6.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS

Die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes wurde mithilfe von im Projekt entwickelten Checklisten auf Grundlage der projektspezifischen Leitlinien zum IPS jährlich bewertet. Die folgende Auswertung befasst sich mit den einzelbetrieblichen Bewertungen der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben Apfelanbau der DIPS-Regionen Altes Land (Abb. 51) und Südwest (Abb. 52) ab dem Jahr 2013 bis zum jeweiligen Projektende eines Betriebes (2015 für 4 Betriebe aus Phase I, 2018 für alle anderen, von einem Betrieb konnte die Checkliste des Jahres 2018 nicht ausgewertet werden).

Die Checklistenergebnisse verdeutlichen das hohe Niveau, auf welchem die Apfelbetriebe den Pflanzenschutz, z. T. schon vor Projektbeginn, praktizierten. Alle Betriebe erfüllten schon im Jahr 2013/Vorherjahr mindestens 80 % der Anforderungen. Im Laufe der Projektzeit konnten einzelne Betriebe die Umsetzung des IPS durch die Identifizierung betriebsspezifischer Stellschrauben weiter verbessern, so dass Entwicklungszuwächse von bis zu 10 %-Punkten erzielt wurden. Insgesamt war jedoch nur ein moderater Anstieg und zum Teil sogar leichter Rückgang in der erreichten Punktzahl zu verzeichnen. Auf die Ursachen und Details wird im Folgenden eingegangen.

Im Checklistenabschnitt **A Ganzheitliches Vorgehen** erreichten alle Betriebe ab dem Jahr 2014 die volle Punktzahl für die Bereitstellung und Nutzung von Fachinformationen sowie die Umsetzung der „*JKI-Leitlinien zum IPS im Apfelanbau*“. Das heißt alle Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter waren registrierte Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Warndienst-Services, abonnierten mindestens eine Fachzeitschrift mit regelmäßigen Beiträgen zum Pflanzenschutz und besuchten jährlich mindestens eine Weiterbildungsveranstaltung des Pflanzenschutzdienstes.

Im Abschnitt **B Befallsvorbeugung** waren nur geringfügige Verbesserungen im Laufe des Projektes zu erzielen, die Betriebe starteten hier jedoch mit einem hohen Wert von mindestens 18 von 22 möglichen Punkten. Hauptursache für Punktabzüge und grundsätzliches Defizit im Bereich Sortenwahl war, wie auch in den anderen Produktionsbereichen, eine bei Weitem nicht ausreichende Verfügbarkeit von vergleichbar gut vermarktungsfähigen, weniger anfälligen Sorten. Einzelne Betriebe waren dennoch bemüht, möglichst tolerante Sorten, wie z. B. die Sorte Topaz, die zwar mittlerweile ihre Resistenzeigenschaften gegenüber Schorf verloren hat, aber dennoch noch gewisse Toleranz aufweist, anzupflanzen. In Bezug auf die Wahl des Standortes und Gestaltung des Anbausystems wurden vereinzelt Grenzstandorte mit Staunässe bzw. in Frostlagen wie auch Anlagen mit zu geringem Pflanzabstand oder fehlender Gründüngung vor Neupflanzung als Maßnahme gegen die Bodenmüdigkeit identifiziert. Verbesserungen diesbezüglich ließen sich in der Dauerkultur Apfel jedoch nur in längeren zeitlichen Dimensionen erzielen. Im Gegensatz dazu konnten sich einzelne Betriebe bei der Einbeziehung der Daten von Wetterstationen in die bedarfsgerechte Bewässerung sowie der Berücksichtigung der Stickstoffabfuhr bei der Düngebedarfsermittlung verbessern.

Bei der **Förderung und Nutzung natürlicher Regelmechanismen und der Biodiversität (Abschnitt C)** konnte von fast allen Betrieben in allen Jahren die volle Punktzahl erreicht werden, da zahlreiche Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität umgesetzt wurden (z. B. Anlage von Nistkästen/Sitzstangen für Greifvögel, Schaffung von Rückzugsräumen für räuberische Nützlinge, Erhalt und Pflege von Streuobstwiesen). Das Engagement der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter, die Entwicklung im Projektverlauf oder auch die Differenzierung zwischen den Betrieben wird aufgrund der Punktevergabe bei dieser Fragestellung jedoch nicht sichtbar, da alle Betriebe immer die vollen 3 Punkte erreichten. Punktabzug gab es in Einzelfällen lediglich, wenn ein breitwirksames Insektizid angewendet wurde obwohl eine nützlingsschonendere Alternative zur Verfügung gestanden hätte.

Betriebsspezifische Unterschiede und Handlungsspielräume konnten bei der **Ermittlung des Befalls und Nutzung von Entscheidungshilfen (Abschnitt D)** aufgezeigt werden. Ein Großteil der Betriebe kontrollierte die Pflanzenbestände hinsichtlich Entwicklung und Gesundheitszustand über den gesamten Projektzeitraum regelmäßig selbstständig und nutzte Bekämpfungsschwellen und/oder andere Entscheidungshilfen bei der Entscheidung für oder gegen eine Behandlung. Einzelne Betriebe zeigten hier eine Entwicklung im Laufe des Projektes und verbesserten ihr Schaderregermonitoring, indem an Stelle von Schätzungen des Befalls Bonituren durchgeführt wurden. Dennoch wurden die Bestandeskontrollen teilweise weniger umfangreich als vom Projektbetreuer durchgeführt (z. B. ohne Astproben) sowie z. T. nur in den Hauptsorten.

Verschiedene nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen wurden von den Betrieben im Projektverlauf erprobt. Diese waren meist betriebsspezifisch und in Abhängigkeit von der Witterung und den Standortbedingungen umsetzbar (**Abschnitt E Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen**).

Die hier erreichten Punkte schwankten in Abhängigkeit davon, welche und wie viele Verfahren im jeweiligen Jahr genutzt wurden. Insgesamt bauten die Betriebe die Anwendung nichtchemischer Maßnahmen wie auch

die Nützlingsförderung im Projektverlauf aus. Handlungsspielräume waren bei den Hygieneschnitten erkennbar: bemängelt wurde, dass befallenes Schnittgut nicht aus der Anlage entfernt oder der Mehltauschnitt gar nicht durchgeführt wurde. Bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gab es in einzelnen Betrieben und Jahren Unsicherheiten, die zu Punktabzügen führten und Hauptursache für Schwankungen in der erreichten Gesamtpunktzahl eines Betriebes pro Jahr waren. Dabei handelte es sich um vereinzelt unnötige Maßnahmen, eine nicht optimale Mittelwahl, reduzierte Aufwandmengen, nicht durchgeführte Teilflächenbehandlungen sowie eine im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben der Region höhere Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen (BI). Die Betriebe sind dennoch im Projektverlauf sensibilisiert worden, Pflanzenschutzmittel im notwendigen Maß anzuwenden. Schwierigkeiten im Hinblick auf das Resistenzmanagement bereiteten allen Betrieben die strengen Vorgaben des Lebensmitteleinzelhandels. Der LEH erlaubt nur eine bestimmte Anzahl und Menge von Wirkstoffen auf den Ernteprodukten. Die Pflanzenschutzstrategien wurden daraufhin in den Betrieben angepasst, indem z. B. nachweisbare Pflanzenschutzmittel vor der Blüte und nicht nachweisbare Pflanzenschutzmittel nach der Blüte appliziert wurden sowie die Anwendung eines Mittels mit Mehrfachwirkung, wie u. a. Schwefel gegen Milben und Mehltau, bevorzugt wurde. Als nachteilig ist hierbei das erhöhte Resistenzrisiko zu bewerten, welches durch die Anwendung einer geringen Auswahl von Pflanzenschutzmitteln gesteigert wird. Zur Verbesserung der Pflanzenschutztechnik bot das Projekt die Möglichkeit, abdriftmindernde Pflanzenschutzgeräte/-düsen anzuschaffen und die Einstellungen der Geräte hinsichtlich Luftverteilung und Düsenausrichtung prüfen und optimieren zu lassen, was von mehreren Betrieben wahrgenommen wurde.

Im Checklistenabschnitt **F Erfolgskontrolle und Dokumentation** wurde die Umsetzung von Kontrollen der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Dokumentation von Pflanzenschutzmaßnahmen und Befallsbeobachtungen bewertet. Hier konnten bis auf einen Betrieb alle Betriebe 5 bis 6 von max. 6 möglichen Punkten erreichen. Geringe Mängel bestanden bei der Dokumentation der Erfolgskontrollen. Die Anforderungen an die **Sorgfaltspflicht beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln (Abschnitt G)** erfüllten alle Betriebe in allen Jahren vollumfänglich.

Im letzten bewerteten Projektjahr konnten die Betriebe die Anforderungen an die Umsetzung des IPS auf einem hohen Niveau von mindestens 85 % bis 92 % erfüllen. Die teilweise stagnierenden oder auf- und absteigenden Punktzahlen deuten darauf hin, dass die Umsetzung des IPS jährlichen Schwankungen unterlag. Unterschiede zwischen den beiden DIPS-Regionen waren nicht zu erkennen.

Verschiedene einzelbetriebliche Handlungsspielräume und Verbesserungspotentiale zur Optimierung des Pflanzenschutzes konnten identifiziert und genutzt werden, dies betrifft insbesondere Verbesserungen beim Schaderregermonitoring und der Nutzung von Entscheidungshilfen, den Ausbau der Anwendung nichtchemischer Maßnahmen sowie von Maßnahmen zur Schonung und Förderung von Nützlingen. Andere Verbesserungspotentiale konnten im Projektzeitraum nicht voll ausgeschöpft werden, da diese in der Dauerkultur Apfel nicht mehr verändert werden konnten (z. B. zu enge Pflanzabstände, ungünstige Standortwahl), einzelne Maßnahmen nicht in den Betriebsablauf integriert wurden bzw. zu aufwendig waren (Schnittmaßnahmen, Rodung befallener Bäume und Abfuhr befallenen Schnittgutes aus der Anlage, Dokumentation von Erkenntnissen zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmittelanwendungen) oder da situationsspezifisch gehandelt werden musste (Einhaltung von Resistenzvermeidungsstrategien). Insgesamt waren die Stärken und noch offenen Verbesserungspotentiale der Betriebe verschieden. So engagierten sich manche Betriebe aus persönlichem Interesse schon seit Jahren im Naturschutz und der Nützlingsförderung, verfügten über eine vorbildliche Schnitttechnik, hatten Entwicklung und Befall ihrer Anlagen stets im Blick oder behandelten ihre Anlagen teilflächenspezifisch. Andere Betriebe strebten eine besonders wirtschaftliche Produktionsweise an und zeigten großes Interesse an Innovationen.

Systembedingte Defizite waren bei der Verfügbarkeit von weniger anfälligen und vermarktungsfähigen Sorten und der Verfügbarkeit nützlingsschonender Pflanzenschutzmittel zu verzeichnen. Darüber hinaus sind zu wenig praktikable und wirtschaftlich akzeptable nichtchemische Abwehr- und Bekämpfungsverfahren im Obstbau vorhanden. Außerdem erschwerten die Vorgaben des LEH das Resistenzmanagement der Betriebe.

Abb. 51. Auswertung der Checklisten im Apfelanbau in der DIPS-Region Altes Land, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10

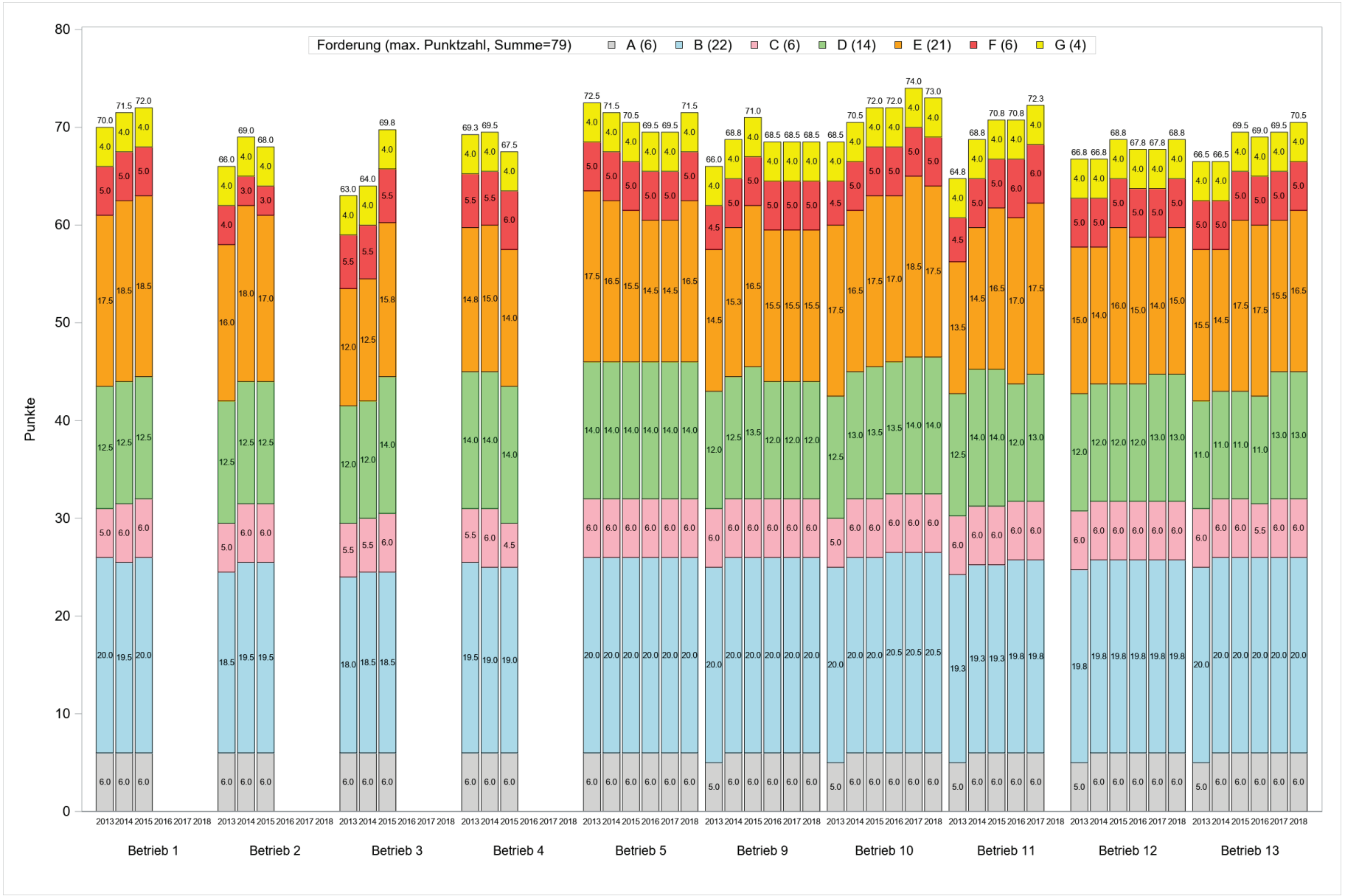


Abb. 52. Auswertung der Checklisten im Apfelanbau in der DIPS-Region Südwest, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10

6.8. Zusammenfassung

Im Apfelanbau nahmen im Zeitraum von 2011 bis 2018 13 Obstbaubetriebe am Modellvorhaben teil. Sie repräsentierten die Anbaugebiete Altes Land und Bodensee sowie Rheinhessen/Pfalz, Neckar und die Rheinebene. Für die zusammenfassende Auswertung wurden die beiden DIPS-Regionen Altes Land und Südwest gebildet.

In Zusammenarbeit mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern demonstrierten die Betriebe verschiedene, überwiegend altbekannte, nichtchemische Verfahren, die sich größtenteils als praktikabel erwiesen haben und in die Betriebsabläufe integriert wurden. Die mechanischen Unkrautbekämpfungsverfahren waren jedoch mit den bekannten Einschränkungen (Witterung, Bodenbeschaffenheit, Arbeitsaufwand) behaftet und konnten Herbizide nur in Einzelfällen vollständig ersetzen. Zur Vorbeugung des Befalls mit Pilzkrankheiten wurden Hygieneschnitte durchgeführt und ein Reihenkehrer getestet. Auch diese Maßnahmen bewährten sich, konnten Fungizidapplikationen jedoch meist nur komplementieren. Vor allem zur Krankheitsvorbeugung/-bekämpfung fehlt es auch aufgrund der nur wenigen vermarktungsfähigen, pilztoleranten Apfelsorten an Innovationen und effektiven Alternativen. Zur Schädlingsbekämpfung werden vor allem die Verfahren Pheromonverwirrung, Grabenmahd und Schlagfallen fortgeführt. Sehr aktiv waren die Demonstrationsbetriebe darüber hinaus in der Nützlingsförderung und Förderung der Biodiversität der Apfelanlagen. Auch wenn sich der Effekt von Blühstreifen, Hecken, Insektenhotels oder Vogelnistkästen nicht quantifizieren ließ, werden die Maßnahmen nach Projektende beibehalten.

Gewissenhafte Bonituren sind im Apfelanbau aufgrund der zahlreichen Schaderreger, des hohen Schadpotentials und der hohen Kosten einer Pflanzenschutzbehandlung essentiell. Im Projektzeitraum wurden pro Anlage und Jahr Monitoringmaßnahmen an insgesamt etwa 20 Boniturterminen im Alten Land bzw. 25 in der Region Südwest mit einem Gesamtzeitaufwand von durchschnittlich 10 bzw. 14 Stunden durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass das Monitoring in diesem Umfang von der Betriebsleitung selbst nicht durchgeführt werden kann und dazu Unterstützung von Experten notwendig ist. Weiterhin wird angenommen, dass der im Projekt ermittelte Boniturаufwand überschätzt wurde und bei einer Fokussierung auf Schlüsselschaderreger geringer wäre, wozu allerdings weitergehende Untersuchungen notwendig sind.

Die elementare Rolle der Offizialberatung bei der Umsetzung des IPS im Apfelanbau wurde bei der Auswertung der Entscheidungsgrundlagen sichtbar. Die Beratung durch den Pflanzenschutzdienst einschließlich des daran angeschlossenen Warndienstes wurde mit durchschnittlich 70 - 80 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen genannt. Insbesondere für die meist prophylaktisch durchgeführten Fungizidanwendungen sind die Warndienstmeldungen unerlässlich. Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnten nicht aufgezeigt werden. Vielmehr hat sich trotz der insgesamt sehr hohen Behandlungsintensität das hohe Niveau, auf dem die ausgewählten Betriebe den integrierten Pflanzenschutz ausgehend von den IP-Richtlinien schon seit Jahren betrieben, bestätigt. Nur mit Hilfe einer umfangreichen Bestandesüberwachung und intensiven Beratung war unter bestimmten Befallsbedingungen in Teilbereichen eine weitere Reduzierung der Pflanzenschutzmittelanwendung möglich.

7. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Gemüsebau

Datengrundlage

Im Gemüsebau beteiligten sich insgesamt zehn Betriebe am Modellvorhaben. Der Projektzeitraum erstrecke sich über die Jahre 2014 bis 2018. In Rheinland-Pfalz (RP) nahmen 3 Möhrenbetriebe von 2014 bis 2018 teil. Im Jahr 2017 konnte ein kurzfristig ausgestiegener Möhrenbetrieb durch einen neuen Betrieb ersetzt werden. In Nordrhein-Westfalen (NW) nahmen von 2014 bis 2018 ein Möhrenbetrieb und drei Kohlbetriebe teil. In Schleswig-Holstein (SH), in der Region Dithmarschen, nahmen drei Kohlbetriebe von 2014 bis 2017 teil. Ein Betrieb in Dithmarschen trat im Jahr 2016 frühzeitig aus dem Projekt aus, weil er den Kohlanbau aufgab. Zudem endete das MuD im Kohlanbau in Dithmarschen mit dem Jahr 2017 außerplanmäßig, da die Projektbetreuerstelle nicht weiter besetzt werden konnte. Tab. 30 zeigt eine Übersicht aller in die Untersuchung eingegangenen Schläge der Demonstrationsbetriebe und der Vergleichsbetriebe. Die Schläge der Vorherjahre sowie die Restschläge, welche repräsentative Flächen waren, dienten als Referenz für die Demonstrationsschläge.

Tab. 30. Anzahl Demonstrationsbetriebe sowie Demonstrationsschläge und Vergleichsschläge im Gemüsebau

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Demonstrationsbetriebe Möhrenanbau	4	4	4	5	5	4	4
n Schläge: Vorherjahre	10	10		2	2		
Demonstrationsschläge			11	12	12	9	9
Restschläge			6	4	4	4	4
n Schläge Vergleichsbetriebe	15	15	12	6	12	12	9
Demonstrationsbetriebe Kohlanbau	4	4	5	5	5	4	2
n Schläge: Vorherjahre	5	5					
Demonstrationsschläge			18	14	14	14	6
Restschläge			3	1	1	-	2
n Schläge Vergleichsbetriebe	10	7	8	15	12	13	9

Bei allen zehn Betrieben handelte es sich um integriert arbeitende Haupterwerbsbetriebe, die in ihrer Gesamtheit die jeweiligen Gemüseanbaugebiete repräsentierten. Die Betriebe unterschieden sich in der Ausprägung der Umsetzung des IPS sowie den Pflanzenschutzstrategien im Allgemeinen und der Motivation der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter im Modellvorhaben mitzuwirken. Die drei Möhrenbetriebe in RP und die drei Kohlbetriebe in NW waren spezialisierte Gemüsebetriebe und bauten ausschließlich Gemüsekulturen an. Ein Möhrenbetrieb bewirtschaftete einen Teil seiner Flächen ökologisch. Der Möhrenbetrieb in NW und die Kohlbetriebe in SH bauten Acker- und Gemüsekulturen an. Neben den Produktionszweigen unterschieden sich die Betriebe in der Sortenwahl und dem damit verbundenen Verwendungszweck (Lager- oder Frischgemüse) sowie bei den Pflanz-/Aussaatzeitpunkten. Die Möhrenbetriebe in RP produzierten vorrangig Waschmöhren für den Frischmarkt. Der Möhrenbetrieb in NW produzierte überwiegend Lagermöhren. Die Kohlbetriebe in NW produzierten vorrangig Spitzkohl für den Frischmarkt und die Kohlbetriebe in SH vorrangig Weißkohl für die Lagerung. Der Absatz erfolgte über die Direktvermarktung, den Lebensmitteleinzelhandel und den Großhandel, für den heimischen Markt und z. T. für den Exportmarkt. Die Lage und Größe der Schläge variierte in den Betrieben, mit Höhen über NN von 0 - 115 m und Schlaggrößen im Möhrenanbau von 0,3 bis 10 ha und im Kohlanbau von 0,1 bis 22,5 ha. Darüber hinaus unterschieden sich die Anbaugebiete im Klima und den Bodenbedingungen. Die Bodenpunkte lagen zwischen 20 und 90, die Niederschlagsmengen variierten im Jahresmittel zwischen 532 bis 838 mm/a. In RP und in NW wurde in den Sommermonaten bewässert, in SH war dies nicht nötig.

Im Bereich Möhrenanbau wurden insgesamt 4.377 Datensätze verarbeitet und ausgewertet. Von diesen entfielen 3.661 Datensätze auf die Demonstrationsbetriebe und 716 Datensätze auf die Vergleichsbetriebe. Im

Bereich Kohlanbau wurden insgesamt 3.375 Datensätze ausgewertet. Von welchen 2.653 Datensätze auf die Demonstrationsbetriebe und 722 Datensätze auf die Vergleichsbetriebe entfielen.

7.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen

Wie in den *JKI-Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Gemüsebau für Möhre und Weißkohl* (FREIER et al., 2015b; FREIER et al., 2015c) beschrieben sollen Maßnahmen, die einem Befall durch Schadorganismen vorbeugen und/ oder ihn unterdrücken bei der Wahl der Sorten, Saat-/Pflanzzeiten sowie bei der Fruchtfolgegestaltung berücksichtigt werden. In der Anbaupraxis sind diese vorbeugenden Maßnahmen durchaus bekannt. Bei der Umsetzung jedoch zeigt sich, dass einige vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen mit den Anforderungen des Marktes konterkarieren. Nachfolgend werden die Sortenwahl, die Wahl der Vorfrucht und die Wahl der Saat-/Pflanzzeiten in den Demonstrationsbetrieben mit Möhrenanbau und Kohlanbau beschrieben.

7.1.1. Sortenwahl

Möhrenanbau

Im Zeitraum von 2012 bis 2018 wurden insgesamt 24 verschiedene Möhrensorten von den Demonstrationsbetrieben angebaut. Die Hauptsorten in den Demonstrationsbetrieben waren ‚Maestro' (24 Schläge), ‚Nerac' (15 Schläge), ‚Laguna' (13 Schläge), ‚Bilbo' (6 Schläge) und ‚Brillyance' (5 Schläge). Zum Teil wurden bis zu fünf verschiedene Möhrensorten auf einem Schlag angebaut (Abb. 53). Wie auch in den Vergleichsbetrieben handelte es sich bei diesen um vorwiegend robuste, krankheitstolerante Möhrensorten, deren Eigenschaften gleichzeitig die Anforderungen des Marktes erfüllten. Die Sorten ‚Maestro' und ‚Nerac' gelten als sehr ertragsreich und erreichen überdurchschnittliche Uniformität. ‚Maestro' ist zudem sehr robust gegenüber Alternaria (HEDRICH & RASCHER, 2019). Die Sorte ‚Laguna' wird auch im ökologischen Gemüsebau genutzt und ist sehr produktiv (HILD SAMEN, 2016).

In den Vergleichsbetrieben wurden insgesamt 22 verschiedene Möhrensorten angebaut, überwiegend waren es die gleichen Sorten wie in den Demonstrationsbetrieben, jedoch mit unterschiedlichem Anbauumfang.

Die Hauptsorten waren ‚Nerac', ‚Triton', und ‚Laguna'. Sowohl in den Demonstrations- als auch in den Vergleichsbetrieben wurden eine bis fünf verschiedene Möhrensorten auf einem Schlag angebaut.

Die verfügbaren krankheitswiderstandsfähigen Möhrensorten sind oftmals in Bezug auf andere Qualitätskriterien wie Bruchfestigkeit oder Trockentoleranz unzulänglich und werden nur in geringem Umfang angebaut. Hinzu kommt, dass selbst Alternaria-resistente Möhrensorten sich in Versuchen als anfällig erwiesen und die Toleranz einiger Möhrensorten standortgebunden ist (BUSER, 2008). Die Toleranz- oder Resistenzeigenschaften trösten zudem nicht über Defizite z. B. im Geschmack hinweg, wie es bei der Möhrensorte ‚Flyaway' der Fall ist. Diese gilt als tolerant gegen den Befall durch den Hauptschädling, die Möhrenfliege. Dennoch spielt ‚Flyaway' bei den Möhrenproduzenten keine Rolle (HERRMANN, 2011). Auf praxisrelevante Neuzüchtungen mit Toleranz- oder Resistenzeigenschaften muss weiterhin gewartet werden. Auch müssen Eigenschaften wie z. B. Trockenheitstoleranz vor dem Hintergrund des Klimawandels bei der Sortenwahl sowie bei Neuzüchtungen Berücksichtigung finden. Ein Demonstrationsbetrieb baute auf seinen schweren Böden bevorzugt die Sorten ‚Nerac' und ‚Cadance' als Lagermöhren an. Im Jahr 2018 mit starker Sommertrockenheit erwies sich ‚Nerac' als deutlich ertragsstabiler als ‚Cadance'. Es ist davon auszugehen, dass die Sorte ‚Nerac' aus diesem Grund auch zukünftig im Möhrenanbau bevorzugt wird. Die Demonstrationsbetriebe waren bemüht jährlich neue Sorten zu testen, z. B. die violette Möhrensorte ‚Purple Haze' für die Halloween-Saison. Der Anbauumfang war jedoch gering.

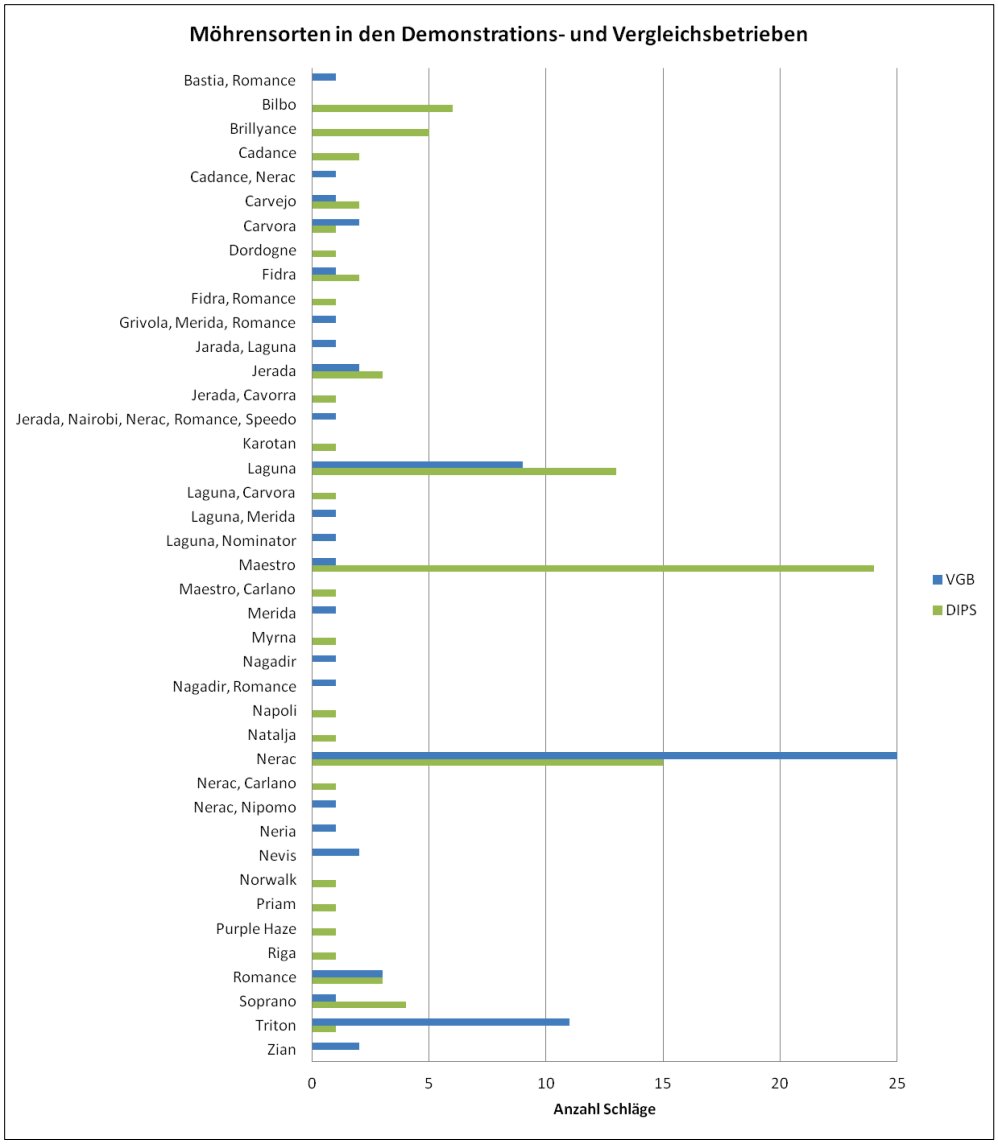


Abb. 53. Sortenverteilung mit Anzahl Schlägen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) für Möhrenanbau (2012-2018).

Kohlanbau

Die Demonstrationsbetriebe für Kohlanbau bauten im Untersuchungszeitraum von 2012 bis 2018 insgesamt 34 verschiedene Kopfkohlsorten an. Auf einer Fläche wurden eine bis maximal fünf verschiedene Sorten kultiviert (Abb. 54). Die Sorten werden generell nach Anbautermin, Reifegruppe, Verwendungszweck, Kopfgröße und -gewicht und Kopfform eingeteilt (LATTAUSCHKE & LABER, 2014). Es werden Jungpflanzen aus der Gewächshausanzucht verwendet.

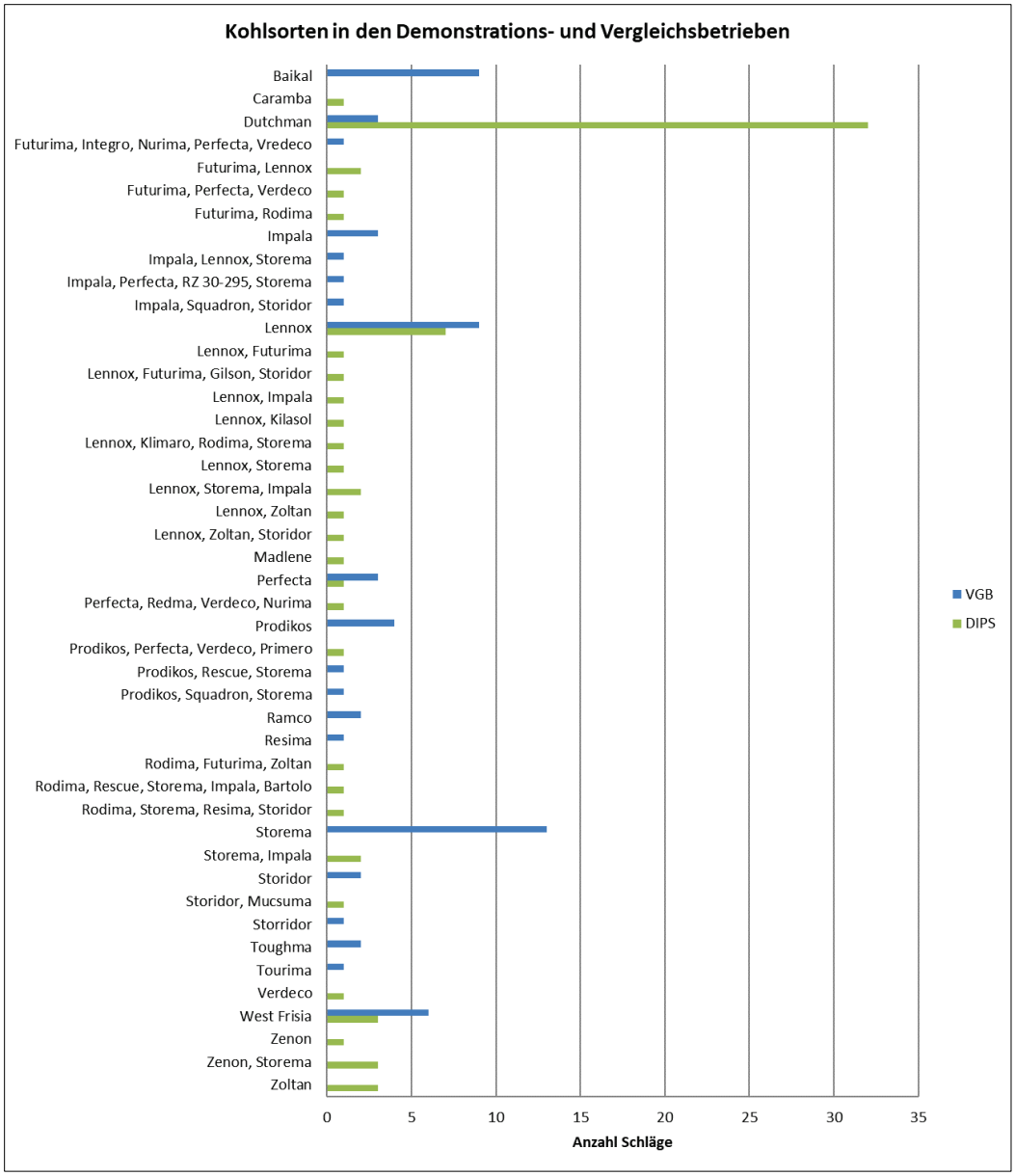


Abb. 54. Sortenverteilung mit Anzahl Schlägen in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) für Kohlanbau, 2012-2018.

Als Frischkohl wurde vorrangig Spitzkohl, die Sorte ‚Dutchman' auf 87 % der Schläge, angebaut, und in einem Jahr, auf einem Schlag die Wirsingkohlsorte ‚Madlene'. Die Sorte ‚Dutchman' gilt als resistent gegenüber Mycosphaerella und Xanthomonas. Im Lagerbereich wurde die altbewährte Sorte ‚Lennox' auf 45 % der Schläge angebaut. Die Sorte ‚Lennox' ist sehr widerstandsfähig gegenüber Pilzkrankheiten und lässt sich gut lagern, außerdem gilt sie als robust gegenüber dem Zwiebelthrips *Thrips tabaci* (VAN DE STEENE et al., 2003). Auf 26 % der Schläge bauten die Demonstrationsbetriebe Weißkohl zusammen mit Rotkohl an. Dabei handelte es sich um die Standard-Rotkohlsorten ‚Rodima', ‚Rodon' und ‚Futurima'. In den Vergleichsbetrieben wurden insgesamt 20 verschiedene Kohlsorten (Weißkohl, Spitzkohl, Rotkohl und vereinzelt Wirsingkohl) angebaut. Es handelte sich vorrangig um die gleichen Sorten wie in den Demonstrationsbetrieben, jedoch mit unterschiedlichem Anbauumfang. Die Hauptsorten waren ‚Lennox', ‚West Frisia' und ‚Storima'. Es stehen seit längerer Zeit Frischkohlsorten mit Resistenzeigenschaften gegenüber einigen Kohlschädlingen sowie Virus-, Bakterien- und Pilzkrankheiten zur Verfügung (KRISTOF & DEBRECENI, 2003). Diese werden vom Markt aber nicht immer nachgefragt. Auch kann nach SCHLAGHECKEN (2004) nur begrenzt auf resistente Sorten zurückgegriffen werden, da beispielsweise die Resistenz von ausgeschriebenen kohlhernieresistenten Sorten (z. B. Kilaton,

Kilajack, Tekila) von den örtlich verbreiteten Pathotypen von *Plasmodiphora brassicae* abhängt (HOMMES, 1984; HUCKE, 2015).

Vorfrucht

In den Demonstrationsbetrieben im **Möhrenanbau** wurden als Vorfrucht zu Möhren im Projektzeitraum von 2014 bis 2018 auf rund 37 % der Schläge Gemüsearten wie z. B. Kürbis, Radies, Bundzwiebeln und Spinat angebaut. Auf rund 29 % der Schläge wurden Blattfrüchte als Vorfrucht angebaut (Zuckerrübe, Möhre, Kartoffeln). Auf rund 23 % der Schläge wurde Wintergetreide und auf rund 6 % Sommergetreide als Vorfrucht angebaut. Die Getreidevorfrüchte waren vorrangig in einem Möhrenbetrieb zu finden, da dieser Ackerbau und Möhrenanbau betrieb. In den Vergleichsbetrieben waren die Vorfrüchte verschiedene Gemüsearten, Blattfrüchte, aber oft auch Getreidearten (>50 %).

In der JKI-Leitlinie zum IPS in Möhre heißt es: „Maßnahmen gegen Bodenmüdigkeit und insbesondere zur Vorbeugung des Befalls mit *Pratylenchus* spp. sowie anderen Nematodenarten sollen ergriffen werden. Dazu gehören das Einhalten einer Anbaupause (Empfehlung 4-5 Jahre), der Anbau sinnvoller Vorkulturen in der Fruchtfolge (z. B. Getreide, Porree, Zwiebeln und Kohlarten) sowie der Anbau von Zwischenfrüchten (z. B. Ölrettich, Sandhafer, Tagetes)." (FREIER et al., 2015b). Anbaupausen von vier Jahren wurden in den Demonstrationsbetrieben durch Flächentausch mit anderen Landwirtinnen und Landwirten oder durch die Zupachtung von Flächen in den meisten Fällen eingehalten. Aufgrund ökonomischer Zwänge kam es gelegentlich auf einzelnen Flächen zu häufigem Anbau von Möhren. Auf den jeweiligen Flächen wurden dann auch erhöhte Werte von Nematoden und Chalarapilzen nachgewiesen. Getreidevorfrüchte eignen sich insbesondere zur Vorbeugung von Nematodenbefall (z. B. *Meloidogyne hapla*) und Drahtwurmbefall (Larven von *Elateridae* sp.). Kartoffeln erhöhen dagegen das Befallsrisiko durch Drahtwürmer in der Möhrenkultur (SCHEPL & PAFFRATH, 2010). Zur Vorbeugung von Nematodenbefall im Boden versuchte ein Betrieb die Fruchtfolge durch Zwischenfruchtanbau mit Tagetes zu bereichern. Es blieb jedoch bei dem einmaligen Versuch, denn die Zwischenfrucht lief sehr langsam auf und der Aufwand war insgesamt sehr kostenintensiv (Saatgut, Spezialsaatmaschine).

In den Demonstrationsbetrieben für **Kohlanbau** war die Wahl der Vorfrucht im Projektzeitraum (2014 bis 2017 bzw. 2018) aufgrund der unterschiedlichen Anbauspektren der Kohlbetriebe wie folgt:

In SH bauten die Betriebe neben Kohl auch ackerbauliche Kulturen wie z. B. Getreide und Zuckerrüben an. Die Vorfrüchte waren dementsprechend meist Wintergetreide (24 %), Sommergetreide (10 %) und Kohl (7 %). Die spezialisierten Gemüsebaubetriebe in NW bauten neben Spitzkohl andere Kohlarten wie Brokkoli, Blumenkohl, Chinakohl, Weißkohl, Rotkohl, Grünkohl, Wirsing und Kohlrabi sowie verschiedene andere Gemüse-, Obst- und Kräuterkulturen an. Die Vorfrucht zu Kohl war meist Kohl (22 %), sonstige Gemüse-, Obst-, Kräuterkulturen (19 %), Wintergetreide (12 %) und Sommergetreide (4 %). Die Vergleichsbetriebe der gleichen Anbauregionen bauten als Vorfrucht zum Kohl auf 64 % der Schläge Getreidekulturen, auf 14 % der Flächen andere Gemüsekulturen, auf 13 % der Flächen Kohlarten und auf 8 % der Schläge Blattfrüchte an. Die regionalen Unterschiede entsprachen denen in den DIPS.

In der JKI-Leitlinie zum IPS im Weißkohl heißt es: „In der Fruchtfolge sollten Weißkohl und andere Kreuzblütler nur maximal alle 4 Jahre angebaut werden. Bei geringem Auftreten pilzlicher Schaderreger kann die Anbaupause reduziert, bei Kohlherniebefall muss sie verlängert werden. Vor dem Weißkohl sollten sinnvolle Vorkulturen (z. B. Getreide, Porree, Zwiebeln, Möhren) und/oder Zwischenfrüchte (z. B. Phacelia, Sandhafer, Tagetes) angebaut werden." Für eine bessere Fruchtfolge wurden die Flächen mit benachbarten Landwirtinnen und Landwirten getauscht, allerdings konnten in der Praxis, insbesondere in NW, keine 4 Jahre Anbaupausen eingehalten werden.

Zu kurze Anbaupausen und Selbstfolge von Kohlkulturen und Möhrenkulturen sind aus phytosanitären Gründen durchaus kritisch zu sehen, lassen sich in intensiven Gemüsebaugebieten jedoch nicht immer vermeiden. Darüber hinaus entstehen grüne Brücken durch den satzweisen Anbau von Kohl- und Möhren über die gesamte Vegetationsperiode hinweg sowie durch die Nähe oder gar Nachbarschaft zu anderen Kohl- oder Möhrenkulturen oder Wirtspflanzen bestimmter Schädlinge.

7.1.2. Aussaat-/Pflanztermin

Der satzweise **Möhrenanbau** erstreckt sich vom Frühjahr bis in den Spätherbst, um den Markt kontinuierlich zu beliefern. Die Kulturzeit der Möhren beträgt rund 80 bis 90 Tage. Der Aussaattermin richtet sich nach dem gewünschten Erntezeitpunkt und bei Lagermöhren nach der Lagerkapazität bzw. den Absatzmöglichkeiten für die frühen Möhren. Des Weiteren wird der Aussaattermin durch die Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Aussaat sowie Sorteneigenschaften beeinflusst. In Abhängigkeit von der Region und dem Verwendungszweck unterscheiden sich die Aussaatklassen im Möhrenanbau. Die frühen Möhrensätze (Wasch- und Bundmöhren) werden in RP ab Februar bis Ende März gesät, unter Verfrühungsvlies kultiviert und im Juni geerntet. Die mittleren Möhrensätze werden ab Ende März/Anfang April bis Mai gesät und im August/September geerntet. Die späten Möhrenkulturen werden meist Mitte/Ende Mai bis Ende Juni gesät und im Oktober/November geerntet. Im Lagermöhrenanbau in NW wurden die frühen und mittleren Möhren ca. im März-April ausgesät, mit dem Ernteziel August. Die Lagermöhren und „Halloween-Möhren“ (Rote Sorte) wurden ca. Ende Mai ausgesät, mit dem Ernteziel Ende Oktober bzw. Anfang November.

Im **Kohlanbau** zeigt sich ein vergleichbares Bild. In NW wird der Kohl satzweise über die gesamte Vegetationsperiode hinweg kultiviert (März bis September). Im März werden die Frühsorten gepflanzt, z. T. unter Vlies und Lochfolie zum Schutz vor Kälte und auch Schädlingen. Nachfolgend wird Sommer- und Herbstkohlanbau betrieben. Frühe und mittelfrühe Sorten benötigen 55 bis 95 Entwicklungstage, mittelspäte und späte Reifegruppen benötigen 90 bis 160 Tage bis zur Ernte.

In SH wird Frühkohl ab Mitte Juni bis etwa Mitte September geerntet. Dieser ist größtenteils für den Frischmarkt bestimmt. Ab Anfang September bis etwa Anfang Oktober wird der Herbstkohl geerntet, welcher vorwiegend für die industrielle Verarbeitung bestimmt ist. Winterkohl wird ab Ende September geerntet und kann bei optimalen Bedingungen bis in den Sommer hinein gelagert werden. Durch die Lagerung in Kühllagern können sowohl der Frischmarkt als auch die Industrie ganzjährig beliefert werden. Ein Großteil des erzeugten Kohls in SH wird eingelagert.

7.1.3. Nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen

In den Demonstrationsbetrieben mit **Möhrenanbau** wurden im Projektzeitraum (2014 bis 2018) verschiedene nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen demonstriert. Die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bewerteten die durchgeführten Maßnahmen in Abstimmung mit den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern hinsichtlich ihrer Praktikabilität und zusätzlich hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz. Darüber hinaus wurden Informationen aus den Interviews, Berichten und Projekttreffen zusammengetragen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden nachfolgend deskriptiv beschrieben.

Auf den Demonstrationsflächen eines Möhrenbetriebes wurde im Jahr 2015 eine **mechanische Hacke** eingesetzt. Die gehackte Fläche entwickelte sich im Vergleich zur Herbizidbehandelten Fläche zunächst besser, was im Laufe der Kulturzeit jedoch wieder ausgeglichen wurde. Weiterhin wurde auf der unbehandelten Fläche ein sehr starker Nützlingsbesatz mit Florfliegen- und Marienkäferlarven beobachtet. Insgesamt konnte mithilfe der mehrmaligen mechanischen Unkrautbekämpfung der gleiche Erfolg wie bei der Anwendung von Herbiziden erzielt werden, allerdings war es dazu notwendig, das Unkraut in der Nähe der Möhrenreihen per Handhacke zu entfernen. Der Mehraufwand für die maschinelle Hacke lag in diesem Betrieb bei 540 Euro pro Hektar, die zusätzlichen Kosten für die Handhacke nicht inbegriffen. Im Jahr 2016 wurde diese Strategie mit einer anderen Hackmaschine auf einem anderen Betrieb erfolgreich demonstriert. Ein direkter Vergleich war wegen der unterschiedlichen Aussaattermine der Flächen jedoch nicht möglich. Die Projektbetreuung beobachtete auf beiden Flächen mit mechanischer Unkrautbekämpfung stärkere Fraßschäden durch Erdraupen- und Möhrenfliegenlarven. Trotz der erheblichen Zusatzkosten investierten die Möhrenbetriebe zunehmend in moderne Hacktechnik. Ausschlaggebend dafür war, dass in einigen Kulturen kaum noch zugelassene Herbizide zur Verfügung stehen und die Abnehmer hohe Anforderungen im Bereich Rückstandsgehalte von Pflanzenschutzmitteln haben. Ergänzend zur Herbizidstrategie wurde die **Handhacke** zur Regulierung von Problemunkräutern wie Kreuzkraut, Knöterich und Amaranth in allen Betrieben genutzt. Nach milden Wintern mussten auch Durchwuchskartoffeln per Hand gehackt werden. Beim händischen Unkrauthacken musste

darauf geachtet werden, dass der Herbizidfilm auf den Dämmen nicht zerstört wurde. Der finanzielle Mehraufwand durch den Einsatz der Handhacke war wegen des Zeitaufwands sehr hoch. Aufgrund ihrer hohen Effektivität und in Ermangelung von Alternativen wird diese Maßnahme auch zukünftig durchgeführt. Das **Abflammen** wurde im Jahr 2018 in zwei Demonstrationsbetrieben auf jeweils zwei Flächen demonstriert. Das Verfahren wurde 2 bis 3 Wochen nach dem Ziehen der Dämme im Vorauflauf erfolgreich durchgeführt. Die Kosten pro Hektar betrugen zwischen 200 und 300 €. Ein Betrieb war von dem Verfahren überzeugt und investierte 2018 in die Anschaffung eines Abflammgerätes. Auf den Flächen eines Möhrenbetriebs wurde in den Jahren von 2015 bis 2018 das biologische Fungizid **Contans WG** (Wirkstoff: *Coniothyrium minitans* Stamm) gegen *Sclerotinia sclerotiorum* angewendet. Mit der kombinierten Ausbringung von Kalkstickstoff und Contans WG in der Vegetationsperiode konnte der Betrieb positive Erfahrungen machen. Die Wirkstoffe ergänzten einander gut und es traten nur sehr geringe Probleme mit Fäulnis im Lager auf. Entscheidend war jedoch der Zeitpunkt der Anwendung. Die Kalkstickstoffdüngung sollte rund 14 Tage vor der Aussaat und die Anwendung von Contans WG direkt vor der Saat erfolgen. Bei Kalkstickstoff war zunächst Trockenheit bei der Ausbringung und Regen vor der Saat nötig. Eine konkrete Aussage über die Wirkleistung konnte nicht getroffen werden. Nach Aussage der Experten des Pflanzenschutzdienstes, die über langjährige Versuchserfahrungen mit diesem Präparat verfügen, sind aussagekräftige Ergebnisse nur bei großem Probenumfang zu erwarten, der im Rahmen dieses Projektes jedoch nicht realisiert werden konnte. Da es sich bei Contans WG um ein teures und selektives Pflanzenschutzmittel handelt, sollte fachliche Beratung zu Rate gezogen werden. Der Demonstrationsbetrieb wendete Kalkstickstoff und Contans WG zum Ende des Projektes flächendeckend an und beugte somit Sclerotinia-Befall erfolgreich vor. In den Jahren 2015 und 2016 wurde der Einsatz von **Kulturschutznetzen** in zwei Möhrenbetrieben demonstriert. Über die Wirksamkeit der Maßnahme konnten kaum Aussagen getroffen werden. Ein Grund war der geringe Möhrenfliegenflug während der Schutznetzauflage. Außerdem führten die aus arbeitstechnischen Gründen ausbleibenden Fungizidbehandlungen zu einem feuchten und warmen Kleinklima unter der Netzabdeckung zu erhöhtem Pilzdruck und zu schlechter Laubqualität der Möhren. Wegen des meist geringen Befallsdruckes durch die Möhrenfliege und des hohen Arbeits- und Kostenaufwands werden die Netze von den Betrieben künftig nicht weiter genutzt. Der versuchsweise Einsatz von **Kalkstickstoff** in Möhren, im Jahr 2015, zeigte in einem Möhrenbetrieb eine breite Nebenwirkung gegen bodenbürtige Krankheiten (u. a. Sklerotinia) und Unkräuter. Auch konnte ein Vergrämungseffekt bei Mäusen bei einer Randbehandlung beobachtet werden. Die Maßnahme soll auch nach dem Projekt weitergeführt werden, da sie die Lagerstabilität der Möhren verbessert.

Zur Förderung der Biodiversität einschließlich Nützlingsförderung und zur Außenwirkung tendieren einige Gemüsebäuerinnen und Gemüsebauern mittlerweile dazu **Blühstreifen** auf Stilllegungsflächen anzulegen. In NW legte ein Demonstrationsbetrieb zwei Jahre in Folge einen Blühstreifen neben seinen Möhrenflächen an. Dieser wurde während des Jahres sehr gut von Insekten besucht. Jedoch förderte der Blühstreifen sowohl das Auftreten von Nützlingen wie auch von Schädlingen (u. a. Mäuse, Möhrenfliegen und Gammaeulen). Mäusen bot der Blühstreifen gute Lebensbedingungen. Um enormen Ertragsverlusten durch Mäusefraß vorzubeugen, wurde daher zwischen dem Blühstreifen und den Möhren ein 10 Meter breiter Streifen brach gehalten. Bei den aktuellen Pachtpreisen ist dieses Vorgehen als ökonomisch fraglich einzuschätzen. Die Anlage des Blühstreifens war mit zusätzlichem Aufwand für die Aussaat und die Pflege (Bewässerung, Mulchen) verbunden. Sonnenblumen traten im Folgejahr verstärkt als Unkräuter in der Möhrenkultur auf. Auch ein lückiger Feldaufgang des Blühstreifens und damit verbunden eine unzureichende Unterdrückung konkurrenzstarker Unkräuter wie z. B. Melde und Schwarzer Nachtschatten waren problematisch. Der Landwirt sah neben der positiven Wirkung für die Öffentlichkeit keinen Nutzen darin die Anlage von Blühstreifen weiterzuführen. Zur Förderung der natürlichen Mäuseregulierung durch Greifvögel wurden im Jahr 2014 **Sitzkrücken** in einem Demonstrationsbetrieb für Möhren installiert. Nach der aufwendigen Anbringung entstanden jährlich 1 bis 2 Wartungsarbeiten pro Hektar. Je kleiner die Fläche war, desto öfter behinderten die Sitzkrücken Maschinenarbeiten. Ein positiver Effekt auf das Mäuseauftreten ließ sich nicht nachweisen. Die Sitzkrücken werden auch nach Projektende zusammen mit Feldmausgräben und dem Einsatz von Kalkstickstoff ein wichtiger Bestandteil des Mäusemanagements in dem Möhrenbetrieb sein. Im Jahr 2018 zog der rheinländische Möhrenbetrieb **Mäusegräben** an seinen Flächen. Wegen der kleinen Flächengröße und den

großen Distanzen zwischen den Schlägen ist diese Maßnahme, d. h. das Ziehen und die Pflege der Gräben, sehr kostspielig. Da andere Maßnahmen gegen die Feldmäuse (u. a. Sitzkrücken, Legeflinten) den Befall nicht unter Kontrolle brachten entschied sich der Betrieb dennoch für die physikalische Barriere und schaffte sich für extreme Jahre mit hohem Mäusevorkommen eine Grabenfräse aus dem Straßenbau an.

Auch in den Demonstrationsbetrieben für **Kohlanbau** wurden im Projektzeitraum (2014 bis 2017 bzw. 2018) verschiedene nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen demonstriert. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bewerteten die durchgeführten Maßnahmen in Abstimmung mit der Projektbetreuung hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Effektivität und Effizienz (Abb. 55). Die gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden dargestellt.

Die **mechanische Unkrautbekämpfung mit Hacke** nach der Pflanzung wird in den Betrieben in Dithmarschen schon seit Jahrzehnten erfolgreich umgesetzt. Nach einer Vorauflaufbehandlung mit Herbiziden wird ein- bis zweimal maschinell gehackt. Das Öffnen der Bodenkrume begünstigt das Kohlwachstum nach Aussage der Projektbetreuung enorm. Einzige begrenzende Faktoren waren die Witterung während des Einsatzes, der Wassergehalt im Boden und die nachfolgende Witterung. Unter feuchten Witterungsbedingungen nahm die Schlagkraft ab, denn größere Unkräuter wuchsen wieder an. Zwischen den Reihen musste je nach Reihenschluss ggf. per Hand gehackt oder gejätet werden. In NW stellte die mechanische Unkrautbekämpfung im Spitzkohl eine echte Alternative zu Herbizidbehandlungen dar. Solange die Witterungsbedingungen zum Hacken günstig waren, wurden keine Herbizide benötigt. Der Einsatz von Kalkstickstoff und die regelmäßigen Hackmaßnahmen waren somit oft ausreichend. Außerdem wurde die Reihenhacke mit Kameralenksystem Row-Guard erprobt. Dieses Verfahren war im Vergleich zur Herbizidbehandlung deutlich teurer, daher wurde die Herbizidstrategie durch das Unkrauthacken lediglich ergänzt. Das mechanische Unkrauthacken wurde aus den genannten Gründen mit 7 Punkten für die Praktikabilität (Umsetzbarkeit), 6 Punkten für die Effizienz (Verhältnis Kosten/Nutzen) und 7 Punkten für die Effektivität (Grad der Zielerreichung) bewertet. Ein Demonstrationsbetrieb erprobte das **Unkrautstriegeln** nach der Kohlpflanzung. Diese Methode war noch stärker als das zuvor beschriebene Unkrauthacken von der Witterung abhängig. Der Erfolg einer Striegelmaßnahme hing des Weiteren vom Einsatzzeitpunkt, der Einstellung und der Fahrweise des Striegels ab. Der Zeitpunkt des Striegelns sollte so gewählt werden, dass die Unkräuter noch im Keimblattstadium sind, denn weiter entwickelte Unkräuter können sich nach dem Striegeln teilweise regenerieren. Weiterhin müssen die Weißkohljungpflanzen zum Zeitpunkt der Striegelmaßnahme ausreichend angewachsen sein, um Pflanzenverluste zu vermeiden. Nicht ausreichend angewachsene Kohlpflanzen wurden durch die Striegelmaßnahme herausgerissen, so dass das Striegeln daraufhin abgebrochen werden musste. Durch ausgiebige Niederschläge und einen fortgeschrittenen Entwicklungsstand des Weißkohls war der Boden anschließend zu nass bzw. der Weißkohlbestand zu dicht, um eine wirkungsvolle Striegelmaßnahme durchzuführen. Der Einsatz des Striegels wurde vergleichsweise schlecht bewertet mit 3 Punkten für die Praktikabilität, 4 Punkten für die Effizienz und 3 Punkten für die Effektivität. Dennoch kann eine Striegelmaßnahme eine interessante Alternative zu Herbizidmaßnahmen sein. Aus Sicht der Betriebsleitung/Projektbetreuung hat der Striegel das Potential, das Unkraut im Weißkohlanbau herbizidfrei und erfolgreich zu regulieren. Durch den Einsatz der **Handhacke** konnten Unkrautnester und Problemunkräuter effektiv reguliert werden (9 Punkte). Wie auch im Möhrenanbau gilt die Maßnahme als notwendiges Übel, da sie zeitaufwendig und damit kostenintensiv ist. Aus diesem Grund wurde die Effizienz der Maßnahme mit 1 Punkt bewertet. Da zwischen der Kohlpflanzung und -ernte oft Arbeitsleerlauf entsteht, wurde die Beschäftigung der Arbeitskräfte in den Betrieben in Dithmarschen durch Hacken und Jäten gesichert. Die Effizienz der Maßnahme wurde mit 8 Punkten bewertet. Zwei Demonstrationsbetriebe in NW erprobten den Einsatz von **Kulturschutznetzen.** Pflanzenschutzmittelanwendungen gegen Schadinsekten konnten unter den gegebenen Bedingungen eingespart werden. Problematisch waren auf den Flächen vorhandene Eulenfalter im Puppenstadium und die Eiablage von Schadschmetterlingen sobald das Netz nicht unverzüglich aufgelegt wurde. Distelnester hoben das Netz an und ermöglichten die Migration von Schädlingen. Im Jahr 2016 trat auf einer abgedeckten Fläche Kohlmottenbefall auf, der behandelt werden musste. Da unter Kulturschutznetzen nur wenige Nützlinge zu finden sind kann ein vermeintlich auftretender Schädlingsbefall nicht natürlich

reguliert werden. Die Qualität der Pflanzen unter dem Netz war sehr gut, das Netz wirkte besonders in späten Kohlpflanzungen als Verdunstungsschutz. Die Erntereife wurde durch das Netz früher erreicht. In mittleren und späten Sätzen konnte jedoch festgestellt werden, dass die feuchten Bedingungen unter dem Netz zu einem erhöhten Infektionsrisiko für Pilzkrankheiten führten. Trotz der beschriebenen Probleme waren beide Betriebe mit dem Einsatz des Kulturschutznetzes zufrieden und werden diese auch nach dem Projekt weiterverwenden.

Die Weiße Fliege war nicht bekämpfungswürdig, möglicherweise, weil die Lichtreflexion des weißen Kunststoffnetzes Repellentwirkung hatte. Jedoch entstand ein hoher Arbeitsbedarf zum Auf- und wieder Abdecken der Netze nach jeder Kulturmaßnahme. Insgesamt benötigt man eine hohe Schlagkraft, um in Zeiten hoher Arbeitsbelastung Kulturmaßnahmen unter dem Netz termingerecht umzusetzen. Der Mehraufwand würde von den Abnehmern jedoch preislich nicht honoriert. Eine Möglichkeit böte eine „Netzgemeinschaft“ zur Anschaffung teurer Technik wie z. B. eines pneumatischen Düngerstreuers zur Ausbringung feiner Kalkstickstoffsiebungen, so dass eine von insgesamt vier Netzaufdeckungen, nämlich bei der Ausbringung des Kalkstickstoffs, nicht mehr erforderlich wäre. Die Netzabnahme und das anschließende Hacken könnten an ein Lohnunternehmen ausgelagert werden. Auch sei der Anbau von Kohlarten wie Chinakohl, die einem höheren Preissegment angehören, denkbar. Auf großen Schlägen wie in Dithmarschen (bis zu 25 ha) war der Einsatz der Kulturschutznetze nicht sinnvoll. Aus den beschriebenen Gründen wurde der Einsatz von Kulturschutznetzen mit 4,5 Punkten für die Praktikabilität, Effizienz und Effektivität bewertet. Mit dem Einsatz von **Kalkstickstoff** als Stickstoffdünger vor und nach der Kohlpflanzung konnte von seiner breiten Zusatzwirkung hinsichtlich Unkrautunterdrückung, Vorbeugung von Kohlhernie, Mäusevergrämung und Förderung der Lagerstabilität des Kohls profitiert werden. Die Ausbringung erfolgte maschinell u. a. mittels Kastenstreuer und Prallteller. Der Einsatz von Kalkstickstoff ist im Rheinland bewehrt, um den Bestand gesund zu halten. In den Betrieben in Dithmarschen wird wegen des geringen Kohlherniedrucks, hohen Mittelkosten und der neuen Düngeverordnung von dem Einsatz von Kalkstickstoff abgesehen. Der Einsatz von Kalkstickstoff, zur Ausnutzung der phythosanitären Nebeneffekte, wurde mit 8 Punkten für die Praktikabilität und 7 Punkten für die Effizienz und Effektivität bewertet.

Weitere durchgeführte Maßnahmen

Im Projekt wurden in beiden Kohlanbauregionen ***Bacillus thuringiensis*-Präparate** zur Bekämpfung der Kohlmotte angewendet. Es zeigte sich, dass *B.t.*-Präparate bei höheren Temperaturen besser wirkten und keine oder nur kurze Wartezeiten eingehalten werden müssen. Nachteilig war jedoch, dass nur junge Raupenstadien erfasst wurden. Deshalb wurde auch häufig auf Steward zurückgegriffen. Im Rheinland war die Wirkung von *B.t.*-Präparaten auf Zahnflügelfalter im Möhrenanbau nach einmaliger Testung weniger überzeugend als die von Pyrethroiden.

In Dithmarschen legten zwei Kohlbetriebe **Blühstreifen** im Rahmen des „Greenings“ als ökologische Vorrangflächen auf Teilflächen an. Die Bereitschaft erwuchs aus der Diskussion zum „Insektensterben“. Die angelegten Blühstreifen sollten zum einen das Image der Landwirtschaft in der Öffentlichkeit verbessern und zum anderen ein gutes Beispiel für andere Landwirtinnen und Landwirte sein, um Hemmnisse bei der Anlage von Blühstreifen abzubauen. Die einjährigen Blühstreifen (Tübinger Mischung) dienten beispielsweise Wildbienen, Nützlingen und anderen Tieren als Nahrungs-, Fortpflanzungs- und Rückzugsbiotop. Nur in einem Streifen wurde ein erhöhtes Blattlausauftreten in einem Jahr beobachtet. Ein rheinländischer Kohlbetrieb legte ab 2015 regelmäßig Blühstreifen auf einer Demonstrationsfläche an, um das Nützlingsauftreten zu fördern. Dieser wurde sehr gut von Insekten besucht. Problematisch war der lückenhafte Feldaufgang, so dass konkurrenzstarke Unkräuter wie z. B. Melde oder Schwarzer Nachtschatten nicht ausreichend unterdrückt wurden. Die Sonnenblume aus der Blühmischung trat darüber hinaus in Folgekulturen als Problemunkraut auf und wurde von den Herbizidmaßnahmen nicht erfasst. Die Erfahrungen waren dennoch überwiegend positiv.

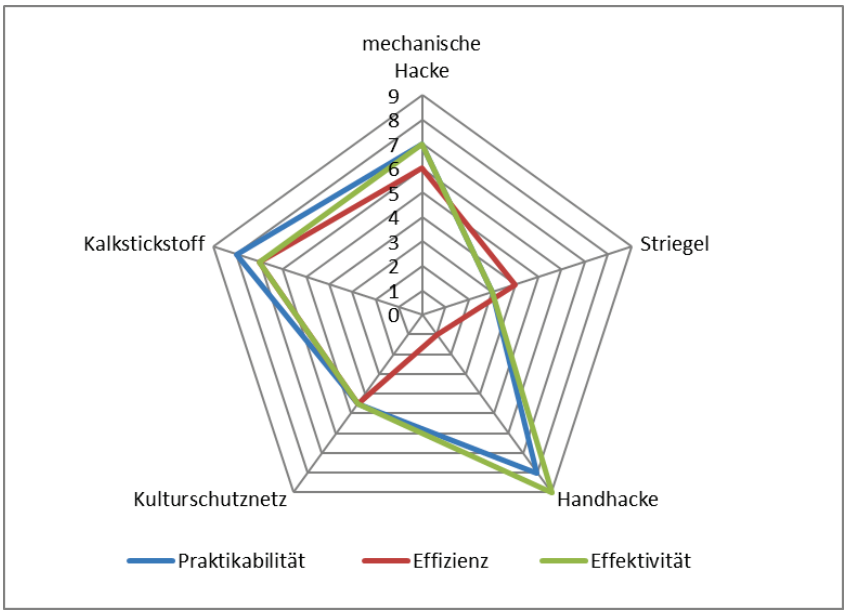


Abb. 55. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen, biologischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau (2014-2018).
subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend).

7.2. Monitoring im Gemüsebau

Die Bestandsüberwachung in den Möhren und Kohlbetrieben erfolgte nach Vorgabe des JKI-Leitfadens zum integrierten Pflanzenschutz. Der Boniturumfang unterschied sich je nach Projektbetreuer, zudem wurden die Boniturmethoden im Projektverlauf angepasst und optimiert. In die Auswertung einbezogen wurden die Projektjahre 2014 bis 2018. Das erste Projektjahr 2014 diente der Bestandsaufnahme, da die Kulturplanung und Flächenbelegung zum Zeitpunkt des Projektbeginns schon abgeschlossen waren. Nachfolgend wird das Befallsmonitoring für die Kulturen Möhre und Kohl erläutert. Die Informationen stammen aus der Datenauswertung und sind aus den Berichten zusammengetragen. Auf die Darstellung und Auswertung der Einzeljahre wurde aufgrund von häufigen Wechseln in der Projektbetreuung und somit stark schwankenden Datensätzen zum Monitoring verzichtet.

Im **Möhrenanbau** erfolgte die Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen der Betriebe ab dem Zeitpunkt der Aussaat (Mitte/Ende April) wöchentlich. An einem Boniturtag wurden in der Regel mehrere Schaderregerkategorien bonitiert. Monitoringmaßnahmen wurden pro Schlag und Jahr an durchschnittlich 13 d mit einem Gesamtzeitaufwand von 10 h durchgeführt (Tab. 31). An nahezu allen Boniturterminen wurden Schädlinge bonitiert. Der durchschnittliche Zeitaufwand für die Überwachung von **Schädlingen** summierte sich auf 6 ½ h je Schlag und Jahr, wobei eine Bonitur etwa eine Viertelstunde Zeit in Anspruch nahm. Die Schädlingsbonituren erfolgten an insgesamt 12 d pro Jahr und Schlag.

Tab. 31. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Gemüsebau im Möhrenanbau (2014-2018), Frischkohlanbau (2014-2018) und Lagerkohlanbau (2014-2017)
Boniturtermine: durchschnittliche Anzahl Boniturtage gesamt und je Schaderregerkategorie pro Schlag und Jahr. Boniturzeit: durchschnittliche Boniturzeit gesamt und je Schaderregerkategorie pro Schlag und Jahr in Minuten. I = Insekten, F = Krankheiten, R = Nagetiere, H = Unkräuter

	Boniturtermine [Tage]					Boniturzeit [min]				
Kultur	**I**	**F**	**R**	**H**	**gesamt**	**I**	**F**	**R**	**H**	**gesamt**
Möhren	12,4	9,9	3,4	11,4	13,0	385,9	135,8	21,0	58,8	601.5
Frischkohl	8,9	5,8	0,0	6,9	8,9	315,6	85,6	0,0	31,0	432,2
Lagerkohl	9,3	4,9	0,0	4,0	11,1	134,9	40,8	0,0	39,1	241,8

Die Überwachung der Schädlinge nahm damit den größten zeitlichen Aufwand am Befallsmonitoring ein. Während des Projektes wurden insgesamt 1463 Schädlingsbonituren durchgeführt. Bonitiert wurden Möhrenfliege, Mehlige Möhrenblattlaus, Möhrenminierfliege, Möhrenwurzellaus, saugende Insekten im Allgemeinen, Eulenarten (Noctuidae), Zahnflügelfalter und freifressende Schmetterlingsraupen. Zum Teil wurde auch der Nützlingsbesatz mit bonitiert. In den Möhrenbeständen wurden ab dem BBCH 10 (Keimblätter voll entfaltet) wöchentlich zur Blattlausbonitur Klopfproben sowie Bonituren auf Laub- und Fraßschäden (Insekten, Mäuse) durchgeführt. Im Projekt traten Blattläuse oftmals unterhalb der Schadschwelle auf. Auch die Möhrenminierfliege und Möhrenwurzellaus stellten kein wesentliches Problem dar. Nachfolgend wird das Monitoring der im Möhrenanbau bedeutendsten Schädlinge näher erläutert.

Das Auftreten des Hauptschädlings, die **Möhrenfliege** (*Psila rosae*), wurde mit Hilfe von Orangetafeln während des gesamten Kulturverlaufs überwacht. Pro Schlag erfolgten rund 13 Bonituren mittels Orangetafeln, mit einem durchschnittlichen Zeitaufwand zur Kontrolle der Tafeln von 16 Minuten. Der Schädling hat aufgrund des intensiven Möhrenanbaus in der Region Pfalz ein hohes Vermehrungspotential. Das Prognosemodell PSIROS wurde zur Berechnung der Populationsentwicklung und Überwachung der ersten Generation Möhrenfliegen herangezogen. Ableitend von der Prognose wurde das Aufstellen der Orangetafeln terminiert und das Auftreten der zweiten und dritten Möhrenfliegengeneration mit Hilfe der Tafeln ermittelt. Die Tafeln wurden auf den Demonstrationsflächen aller Betriebe von Ende April bis zur Ernte des letzten Möhrensatzes, Anfang November, verwendet. Neben der Flugüberwachung des Schädlings galt diese Methode als Hilfsmittel, um unter Einbeziehung der regionalen Bekämpfungsschwelle, die Notwendigkeit einer Insektizidbehandlung abzuschätzen. Es zeigte sich, dass der Möhrenfliegenbefall standortspezifisch sehr unterschiedlich ausfiel. Trotz vorhandener Schadschwellen konnte die Projektbetreuung an trockenen Standorten sowie in windoffenen Lagen jedoch keine Korrelation zwischen Flugaktivität und Fraßschaden feststellen. Im Rheinland trafen die Schadschwellen der Möhrenfliege zu, so dass bei verhältnismäßig wenigen Fängen auf eine Insektizidmaßnahme verzichtet werden konnte. Die Vermehrung und die Schadwirkung der Möhrenfliege schien in hohem Maß vom Kleinklima (Wärme, Luftfeuchtigkeit, Trockenheit u. a.) abhängig zu sein. Des Weiteren nahm die Randbepflanzung scheinbar Einfluss auf die Anzahl Möhrenfliegenfänge. Die regional unterschiedlichen Bekämpfungsschwellen für die Möhrenfliege basieren jeweils auf Erfahrungswerten sowie dem regional zu erwartenden Möhrenfliegendruck. Die Praktikabilität der Flugüberwachung mit Orangetafeln hing von der Entfernung der Schläge zueinander ab und dem damit verbundenen Aufwand für das Aufstellen, Einsammeln und Warten der Gelbtafeln. Zudem ließ sich diese Methode auf verfrühten, abgedeckten Schlägen nicht umsetzen, da sich die Möhrenfliegen unter den Abdeckungen (Vlies, Folie) nach ihrer Migration in die Möhrenkultur, während z. B. Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, unbemerkt ausbreiten konnten.

Zur Flugüberwachung der im Möhrenanbau drei wichtigsten Erdeulen-Arten (*Agrotis segetum*, *Agrotis ipsilon*, *Agrotis exclamationis*) wurden **Pheromonfallen** mit Dispensern in jedem Demonstrationsbetrieb installiert. Die Kontrolle der Fallen erfolgte an rund 12 Terminen pro Schlag mit einem durchschnittlichen Zeitaufwand zur Kontrolle der Fänge von 10 Minuten. Erdraupen können auf zusammenhängenden Flächen während der gesamten Vegetationsperiode mit mehreren Generationen auftreten. Die Aussagekraft über den wirtschaftlichen Schaden war trotz vorhandener Schadschwellen begrenzt, da bisher keine Korrelationen zwischen den Fallenfängen und den Fraßschäden an den Möhren zu erkennen waren. Die Projektbetreuung stellte nach 4 Jahren intensivem Monitoring (2015-2018) fest, dass im Anbaugebiet Pfalz die Arten *Agrotis exclamationis* und *Agrotis segetum* schädigend auftraten, während die Ypsiloneule (*Agrotis ypsilon*) kaum Bedeutung hatte. Im Rheinland traten alle drei Eulen-Arten schädigend auf. Über das Auftreten weiterer Erdraupen-Arten konnte keine Aussage getroffen werden. Darüber hinaus bestätigten die Erdraupen-Bonituren, dass Erdraupen durch trockene Bedingungen begünstigt werden. Beispielsweise begünstigte die Bewässerung mit „Regenkanonen“ den Erdraupenbefall auf den Möhrenflächen, da die Fläche im Vergleich zur Rohrberegnung verhältnismäßig trockener war. Außerdem stellte die Projektbetreuung fest, dass ein starker Unkrautbesatz den Befall in jungen Möhrenkulturen förderte, da die Erdraupen diese zur Eiablage nutzten.

Zahnflügelfalter (*Epermenia chaerophyllella*) sorgten in den Jahren 2016, 2017 und 2018 im Rheinland für ertragswirksame Schäden. Der Schädling war neben der Möhrenfliege und den Mäusen der bedeutendste

Schädling in dem Betrieb. Die Zahnflügelfalter wanderten von den Seitenrändern (Hecken, Grünstreifen etc.) der Möhrenflächen ein. Eine Bekämpfungsschwelle gab es nicht. In den Möhrenbetrieben in der Pfalz wurde der Schädling nicht bonitiert.

Die Überwachung des Auftretens von **Pilzkrankheiten** erfolgte während der gesamten Kulturzeit an durchschnittlich 10 d mit ca. 136 Minuten Gesamtzeitaufwand pro Schlag. Während des Projektes wurden insgesamt 527 Krankheitsbonituren durchgeführt. Bonitiert wurden: Cercospora-Blattflecken, Echter Mehltau, Möhrenschwärze (*Alternaria dauci*), Sclerotinia-Arten und *Erwinia carotovora*. Rund 25 % der Pilzbonituren erfolgten im Stadium der Blattentwicklung (BBCH 10-19), da schon hier die ersten Blattflecken auftreten können. 75 % der Pilzbonituren erfolgten im BBCH 41-49, d. h. ab Erntereife. Der zeitliche Aufwand lag im Durchschnitt bei 14 Minuten, mindestens 8 und maximal 30 Minuten je Monitoringmaßnahme. Zusätzlich konnten Spritzfenster zeigen, dass nicht jede Maßnahme durch den zu erwartenden Schaden wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Einige Laubkrankheiten brachten zwar Symptome, schienen jedoch keinen Einfluss auf den Ertrag zu haben. **Unkrautbonituren** wurden im Durchschnitt an rund 11 d je Schlag und Jahr durchgeführt. Der Gesamt-Zeitaufwand belief sich auf im Durchschnitt ca. 59 Minuten pro Schlag. Während des Projektes wurden insgesamt 609 Bonituren bzw. Feldbegehungen auf Unkräuter und Ungräser durchgeführt. Der zeitliche Aufwand einer Monitoringmaßnahme lag im Durchschnitt bei 5 Minuten, mindestens 4 und maximal 30 Minuten. **Mäusebonituren** wurden an rund 3 d je Schlag durchgeführt. Der Gesamt-Zeitaufwand belief sich auf im Durchschnitt ca. 21 Minuten je Schlag. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass die Mäusebonituren in nur einem Demonstrationsbetrieb durchgeführt wurden. Der Betrieb hatte regionsbedingt und im Gegensatz zu den anderen Möhrenbetrieben ein massives Mäuseproblem auf seinen Flächen. Während des Projektes wurden auf diesem Betrieb insgesamt 182 Mäusebonituren durchgeführt.

Außerdem erfolgten Bodenprobenanalysen auf Nematodenbesatz und Chalara, welche nicht in den Gesamt-Monitoringaufwand eingingen. Die Proben vor und nach der Kultur gaben Aufschluss über den vorhandenen Befallsdruck auf den Flächen und wurden als sinnvolle Maßnahme für den vorbeugenden Pflanzenschutz im Möhrenanbau eingeschätzt. Die Bodenuntersuchungen waren jedoch kostspielig und die Aussagekraft der ermittelten Nematodenanzahl (*Pratylenchus*-, *Paratylenchus*- und *Heterodera*-Larven) war trotz vorhandener Schadschwellen begrenzt, da der von Nematoden verursachte Schaden sehr stark von Umweltbedingungen sowie vom Unkrautbesatz abhing. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass bei Vorhandensein der Chalarapilze (*Chalara elegans*, *Chalaropsis thielaviopsis*) im Boden, sich der Befallswert durch den Anbau von Möhren deutlich erhöhen konnte. Kenntnis über den Befall ist relevant, da die Ware entweder für den Lebensmitteleinzelhandel frisch in Schälchen und mit Folie umwickelt verpackt oder längerfristig eingelagert wird. In einem Betrieb konnte ab 2015 auf aufwendige Bodenanalysen auf Erreger der Chalara-Fäule verzichtet werden, da der Demonstrationsbetrieb bei der Waschung der Möhren auf Brauchwasser verzichtete und stattdessen mit Frischwasser wusch, welches das Chalara-Risiko deutlich reduzierte.

Abschlussbonituren, welche zum Zeitpunkt der Ernte zur Erfassung des Gesundheitszustands der Möhren durchgeführt wurden gingen nicht in den Gesamt-Monitoringaufwand ein. Je Schlag betrug der Zeitaufwand für die Erfolgskotrolle ca. 2 h.

Im **Kohlanbau** wurden während der gesamten Kulturzeit (BBCH 0 bis 49) wöchentlich bzw. mindestens alle 10 Tage Monitoringmaßnahmen durchgeführt. Der zeitliche Aufwand für die Schaderregerüberwachung betrug im Durchschnitt 9 d im Frischkohl und 11 d im Lagerkohl. An einem Boniturtermin wurden in der Regel mehrere Schaderregerkategorien bonitiert. Es wurden Monitoringmaßnahmen zur Überwachung von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern durchgeführt (Tab. 31). Der Gesamtzeitaufwand für das Monitoring betrug je Schlag ca. 7 h im Frischkohl und ca. 4 h im Lagerkohl. Im Frischkohl wurden umfangreichere Schädlings- und Krankheitsbonituren durchgeführt als im Lagerkohl. Nachfolgend wird das Monitoring im Frisch- und Lagerkohl je Kategorie genauer erläutert.

Schädlingsbonituren erfolgten im Frisch- und Lagerkohl an insgesamt 9 d, d. h. an nahezu jedem Boniturtermin. Der durchschnittliche Zeitaufwand für die Überwachung von Schädlingen summierte sich auf 5 h im Frischkohl und 2 h im Lagerkohl je Schlag und Jahr, wobei eine Bonitur etwa eine Viertelstunde Zeit in Anspruch nahm. Die Überwachung der Schädlinge nahm sowohl im Frisch- als auch im Lagerkohl den größten zeitlichen Aufwand

am Befallsmonitoring in Anspruch. Während des Projektes wurden in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau insgesamt 1056 Schädlingsbonituren durchgeführt. Im Lagerkohl wurden die Kleine Kohlfliege, Rapsglanzkäfer, Mehlige Kohlblattlaus, Kohlmottenschildlaus, Freifressende Schmetterlinge (Großer Kohlweißling, Kleiner Kohlweißling, Kohlmotte, Kohleule), Thripse und Nützlinge bonitiert. Im Frischkohl wurden zusätzlich Kohldrehherzmücke, Kohlzünsler und verschiedene Eulenarten (u. a. Kohleule und Wintersaateule) bonitiert. Es wurden Bekämpfungsschwellen für die Kleine Kohlfliege, Mehlige Kohlblattlaus und Raupenarten (Kohlweißlinge, Kohlmotte, Kohleule) zur Einschätzung des Schädlingsbefalls herangezogen. Hierbei gilt zu beachten, dass je nach Vermarktungsziel unterschiedliche Schadschwellen für Lagerkohl und Frischkohl zur Anwendung kommen. Die **Kleine Kohlfliege** (*Delia radicum*) gilt als einer der bedeutendsten Schädlinge im Kohlanbau. Die erste Generation tritt im Frühjahr konzentriert auf und ist deswegen am gefährlichsten. Die zweite Generation der Kleinen Kohlfliege tritt im Spätsommer auf, der Befall ist wegen des versteckten Fraßschadens der minierenden Larven schwer erkennbar. Der Zuflug und die Eiablage wurden von der Projektbetreuung mittels Eimanschette, auch „Kohlfliegen-Kragen“ genannt, überwacht. Je Schlag waren im Rheinland 10 Eimanschetten notwendig, um den Zeitpunkt der Eiablage zu erfassen. In Dithmarschen wurden pro Schlag 25 bis 40 Eimanschetten nötig, da die Eiablage über das Feld häufig sehr ungleichmäßig erfolgte. Die Eimanschetten wurden pro Schlag rund 4-mal kontrolliert. Für die Landwirtinnen und Landwirte ist der Monitoringaufwand, von der Anbringung der vielen Eimanschetten bis hin zu regelmäßigen Kontrolle der Eimanschetten, kaum leistbar. Hinzu kommt, dass sich die Eimanschetten in den Spitzkohlbetrieben beim Einsatz der mechanischen Unkrauthacke als hinderlich erwiesen. Dennoch soll in den Rheinländischen Kohlbetrieben zukünftig nicht ganz auf dieses Hilfsmittel verzichtet werden. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass die Befallsüberwachung der Kleinen Kohlfliege mit Eimanschetten unter zuhilfenahme vorhandener Bekämpfungsschwellen und in Kombination mit dem computergestützten Simulationsmodell „SWAT“ eine gute Möglichkeit bietet, den optimalen Bekämpfungszeitpunkt festzulegen. „SWAT“ prognostiziert den Befallsverlauf der Kleinen Kohlfliege, d. h. die Anzahl Entwicklungsstadien, den Beginn und das Ende des Flugs sowie den Höhepunkt der Kohlfliegenpopulationen im Zeitverlauf. Dies vereinfacht die Bekämpfungsentscheidung und die Terminierung der Insektizidanwendung. In den Jahren 2015 und 2017 konnten in den Demonstrationsbetrieben positive Erfahrungen mit dem Prognosemodell gemacht werden. Im Jahr 2016 stimmte die „SWAT“-Prognose bzgl. des Kohlfliegen-Zuflugs jedoch nicht mit dem tatsächlichen Zuflug auf den Kohlschlägen überein. Im Rheinland wurde „SWAT“ aufgrund mehrerer Projektbetreuerwechsel und der Einarbeitungszeit in das Programm nur in den Jahren 2017 und 2018 zur Befallsüberwachung genutzt.

In Dithmarschen war das Monitoring von **Thripsen (***Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*) von besonderer Bedeutung. Thripse traten in der Region, in den vergangenen Jahren, vor allem bei warmer, trockener Witterung massiv auf. Im Lagerkohl kann der Schädling erhebliche Schäden anrichten und enorme Qualitätsminderungen sowie einen hohen Putzaufwand verursachen. Meist migrierten die Thripse nach der Getreideernte in die Kohlbestände. In Dithmarschen wurde der Schädling von 2015 bis 2017 mit 4 Blautafeln je Schlag überwacht. Die Blautafeln konnten bei der Abschätzung der Bekämpfungswürdigkeit der Thripse helfen und wenn nötig die Insektizidbehandlungen gezielt zum Flughöhepunkt der Thripse terminieren. Das Schadensausmaß ist von der Thripsart abhängig. Zwiebelthrips (*Thrips tabaci)* verursacht weitaus größere Schäden als der Kalifornische Blütenthrips (*Frankliniella occidentalis*). Das Auszählen der Thripse auf den Blautafeln und die Bestimmung der Thripsart mittels USB-Mikroskop erwiesen sich als sehr zeitaufwendig und schwierig. Das genaue Bestimmen der Thrips-Art ist somit durch die Betriebe kaum leistbar. Das Aufstellen von Blautafeln stellt dennoch ein wichtiges Monitoringwerkzeug dar. Im Rheinland wurden Thripse nur zu Beginn des Projektes mit 2 Blautafeln je Schlag überwacht. Die gefangenen Thripse verursachten jedoch keinen nennenswerten Schaden in der Spitzkohlkultur. Ab 2016 wurde in der Region auf die zeitaufwendigen Thrips-Bonituren verzichtet.

Auch die **Mehlige Kohlblattlaus** (*Brevicoryne brassicae*) trat in den rheinländischen Betrieben nur selten bekämpfungswürdig auf, weil die Nähe zu Winterwirten (anderen Kreuzblütlern wie Winterraps) nicht gegeben war und weil natürliche Prädatoren (u. a. Schwebfliegenlaven, Schlupfwespen) die Blattlaus-Population dezimierten. Zudem waren die mit Kulturschutznetzen bedeckten Flächen gut vor Befall geschützt. Dagegen

trat die Mehlige Kohlblattlaus in Dithmarschen jährlich unterschiedlich stark auf. Der Schädling bildete von Frühjahr bis September rund 20 Generationen aus. Warme und trockene Witterung begünstigte oft die Massenvermehrung von Kohlblattläusen. Auch im September/Oktober trat unter günstigen Witterungsbedingungen Spätbefall auf. Die Bonitur der geflügelten Entwicklungsstadien erfolgte mit Gelbschalen. Die Gelbschalenfänge der Mehligen Kohlblattlaus erlaubten Aussagen über eine Migration, nicht jedoch über beginnende Massenvermehrungen. Sowohl im Spitzkohl als auch im Lagerkohl war das Monitoring der **Kohlmottenschildlaus** (*Aleyrodes proletella*), welche von warmen Frühjahrs-/Frühsommertemperaturen profitiert, von besonderer Bedeutung, um frühzeitig, zum Zeitpunkt des Zuflugs behandeln zu können und den weiteren Populationsaufbau zu unterbinden. Neben den direkten Fraßschäden sind es Verschmutzungen durch ausgeschiedenen Honigtau und Rußtaupilze, welche schlussendlich die Ernteware nicht vermarktbar machen. In beiden Anbauregionen wurden **freifressende Schmetterlinge** mit Hilfe von Pheromonfallen überwacht. Mit Pheromonfallen wurde der Flugbeginn der Schädlinge ermittelt, anschließend wurden Pflanzenkontrollen durchgeführt. Die Bekämpfungswürdigkeit genannter Schädlinge wurde mithilfe von Schadschwellen eingeschätzt und, falls nötig, die Insektizidanwendungen genau terminiert. In Dithmarschen wurden die Kohlmotte und die Kohleule bonitiert. Im Rheinland wurden ab 2015 neben diesen auch die Gammaeule (*Autographa gamma*), die Wintersaateule (*Agrotis segetum*) und der Kohlzünsler (*Evergestis forficalis*) bonitiert.

Die **Kohlmotte** (*Plutella xylostella*) trat insbesondere im Jahr 2016 in beiden Kohlregionen massiv auf. Trocken-warme Witterung förderte das Massenauftreten des Schädlings. In Dithmarschen führte die Bekämpfung nach Schadschwellen dazu, dass die vielen bereits im Kohlbestand etablierten Entwicklungsstadien der Kohlmotte nicht ausreichend von der Insektizidbehandlung erfasst wurden und mehrfache Behandlungen nötig wurden. Eine frühere Behandlung ohne Berücksichtigung der Schadschwellen hätte vermutlich zu einer geringeren Behandlungsintensität geführt. Die Überwachung der **Kohleule** (*Mamestra brassicae*) erwies sich trotz der Nutzung von Pheromonfallen als sehr schwierig. Der Schädling versteckt sich unter den Blättern und der Befall lässt sich nur schwer feststellen. Im Rheinland wurde in mehreren Fällen trotz einer geringen Anzahl Falterfänge, bei der Pflanzenkontrolle ein bekämpfungswürdiger Befall mit Raupen festgestellt. Die Falter der **Gamma- und der Wintersaateule** (*Autographa gamma,* Agrotis segetum*)* wurden im Rheinland in den Jahren 2015 bis 2018 am häufigsten aufgefunden. In Dithmarschen spielten diese Schädlinge keine Rolle. Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass aufgrund fehlender Bekämpfungsschwellen und fehlender Korrelationen zwischen Falterfängen und Raupenauftreten das Eulenraupen-Monitoring nicht praxistauglich ist. Gleiches gilt für das Monitoring des **Kohlzünslers** (*Evergestis forficalis*)**.** Im Rheinland wurden trotz Fallenfänge keine Raupen in den Beständen aufgefunden. In Dithmarschen spielte der Schädling keine Rolle. Des Weiteren wurde im Rheinland das Auftreten der **Kohldrehherzmücke** (*Contarinia nasturitii*) erfasst. Der Schädling tritt in der Region vereinzelt auf. Die Flugüberwachung war bis zum BBCH 41 sinnvoll, danach war das Schadpotential durch die Kohldrehherzmücke gering. Auf den Demonstrationsflächen überstieg die Anzahl Fallenfänge selten die Bekämpfungsschwelle. Außerdem wurde durch das Schädlingsmonitoring im Rheinland das Auftreten von Rapsglanzkäfern, Kohlerdfloh und Rüsselkäfer erfasst. Letztere wurden nur gelegentlich beobachtet (i. d. R. lag der Befall unterhalb der Schadschwelle im Spitzkohl).

Zur Überwachung des Auftetens von **Krankheiten** erfolgten in den Lager- und Frischkohlkulturen Monitoringmaßnahmen an durchschnittlich 5 d und 6 d. Der Gesamtzeitaufwand der Monitoringmaßnahmen betrug im Lagerkohl ca. 41 Minuten je Schlag und im Frischkohl 86 Minuten je Schlag. Im Lagerkohl wurden Monitoringmaßnahmen zur Überwachung der Ringfleckenkrankheit (*Mycosphaerella brassicicola), Phoma lingam*, Alternaria-Arten und *Botrytis cinerea* durchgeführt, welche im Komplex mit bakteriellen Fäuleerregern verschiedener Erwinia-Arten sowie *Xanthomonas campestris* auftreten und hohe Ertragsverluste und hohen Putzaufwand für Lagerkohl zur Folge haben können. Im Rheinland wurden Bonituren zur Überwachung von Kohlschwärze, Ringfleckenkrankheit, Kohlhernie, Xanthomonas und Echtem Mehltau durchgeführt. Alternaria war auf dem Feld nicht eindeutig von der Ringfleckenkrankheit zu unterscheiden, so dass die Bestimmung im Labor erfolgte. Dieser zusätzliche Zeitaufwand ging nicht in die Monitoringaufwand ein. Insgesamt wurden im Kohlanbau 319 Krankheitsbonituren durchgeführt.

Monitoringmaßnahmen zur Kontrolle des **Unkrautbesatzes** wurden im Frischkohl an rund 7 d durchgeführt, mit einem Gesamtzeitaufwand von ca. 31 Minuten je Schlag. Im Lagerkohl erfolgten Unkrautbonituren an rund 4 d, mit einem Gesamtzeitaufwand von ca. 39 Minuten pro Schlag. Insgesamt wurden 319 Unkrautbonituren im Projekt durchgeführt.

Im Durchschnitt der Jahre betrug der Gesamt-Monitoringaufwand im Möhrenanbau etwa 10 Stunden pro Schlag und Jahr und im Frisch- und Lagerkohlanbau rund 7 Stunden bzw. 4 Stunden pro Schlag und Jahr. In den zeitlichen Monitoringaufwand gingen auch „Anlernzeiten" für die häufig zu Beginn noch unerfahrenen Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer und die aufwendigen Monitoringmethoden ein. Da die Abstände zwischen den Boniturterminen im Projekt sehr kurz waren, ist davon auszugehen, dass die tatsächlich benötigte Monitoringzeit insbesondere im Frischkohl weniger als 7 Stunden pro Jahr ist. Zum Ende des MuD stellte die Projektbetreuung fest, dass im Möhrenanbau ein 14-tägiges Befallsmonitoring ausreichend ist, so dass die zur Umsetzung des IPS tatsächlich notwendige Monitoringzeit vermutlich geringer ist als 10 Stunden. Am zeitaufwendigsten und auch am bedeutendsten war sowohl in den Möhren- als auch den Kohlkulturen das Schädlingsmonitoring. Zum einen weil die Qualitätsansprüche des Marktes keine Schäden am Erntegut zulassen, zum anderen weil die Wirkungsgrade der Insektizidbehandlungen von der genauen Terminierung des Anwendungszeitpunktes abhängen. Schadschwellen sind insbesondere in der Produktion für den LEH nur bedingt anwendbar, weil die Ware schadenfrei sein muss, um vom Abnehmer akzeptiert zu werden. Im Projektverlauf konnte festgestellt werden, dass insbesondere trocken-warme Witterung Schädlinge wie z. B. die Kohlmotte, Mehlige Kohlblattlaus, Mehlige Möhrenblattlaus und Erdraupen begünstigen und bei Schädlingen mit enormer Populationsdynamik schnelles Handeln gefragt ist.

Die Projektbetreuung konnte sowohl im Möhren- als auch im Kohlanbau einen großen Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf im Bereich der Monitoringmethoden, Schadschwellen und Prognosemodelle identifizieren. Für eine Vielzahl Schädlinge fehlen praktikable Monitoringmethoden (z. B. Erdraupen im Möhrenanbau), was die Abschätzung des wirtschaftlichen Schadens und die gezielte Terminierung von Insektizidbehandlungen erschwert. Die im Projekt genutzten Farbtafeln und Pheromonfallen werden nach Projektende wegen des großen Zeit- und Kosten-Aufwands von den Betrieben überwiegend nicht weiter genutzt. Die Orangetafeln und Blautafeln werden jedoch z. T. von den Beraterinnen und Beratern vor Ort weiter genutzt. Für die Abschätzung des Schadpotentials von Thripsen war sogar eine Bestimmung auf Artebene mittels Binokular nötig. Der dafür benötigte zeitliche Aufwand ging nicht in die Monitoringzeiten ein.

Darüber hinaus müssen die verfügbaren Bekämpfungsschwellen zum Teil überarbeitet werden, weil die Anzahl Fallenfänge nicht mit dem tatsächlichen Schädlingsauftreten korrelieren, was eine Abschätzung des Schadpotentials unmöglich macht. Für die Befallseinschätzung von Gammaeule, Kohleule, Kohlzünsler, Wintersaateule und Thripse stehen keine Schadschwellen zur Verfügung. Für den Möhrenanbau konnte das Prognosemodell PSIROS nur begrenzt zur Hilfe genommen werden. Das Prognosemodell SWAT lieferte im Projekt keine verlässlichen Vorhersagen, da Faktoren wie die Temperaturmaxima nach dem ersten Flug nicht mit einbezogen werden (VILLENEUVE & LATOUR, 2017). Das umfangreiche Schaderregermonitoring der Projektbetreuung konnte die Landwirtinnen und Landwirte zum genaueren Hinsehen sensibilisieren, aber vor allem zeigen wie wichtig die Pflanzenschutzberatung für die Landwirtinnen und Landwirte ist und wo der IPS im Möhren- und Kohlanbau noch deutliche Defizite aufweist.

7.3. Entscheidungsgrundlagen

Wie in der *JKI-Leitlinie zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes in Möhre und Weißkohl* beschrieben (FREIER et al., 2015b; FREIER et al., 2015c), ist die Notwendigkeit einer Abwehr- oder Bekämpfungsmaßnahme anhand von anerkannten Bekämpfungsschwellen und/oder anderen Entscheidungshilfen, die in den IP-Richtlinien und von der regionalen Beratung empfohlen werden, abzuleiten.

Im Möhrenanbau wurden auf den Demonstrationsflächen folgende Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmaßnahmen genannt: Offizialberatung (Beratung PSD), Privatberaterinnen und Privatberater (Beratung Handel), Warndienstmeldungen, Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer (Monitoring Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer), Erfahrungswerte des Betriebes und Feldbegehung (Monitoring

Betrieb) (Abb. 56). In den Möhrenbetrieben wurden Erfahrungswerte mit durchschnittlich 51 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen genannt. Dabei handelte es sich zumeist um Herbizidbehandlungen im Vor- und Nachauflauf sowie präventive Fungizidbehandlungen. Das Monitoring des Betriebes hatte im Durchschnitt der Jahre (2014-2018) nur einen Anteil von rund 5 % an den genannten Entscheidungsgrundlagen. Der Anteil schwankte im Projektverlauf. Bei den regelmäßigen Feldbegehungen der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter wurde vor allem der Unkrautbesatz auf den Flächen kontrolliert. Neben den eigenen Feldbegehungen verließen sich die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auf das Befallsmonitoring der Projektbetreuung sowie der Beratung vor Ort. Das Monitoring durch Projekbetreuerinnen und Projektbetreuer hatte vergleichsweise großen Einfluss auf die Pflanzenschutzentscheidungen und diente in den Jahren 2014-2018 bei rund 28 % der Pflanzenschutzmittelanwendungen als Entscheidungsgrundlage. Das wöchentliche Befallsmonitoring der Projektbetreuung wurde von den Betrieben sehr geschätzt und die Betriebe haben im Projektverlauf zunehmend darauf vertraut. Im Jahr 2018 wurden die Bonituren der Projektbetreuung mit rund 53 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage genannt. Dabei handelte es sich um Fungizid- und Herbizidbehandlungen, aber vor allem um Insektizidbehandlungen. Die Warndienstmeldungen der Offizialberatung machten jährlich einen Anteil von rund 6 % der genannten Entscheidungsgrundlagen (2014-2018) aus. Der Anteil schwankte im Projektverlauf stark und war insbesondere in den Jahren 2014 und 2017 mit jeweils 12 % bis 13 % hoch, während in den übrigen Projektjahren der Anteil zwischen 1 % und 3 % lag. Der Warndienst informierte z. B. über den Flugbeginn der ersten Generation Möhrenfliegen und verwies auf „Befallsbesonderheiten“, aktuelle Änderungen in der Pflanzenschutzmittelzulassung z. B. Notfallzulassungen und wurde in der Saison einmal wöchentlich vom Pflanzenschutzdienst der Regionen herausgegeben.

Die Entscheidungsgrundlagen Warndienstmeldung, Beratung PSD und Monitoring Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer lassen sich aufgrund deren enger Zusammenarbeit und resultierender Informationsgleichheit bzgl. der regionalen Befallslage nicht gänzlich voneinander trennen. Dieser Fakt wird durch die schwankenden Anteile der Nennungen der Beratung PSD als Bekämpfungsentscheidungsgrundlage sichtbar. In den Jahren 2014 bis 2018 diente die Offizialberatung keiner (2017) bis maximal 11 % (2015) der Pflanzenschutzmittelanwendungen als Entscheidungsgrundlage. Die Privatberatung (Beratung Handel) hatte zu Beginn des Projektes (2014) noch einen Anteil von rund 18 % an der Gesamtanzahl Nennungen von Entscheidungsgrundlagen. Im Projektverlauf nahm der Einfluss der privaten Beratung jedoch ab, mit Anteilen von bis 10 % (2016), 3 % (2017) und 0 % (2015, 2018). Mindestens zwei Betriebe nahmen regelmäßig eine private Pflanzenschutzberatung in Anspruch. Dabei sei jedoch zu beachten, dass die BOLAP GmbH (Beratungsunternehmen für die Landwirtschaft und den Gemüsebau) zusammen mit dem Pflanzenschutzdienst (DLR Rheinpfalz) wöchentliche Warndienstmeldungen, im Rahmen des Pflanzenschutz- und Anbauservice (PAS) Rheinland-Pfalz, herausgibt. Dieses Beratungsnetz, basierend auf der engen Zusammenarbeit von privater Beratung und Offizialberatung, ist in dieser Form einzigartig in Deutschland.

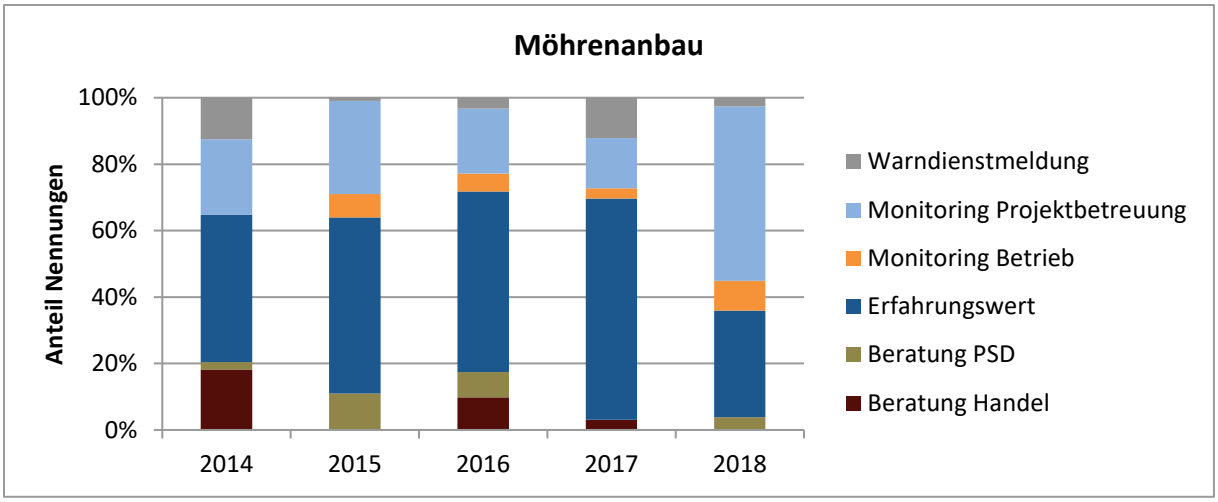


Abb. 56. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Möhrenanbau (2014-2018) [Anteil Nennungen %].

Im **Kohlanbau** wurden auf den Demonstrationsflächen folgende Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmaßnahmen genannt: Offizialberatung (Beratung PSD), Privatberaterinnen und Privatberater (Beratung Handel), Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer (Monitoring Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer), Erfahrungswerte des Betriebes und Feldbegehung (Monitoring Betrieb) (Abb. 57). In den Kohlbetrieben wurden Erfahrungswerte mit durchschnittlich 31 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen genannt. Im Projektverlauf nahm die Zahl der Fungizid- und Herbizidbehandlungen, welche auf Erfahrungswerten beruhten, drastisch ab. Der Anteil von Erfahrungswerten an der Gesamtanzahl Entscheidungsgrundlagen sank von 39 % (2014) auf 28 % (2017) und 12 % (2018). Zum Ende des Projektes wurden für durchgeführte Insektizidbehandlungen noch immer Erfahrungswerte als eine der Entscheidungsgrundlagen genannt. Häufig stehen die Betriebe vor der Schwierigkeit, die wirtschaftliche Bedeutung eines Schädlingsbefalls im Kohl richtig einzuschätzen. Denn eine gezielte Bekämpfung von Schädlingen im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes erfordert die richtige Einschätzung der aktuellen Befallssituation und des Schadpotentials des Schaderregers. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben bestehen aber genau in dem Bereich Informationslücken. Die Betriebe wurden dennoch im Projekt zum genauen Hinsehen sensibilisiert. Auch wenn der Anteil der Nennungen des Monitorings des Betriebes von ursprünglich 30 % (2014) im Projektverlauf abnahm, auf 22 % (2017) und 0 % (2018). Die Befallskontrollen der Betriebe fielen insbesondere 2016 intensiver aus, nicht zuletzt wegen des Warndienstangebotes in diesem Jahr und dem enormen Kohlmottendruck. Im Projektverlauf wuchs das Vertrauen in die Projektbetreuung und die Betriebe verließen sich zunehmend auf deren exakte Bonituren und Befallsermittlungen. Der Anteil Nennung „Monitoring Projektbetreuung“ als Entscheidung für durchgeführte Pflanzenschutzbehandlungen stieg von 17 % (2014) auf 36 % (2017) und 73 % (2018) an. Die Privatberatung (Beratung des Handels) nahm auf rund 9 % (2014-2018) der durchgeführten Pflanzenschutzmittelbehandlungen Einfluss. Der Anteil Nennungen sank im Projektverlauf von ursprünglich 9 % (2014) und 17 % (2015) ab, auf 1 % (2017) und 0 % (2018). Die Offizialberatung und das Monitoring der Projektbetreuung löste scheinbar die Privatberatung im Projektverlauf ab. Tatsächlich wurden bei der Entscheidung für oder gegen eine Pflanzenschutzmittelbehandlung jedoch mehrere Informationsquellen genutzt, so dass die Anteile der Nennungen von Entscheidungsgrundlagen nur ein unscharfes Bild ergeben. Beispielsweise lassen sich Entscheidungsgrundlagen wie Beratung PSD und Monitoring Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer aufgrund der engen Zusammenarbeit nicht voneinander trennen. Ebenso wurde der Warndienst-Service der Pflanzenschutzdienste von allen Betrieben genutzt, auch wenn dieser in der Datenerfassung nicht genannt wurde. Nach Aussage der Projektbetreuung nahmen die Beratung (Gemüsebauberatungsring Dithmarschen), Erfahrungswerte, Monitoring des Betriebes und der Warndienst-Service gleichermaßen Einfluss auf die Bekämpfungsentscheidungen der Kohlbetriebe in Dithmarschen. Im Rheinland verließen sich die Betriebe auf den Warndienst-Service und die Hinweise der Pflanzenschutzberaterinnen und Berater des PSD. Gemeinsam

wurde die Notwendigkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen, auch im Hinblick auf das Resistenzmanagement und die Nützlingsschonung unter Einbeziehung, der aktuellen Witterung und Befallsprognosen der verfügbaren Prognosemodelle abgewogen. Bei der Interpretation der Ergebnisse darf zudem nicht vergessen werden, dass es sich bei den ausgewerteten Entscheidungsgrundlagen um diese handelt, welche zu einer Behandlung führten bzw. diese beeinflussten. Wohingegen Entscheidungsgrundlagen, die zum Verzicht der Pflanzenschutzmaßnahme geführt haben, wie z. B. Schädlingsbonituren, nicht in die Auswertung eingehen.

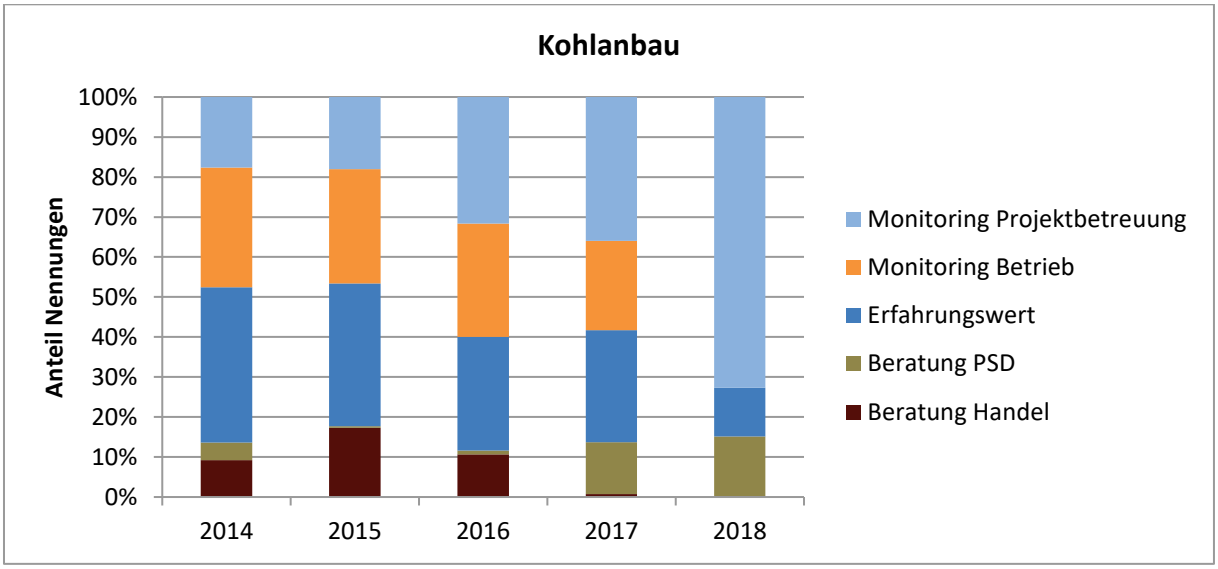


Abb. 57. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Kohlanbau (2014-2017 bzw. 2018) [Anteil Nennungen %].

7.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den Demonstrationsbetrieben im Gemüsebau werden nachfolgend kulturartenspezifisch vorgestellt. Die Demonstrationsbetriebe für Möhrenanbau lagen in intensiven Gemüseanbaugebieten, in der Pfalz (3 bzw. 4) und im Rheinland (1). Im Jahr 2016 konnte ein aussteigender Möhrenbetrieb (2014-2016) durch einen neuen Betrieb (2017-2018) ersetzt werden, somit nahmen durchgehend jährlich 4 Möhrenbetriebe am Modellvorhaben teil. Die Demonstrationsbetriebe für Kohlanbau in Dithmarschen (3 Betriebe) und im Rheinland (2 Betriebe) nahmen von 2014 bis 2017 bzw. 2018 am MuD teil. Ein Betrieb beendete seine Teilnahme am MuD frühzeitig im Jahr 2016 (SH). Auf die Auswertung der Restbetriebsflächen musste im Kohlanbau leider verzichtet werden, da hier von einigen Betrieben keine Restbetriebsdaten übermittelt wurden, so dass kein vollständiger Datensatz vorlag. Ebenfalls ausgewertet wurden die Daten der entsprechenden Vergleichsbetriebe derselben Anbauregionen. Die Auswertung bezieht sich im Möhrenanbau auf den Projektzeitraum 2014 bis 2018. Die Auswertung der Vorherjahre 2012 und 2013 und die Restbetriebsflächen werden gesondert untersucht.

7.4.1. Behandlungsindices im Möhrenanbau

In den Demonstrationsbetrieben für Möhrenanbau wurden zur Vorbeugung von Auflaufkrankheiten bzw. Möhrenfliegenbefall auf 88,7 % der Demonstrationsflächen Saatgut mit einer Fungizidbeizung (71,7 % der Schläge) oder Insektizidbeizung (17,0 % der Schläge) ausgesät. Vor allem in frühen Möhrenkulturen wird das mit TMTD 98% Satec (Wirkstoff Thiram) geprimte Saatgut bevorzugt verwendet, da dieses einen schnelleren und gleichmäßigeren Aufgang verspricht. Diese Maßnahme hat sich insbesondere auf beregnungsfähigen Flächen bewährt. Insektizidgebeiztes Saatgut wurde vorrangig für mittlere und späte Möhrenkulturen zur Vorbeugung von Möhrenfliegenbefall verwendet. Auf den Schlägen wurden Herbizide, Fungizide und nach Bedarf Insektizide angewendet. Der Gesamt-Behandlungsindex in Möhrenkulturen setzt sich damit aus den BI der drei genannten Pflanzenschutzmittelkategorien zusammen. Die Untersuchung der signifikanten Einflussgrößen auf den Gesamt-BI identifizierte die Faktoren Jahr, Aussaatklasse und Betrieb als signifikante

Einflussgrößen ($p<0,05$). Die Behandlungsintensität in den Möhrenkulturen wurde demnach von der Jahreswitterung (z. B. 2018 mit trockener und heißer Witterung, 2016 mit überwiegend feuchter Witterung), dem Aussatzeitpunkt mit den dazugehörigen jahreszeitlichen Einflüssen im Vegetationsverlauf sowie den Betriebsweisen einschließlich unterschiedlicher Standortbedingungen beeinflusst. Nachfolgend wird der Einfluss der Aussaatzeit auf die Behandlungsintensität in Möhren genauer betrachtet (Abb. 58). Die jahres- und betriebsspezifischen Einflüsse werden am Rande mitdiskutiert.

Der Gesamt-BI der **frühen Möhrensätze** (RP: Aussaat bis 22.03; NW: Aussaat bis 15.03.) betrug im Durchschnitt der Jahre 3,1 ($s_{DIPS_früh}$=1,6). Einzelwerte lagen zwischen 1,2 (2012) und 6,9 (2016). Der Gesamt-BI wurde vorrangig durch Herbizidanwendungen beeinflusst. Herbizide wurden mit durchschnittlich 4 Überfahrten ausgebracht sowie Insektizide und Fungizide jeweils mit rund einer Überfahrt. Herbizide machten mit 64,7 % den größten Anteil am Gesamt-BI in früh gesäten Möhren aus, während Fungizid- und Insektizidanwendungen jeweils nur 20,3 % und 15,0 % des Gesamt-BI ausmachten. Frühe Möhrenkulturen mit dem Verwendungszweck als Frischmöhren wurden in den Demonstrationsbetrieben in den Vorherjahren 2012 und 2013 sowie im Projekt 2015, 2016 und 2018 angebaut. Im Jahr 2018 wurden keine Insektizid- und Fungizidbehandlungen durchgeführt, sondern nur Herbizidanwendungen. In den **mittleren Möhrenkulturen** (RP: Aussaat von 23.03.-06.05.; NW: Aussaat von 16.03.-15.04.) betrug der Gesamt-BI im Durchschnitt der Jahre 4,4 (s_{DIPS_mittel}=1,7). Die Gesamt-BI schwankten jährlich im Durchschnitt der Schläge zwischen 1,3 (2018) und 7,4 (2017). Je Schlag wurden Herbizide mit durchschnittlich 4 und Insektizide im Durchschnitt mit 1 Überfahrt ausgebracht. Wegen des zunehmenden Pilzdrucks im Vegetationsverlauf wurde im Durchschnitt eine zusätzliche Überfahrt für die Behandlung von Fungiziden durchgeführt. Der Anteil der Fungizidanwendungen nahm im Vergleich zu den frühen Möhrenkulturen um rund 20 % zu und betrug 40,1 %. Herbizid- und Insektizidbehandlungen nahmen Anteile von 48,9 % und 11,1 % am Gesamt-BI ein. In den **späten Möhrensätzen** (RP: Aussaat ab 07.05.; NW: Aussaat ab 16.04.) war der Gesamt-BI im Vergleich zu den frühen und mittleren Sätzen im Durchschnitt der Schläge mit 7,5 ($s_{DIPS_spät}$=3,1) am höchsten. Der Gesamt-BI betrug mindestens 0,8 (2012) und maximal 15,8 (2018). Die große Streuung der Einzelwerte kann auf standortbedingten Unkraut- und Pilzdruck zurückgeführt werden. Es wurde je Schlag noch immer nur durchschnittlich eine Insektizidbehandlung durchgeführt. Allerdings erfolgten jeweils 2 zusätzliche Überfahrten für die Applikation von Herbiziden (MW 6 Überfahrten) und Fungiziden (MW 4 Überfahrten).

Es wurden deutlich mehr Fungizidbehandlungen zur Bekämpfung von Echtem Mehltau durchgeführt und die Lagermöhrenkulturen, welche rund 42 % der Schläge ausmachten, präventiv gegen Sklerotinia behandelt.

Somit wurden in den späten Kulturen deutlich mehr Fungizide appliziert als in den mittleren und frühen Sätzen. Fungizide nahmen rund 52,9 % Anteil am Gesamt-BI, während Herbizid-Behandlungen nur noch 40,5 % ausmachten. Der Anteil Insektizid-Behandlungen betrug rund 6,6 %.

In den Vergleichsbetrieben waren die Behandlungsintensitäten in den einzelnen Aussaatklassen für Möhren (früh, mittel, spät) ähnlich wie in den Demonstrationsbetrieben. Im Mittel betrug der Gesamt-BI in frühen, mittleren und späten Möhrenkulturen 4,1, 6,0 und 7,4 ($s_{VGB_früh}$=2,6; s_{VGB_mittel}=2,6, $s_{VGB_spät}$=3,9). Nur bei den mittleren Möhrenkulturen zeigten sich die Gesamt-BI der Demonstrationsbetriebe als signifikant geringer als in den Vergleichsbetrieben ($p<0,05$). Dies kann auf die unterschiedlichen Behandlungsintensitäten der Insektizide zurückgeführt werden und wird nachfolgend erläutert.

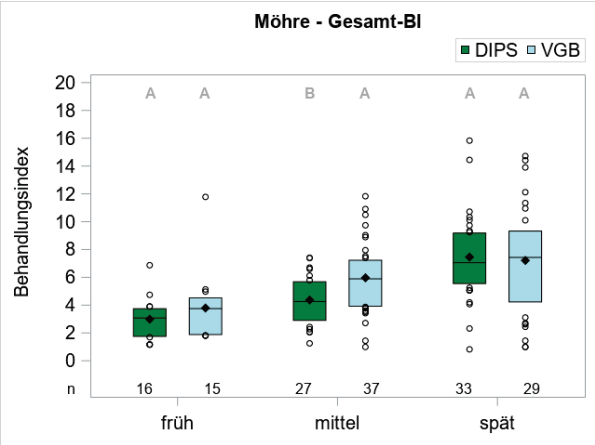


Abb. 58. Gesamt-Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Insektiziden in den Demonstrationsbetrieben für Möhrenanbau

Zur Bekämpfung von Möhrenfliegen, saugenden Schädlingen und Zahnflügelfaltern wurden in den Demonstrationsbetrieben für Möhrenanbau Insektizide standort- und situationsspezifisch angewendet. Der Insektizid-BI war in allen Jahren (2012-2018) niedrig und betrug im Durchschnitt rund 0,5 ($s_{DIPS_I\text{-}BI}$=0,6). Im Projektzeitraum (2014-2018) konnte auf 62 % der Demonstrationsflächen insektizidfrei gearbeitet werden. Auf den übrigen 38 % der Flächen wurden im Projekt durchschnittlich 1 bis maximal 2 Insektizidbehandlungen durchgeführt. Vor dem Projekt waren nur 33 % der Flächen insektizidfrei. 2012 erfolgten auf einem Schlag drei Insektizidapplikationen.

Die durchgeführten Insektizidmaßnahmen erfolgten vorrangig in den Jahren 2014 bis 2016. Im Jahr 2017 wurden lediglich 3 Schläge mit jeweils einem Insektizid behandelt. Im extrem trockenen und heißen Jahr 2018 wurden gar keine Insektizide auf den Demonstrationsschlägen angewendet. Die einfaktorielle Varianzanalyse konnte den signifikanten Einfluss des Jahres auf die Insektizid-BI bestätigen und identifizierte darüber hinaus die Aussaatklasse als weitere signifikante Einflussgröße ($p<0,05$). Frühe Möhrenkulturen sind nach Aussage der Projektbetreuung tendenziell weniger von Schädlingsbefall betroffen als mittlere und späte Kulturen. Auch weil die frühen Möhrenkulturen zusätzlich durch die Vliesabdeckungen vor Schädlingen geschützt sind. In den Demonstrationsbetrieben waren die Insektizid-BI je Aussaatklasse dennoch ähnlich (Abb. 59). Der Insektizid-BI betrug in frühen, mittleren und späten Möhrenkulturen rund 0,5. In den Vergleichsbetrieben wurden die mittleren und späten Möhrenkulturen im Durchschnitt signifikant stärker mit Insektiziden behandelt als in den Demonstrationsbetrieben ($p<0,05$). In den Vergleichsbetrieben betrugen die Insektizid-BI der frühen, mittleren und späten Möhrenkulturen 0,8, 1,3 und 1,5. Grund für die höheren Insektizid-BI in mittleren und späten Kulturen, im Vergleich zu den frühen Möhrensätzen, kann der zuvor erwähnte tendenzielle Anstieg des Schädlingsdrucks im Vegetationsverlauf sein. Auf diesen reagierten die Vergleichsbetriebe mit Insektizidspritzungen, während die Projektbetreuung der Demonstrationsbetriebe mit wöchentlichen Schädlingsbonituren dazu beitrug Insektizidbehandlungen einzusparen. Beispielsweise wurden in den Jahren 2017 und 2018 aufgrund der geringen Möhrenfliegenfänge in den mittleren und späten Kulturen eines Demonstrationsbetriebs keine Insektizidbehandlungen durchgeführt. Zur Schonung und Förderung von Nützlingen sparten die Betriebe bei entsprechend hohem Nützlingsbesatz von Marienkäfer-, Florfliegen-, Schwebfliegenlarven) Behandlungen gegen Blattläuse ein oder wendeten an Stelle von Karate Zeon das nützlingsschonende Insektizid Pirimor Granulat an. Erdraupen wurden auch bei nachgewiesenem Befall durch Bonituren in den Demonstrationsbetrieben nicht bekämpft. Zum einen, weil die vorhandenen Bekämpfungsschwellen keine Einschätzung des tatsächlichen Befalls zuließen, weshalb eine wirtschaftliche Einschätzung der Insektizidbehandlung unmöglich war. Zum anderen waren nur Insektizide mit dem Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin zur einmaligen Erdraupenbekämpfung zugelassen. Die Bekämpfung ist nur im

Larvenstadium (L1 - L2) effektiv, für die Bonitur der jungen Larven im Laub gibt es aber derzeit keine praktikable Boniturmethode.

Unsicherheiten bei der Anwendung von Insektiziden zeigten sich bei der Bekämpfung der Möhrenfliege. Die Projektbetreuung in RP stellte fest, dass der Vergleich des Insektizid-BI nicht mit dem tatsächlichen Möhrenfliegenbefall korrelierte. Insgesamt wurden nur 8 Insektizidbehandlungen zur Bekämpfung der Möhrenfliege auf insgesamt 8 Demonstrationsflächen durchgeführt. Die Behandlungen fanden in den Jahren 2014, 2015 und 2016 statt. Tatsächlich waren aber allein im Anbaugebiet Pfalz insgesamt 9 Flächen (2014-2018) von starkem Möhrenfliegenbefall (mittlerer Befall von 3,8 %) betroffen. Dies verdeutlicht, dass den Betrieben durch die Unsicherheiten bei der Abschätzung des Schadpotentials nichts Anderes bleibt, als einen gewissen Anteil Möhrenfliegenschaden hinzunehmen, welcher durch die Von-Hand-Sortierung ausgelesen wird. Im rheinländischen Möhrenbetrieb war die vorhandene Schadschwelle für die Möhrenfliege anwendbar. Hier konnte bei einer geringen Fangzahl auf Insektizidbehandlungen verzichtet werden. Reduktionspotentiale, welche durch die intensive Befallsüberwachung der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer erschlossen wurden, lassen sich nicht quantifizieren. Hinzu kommt, dass der von den Betrieben in Kauf genommene Befallsschaden von dem Verwendungszweck und dem Abnehmer bestimmt werden. Der LEH legt zum Teil die Anzahl und Menge der Pflanzenschutzmittelrückstände fest und bestimmt, welche Wirkstoffe nicht angewendet werden sollen. Dies erschwert das integrierte Arbeiten. Die strengen Vorgaben des LEH bereiten den Betrieben Schwierigkeiten im Hinblick auf das Resistenzmanagement.

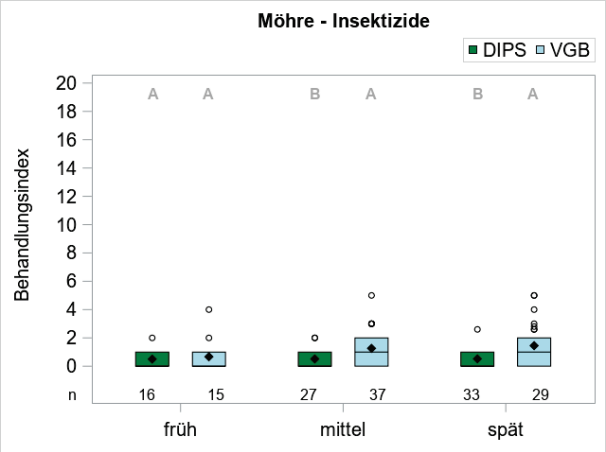


Abb. 59. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Herbiziden in den Demonstrationsbetrieben für Möhrenanbau

Im Möhrenanbau wurden Herbizide standardmäßig im Vorauflauf (Keimung, BBCH 0-9) und im Nachauflauf, nach Entfalten der Keimblätter (ab BBCH 10), angewendet. Insbesondere junge Möhrenkulturen sind wegen ihres langsamen Jugendstadiums über mehrere Wochen nicht dicht genug und müssen mit Unkräutern um Wasser, Licht und Nährstoffe konkurrieren. Im weiteren Kulturverlauf erfolgten Herbizidbehandlungen nach Bedarf. Schwierigkeiten bereiteten spät auflaufende Unkräuter, welche mechanisch oder per Hand entfernt werden mussten. Durch die wöchentlichen Bonituren der Projektbetreuung konnten Herbizidbehandlungen jedoch überwiegend rechtzeitig umgesetzt werden. Im Durchschnitt der Jahre und Schläge wurden Möhrenkulturen mit rund 4 bis 6 Überfahrten mit Herbiziden behandelt. Rund 75 % der Herbizid-Anwendungen wurden mit reduzierten Aufwandmengen oder auf Teilflächen ausgebracht. Einige Mittel (Stomp Aqua, Bandur) wurden im Splittingverfahren appliziert. Anteilig an der Gesamtanzahl durchgeführter Herbizidanwendungen machten glyphosathaltige Herbizide im Projekt (2014-2018) nur rund 2,5 % aus.

Die Behandlungsintensität der Herbizide hing von der Verunkrautung, den betriebsspezifischen Bekämpfungsstrategien sowie der jährlichen und der standortspezifischen Witterung, z. B. der Feuchtigkeit des

Bodens, ab. Die Werte streuten aus diesem Grund zwischen 0,7 bis 6,0. Die einfaktorielle Varianzanalyse bestätigte die Beobachtungen der Projektbetreuung und identifizierte die Faktoren Betrieb, Jahr und Aussaatklasse als signifikante Einflussgrößen auf den Herbizid-BI ($p<0,05$). In verfrühten Kulturen wurden Herbizide mit rund 4 Überfahrten und mit deutlich reduzierter Aufwandmenge appliziert, um Kulturschäden vorzubeugen (MW H-$BI_{demo_früh}$=2,0; $s_{demo_früh}$=0,9) (Abb. 60). In den mittleren Möhrenkulturen wurden ebenfalls pro Fläche rund 4 Herbizidbehandlungen durchgeführt (MW H-BI_{demo_mittel}=2,2; s_{demo_mittel}=0,8). In späten Möhrensätzen wurden tendenziell 2 zusätzliche Herbizidbehandlungen nötig (MW H-$BI_{demo_spät}$=3,0; $s_{demo_spät}$=1,3). In den Vergleichsbetrieben waren die Werte ähnlich. Der durchschnittliche Herbizid-BI betrug in frühen Kulturen 1,9 ($s_{VGB_früh}$=0,8), in mittleren Kulturen 2,2 (s_{VGB_mittel}=0,7) und in späten Möhrenkulturen 2,4 ($s_{VGB_spät}$=0,9). Die späten Möhrenkulturen wurden in den Vergleichsbetrieben signifikant geringer mit Herbiziden behandelt. Der Grund war, dass ein Demonstrationsbetrieb seine Schläge im Projekt bis zu fünfmal mit Herbiziden behandelte. Nach den Herbizidbehandlungen im Vor- und Nachauflauf wurden an drei weiteren Terminen Herbizide mit reduzierter Aufwandmenge appliziert. Alle Herbizidbehandlungen entsprachen dem notwendigen Maß. Die Flächen wiesen jährlich starken Unkrautbesatz auf, so dass situationsangepasst behandelt wurde. Neben den Herbizidbehandlungen wurden die Flächen mehrmals gehackt. Das mechanische Unkrauthacken praktizierte der Betrieb schon vor dem Projekt. Trotzdem waren Herbizide im Vorauflauf und im Nachauflauf unverzichtbar. In den Jahren 2017 und 2018 wurde zusätzlich zu Herbiziden und mechanischer Hacke eine Handhacke nötig, um Problemunkräuter vor der Ente zu entfernen (Nachtschatten, Kartoffel).

Weiterhin konnte in dem Betrieb im Jahr 2015 festgestellt werden, dass die angewendeten Herbizide aufgrund der langanhaltenden Frühjahrstrockenheit nur eingeschränkt wirkten. Langfristig muss das Unkrautmanagement auch im Hinblick auf die extremen Witterungsbedingungen im Klimawandel angepasst werden. Denn eine konsequente Herbizid-Strategie ist im Möhrenanbau unbedingt nötig.

Ein Versuch von der betriebsüblichen Herbizid-Strategie abzuweichen und die Nachauflaufbehandlung zu einem späteren Zeitpunkt sowie nachfolgende Herbizid-Behandlungen wegzulassen führte auf der Demonstrationsfläche eines Betriebes im Jahr 2014 zur Überwucherung der Möhrenkultur durch Unkräuter. Zudem stiegen der Pilzdruck sowie der Möhrenfliegen- und Erdraupenbefall auf der Fläche im Vegetationsverlauf stark an. Es zeigte sich, dass eine fehlerhafte Strategie und falsch platzierte Herbizid-Einsparungen langwierige negative Folgen haben können. Die Projektbetreuung stellte fest, dass der Unkrautdruck auf der Fläche auch in darauffolgenden Jahren wirtschaftlichen Mehraufwand bedeutet (z. B. durch den Einsatz der Handhacke), wenn die Unkräuter zur Samenbildung kommen und sich etablieren.

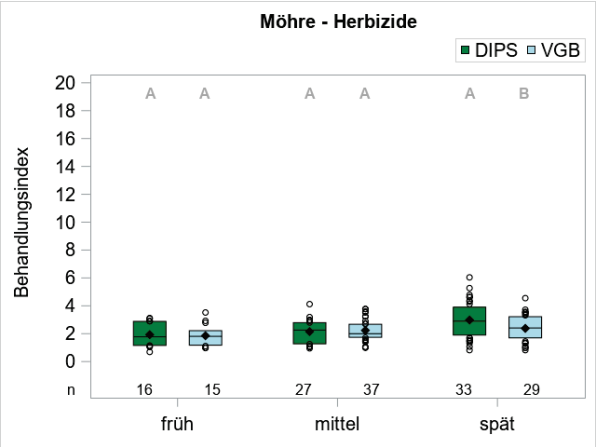


Abb. 60. Behandlungsintensität der Herbizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Fungiziden in den Demonstrationsbetrieben für Möhrenanbau

Fungizide wurden überwiegend in mittleren und späten Möhrenkulturen nach Reihenschluss (BBCH 41) zur Bekämpfung von Echtem Mehltau, Möhrenschwärze und Blattfleckenkrankheit sowie im Lagermöhrenanbau

zur Vorbeugung von Sklerotinia appliziert. Dabei kamen protektive und kurative Fungizide zum Einsatz. Um Resistenzen zu vermeiden wurden Mittelaufwandmengen nur in einzelnen Fällen reduziert und Spritzfolgen mit Fungiziden verschiedener FRAC-Codes (verschiedene Wirkorte) gestaltet. Die Mittelauswahl ist im Möhrenanbau stark eingeschränkt. Im Projektzeitraum standen für die Anwendung in Möhren nur Fungizide der Wirkstoffgruppen Azole und Strobilurine sowie Mittel aus dem ökologischen Anbau wie Kupfer, Schwefel, Kaliumhydrogencarbonat und Coniothyrium minitans zur Verfügung. Fungizide wie Signum (Wirkstoffe: Pyraclostrobin, Boscalid) und Luna Experience (Wirkstoffe: Fluopyram, Tebuconazol), welche kurativ nach Sichtbarwerden der ersten Symptome von Möhrenschwärze, Echtem Mehltau und Sklerotinia angewendet werden, gelten als stark resistenzgefährdet. Zur Resistenzvorbeugung und zum Erhalt der Wirksamkeit der Azole wird zu Zumischungen von multi-site-Wirkstoffen wie z. B. Kupferpräparaten geraten, welche an mehreren Orten des Pilzerregers angreifen. Diese Wirkstoffe wirken protektiv, indem sie einen „Schutzmantel“ auf den Blättern bilden. So wird der Azol-Wirkstoff geschützt, da keine resistenten Pilzstämme selektiert werden. Nachteilig ist, dass die Anwendung von Cuprozin progress (Wirkstoff: Kupferhydroxid) vorbeugend erfolgen muss, d. h. sobald Infektionsgefahr besteht bzw. ab Warndiensthinweis. Im Bereich der Fungizide konnten an der Stelle keine Einsparpotentiale identifiziert werden. Mit der Wahl des Aussaatzeitpunktes könnten jedoch Fungizide eingespart werden. Jedoch hat der Markt den Anspruch ganzjährig mit Möhren beliefert zu werden. Die Auswertung der Fungizid-BI bestätigte die phytosanitären Vorteile früher Aussaaten, welche seit längerem bekannt sind. Die einfaktorielle Varianzanalyse identifizierte den Faktor Aussaatklasse, das Jahr und den Betrieb ($p<0,05$) als signifikante Einflussgrößen auf den Fungizid-BI.

Die Behandlungsintensität der Fungizide nahm im Vegetationsverlauf zu. Im Frühjahr ist der Pilzdruck generell gering, zudem werden frühe Möhrenkulturen von Ende Januar bis Anfang März durch Verfrühungsvlies und -folie geschützt und die Ernte erfolgt z. T. schon im Juni. Aus diesem Grund wurden frühe Möhren generell nicht mit Fungiziden behandelt. Eine Ausnahme bildete jedoch das extrem nasse Jahr 2016, in welchem auf 3 Schlägen je eine Fungizidbehandlung nach Reihenschluss, zur Bekämpfung von Echtem Mehltau, Möhrenschwärze und Blattflecken nötig wurde. Der Fungizid-BI betrug in den frühen Kulturen im Durchschnitt der Jahre und Schläge nur rund 0,6 ($s_{DIPS_früh}=0,8$) (Abb. 61). Ab Hochsommer nahm die Luftfeuchtigkeit im Allgemeinen zu und mit dem „Dichter-Werden“ der Möhrenbestände stieg der Pilzdruck in den Kulturen an. Ab diesen Zeitpunkt wurde in den mittleren Möhrenkulturen im Vergleich zu frühen Kulturen durchschnittlich eine zusätzliche Fungizidbehandlung durchgeführt. In mittleren Möhrenkulturen betrug der Fungizid-BI 1,8 ($s_{DIPS_mittel}=1,2$). In späten Möhrenkulturen wurden Fungizide durchschnittlich mit vier Überfahrten ausgebracht (MW F-$BI_{DIPS_spät}=4,0$; $s_{DIPS_spät}=2,3$). Die große Streuung der Fungizid-BI in den späten Möhrenkulturen kann auf den schlagspezifischen Befallsdruck, die jährliche Witterung sowie die betriebsspezifischen Faktoren (u. a. Bekämpfungsstrategie, Verwendungszweck der Möhren) zurückgeführt werden. Lagermöhren wurden wegen ihrer längeren Standzeit und zur Vorbeugung von Lagerfäulen vergleichsweise intensiver mit Fungiziden behandelt, als Frischmöhren. Lagermöhrenkulturen machten insgesamt 42 % der späten Sätze in den Demonstrationsbetrieben aus. Im Jahr 2018 wurden die beiden späten Möhrenkulturen 8 bis 9-malig mit Fungiziden behandelt, der Fungizid-BI betrugen rund 11. Die trocken-warme Witterung im Sommer und Herbst führte trotz intensiver Bewässerung und intensiver Spritzfolge zum Befall mit Alternaria und Echtem Mehltau in Möhren.

Die Fungizid-BI der Vergleichsbetriebe unterschieden sich nicht signifikant von den Demonstrationsbetrieben (MW F-$BI_{VGB_früh}=1,5$; $s_{VGB_früh}=1,3$; MW F-$BI_{VGB_mittel}=2,5$; $s_{VGB_mittel}=1,8$; MW F-$BI_{VGB_spät}=3,5$; $s_{VGB_spät}=2,4$). Auch zeigten sich hier tendenziell die gleichen Unterschiede in den Behandlungsintensitäten der verschiedenen Aussaatklassen.

Für die Untersuchung möglicher Einsparpotentiale im Bereich der Fungizide legte ein Möhrenbetrieb jährlich Fungizidspritzfenster an. Diese deuteten in den Jahren 2014, 2015 und 2016 auf Reduktionspotentiale hin. Das ökonomische Risiko war jedoch zu groß, denn die durchgeführten Demonstrationsversuche zeigten lediglich den Blattbefall an und konnten die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter nicht zu Fungizideinsparungen bewegen.

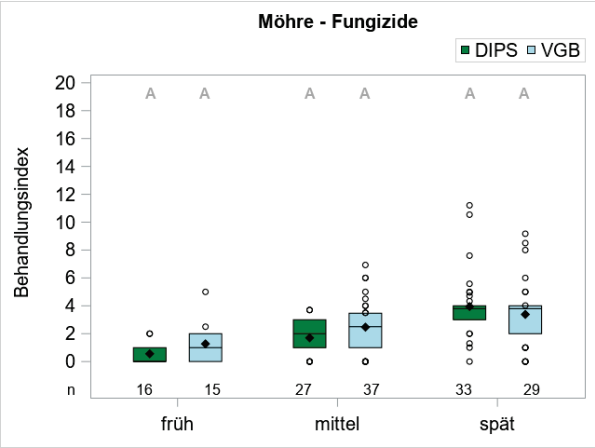


Abb. 61. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Möhrenanbau je Aussaatklasse.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (Tuckey-Test α=0,05).

Um keine unnötigen ökonomischen Risiken einzugehen hätten größere Versuche angelegt, umfangreichere Erntebeprobung durchgeführt und das Lagerverhalten der Varianten beobachtet werden müssen.

7.4.2. Behandlungsindices im Kohlanbau

Die Demonstrationsbetriebe für Kohlanbau lagen in den Hauptanbauregionen Dithmarschen (SH) mit überwiegend Lagerkohlanbau und im Rheinland (NW) vorrangig mit Spitzkohl als Frischkohl. In Dithmarschen bauen die Betriebe neben Kopfkohl auf rund 100 bis 300 ha klassische Ackerbaukulturen an. Der Kohlanbau erfolgte im MuD auf Schlägen von 1,5 bis 16 ha Größe. Der Kohlanbau wird in der Region durch die sehr fruchtbaren Marschböden und die vielen Niederschläge (> 800 mm) begünstigt. Die Betriebe im Rheinland sind auf die Gemüseproduktion spezialisiert und ergänzen diese teilweise mit dem Anbau von anderern Gartenbaukulturen. Die Schlaggrößen mit rund 1,5 bis 2 ha sind deutlich kleiner als in Dithmarschen. Mit Höhenlagen bis 65 m über NN und durchschnittlichen Niederschlägen < 700 mm unterscheidet sich diese Anbauregion klimatisch von dem küstennahen Anbaugebiet Dithmarschen. Außerdem profitiert der Frischkohlanbau im Rheinland von der Nähe zum urbanen Raum, während der Lagerkohl in Dithmarschen sowohl heimisch vermarktet, als auch exportiert wird. Des Weiteren unterscheiden sich die Betriebe in ihrer betriebsspezifischen Umsetzung des IPS und ihrer Motivation an dem Projekt teilzunehmen. Diese Ausgangslage und die unterschiedlich ausgeprägte Resonanz der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auf die Beratungsaktivitäten der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer schlugen sich in den Behandlungsintensitäten und deren Entwicklung über die Jahre nieder. Die Behandlungsintensitäten waren in beiden Anbauregionen signifikant unterschiedlich ($p<0,05$), weshalb in der nachfolgenden Auswertung zwischen Frischkohl und Lagerkohl unterschieden wird.

Im Kohlanbau wurden sowohl im Frisch- als auch im Lagerkohl die jungen Kohlpflanzen aus der Gewächshausaufzucht mittels Gießverfahren zum Schutz vor Schadinsekten (Kleine Kohlfliege, Kohlmottenschildlaus, Mehlige Kohlblattlaus) behandelt. Diese Maßnahme gilt als bewährt z. B. bei der Vorbeugung eines Befalls durch die erste Generation der Kleinen Kohlfliege.

In SH wurden die Jungpflanzen von 61 % der Schläge vor der Pflanzung mit Spintor zur Vorbeugung der Kleinen Kohlfliege angegossen. Bei Pflanzungen Ende März bis Anfang April wurde auf die Angießbehandlung verzichtet, da zu diesem Zeitpunkt kein Befallsrisiko durch die Kleine Kohlfliege bestand. Auch auf Schlägen, auf denen die Kleine Kohlfliege in den Jahren zuvor nur gering auftrat wurde auf die Jungpflanzenbehandlung verzichtet. In NW wurden die Jungpflanzen von 53 % der Schläge vor der Pflanzung mit Dantop zur Vorbeugung der Kleinen Kohlfliege und der Kohlmottenschildlaus oder Confidor WG 70 zur Vorbeugung von Blattläusen behandelt. Mit dem Wegfall von Dantop im Jahr 2018 wird das Schädlingsmonitoring in den Betrieben

zusätzlich an Bedeutung gewinnen. Die Insektizidbehandlung mit SpinTor nach der Pflanzung erreicht vergleichsweise nur geringe Wirkungsgrade.

Im Frischkohl nahmen Insektizide, Fungizide und Herbizide im Durchschnitt der Jahre und Schläge jeweils Anteile von 79,6 %, 14,7 % und 5,6 % am Gesamt-BI ein. Im Lagerkohlanbau wurden verhältnismäßig mehr Herbizide appliziert, als im Frischkohl. Insektizide, Fungizide und Herbizide nahmen im Durchschnitt der Jahre und Schläge jeweils Anteile von 55,2 %, 25,6 % und 19,2 % am Gesamt-BI ein. In beiden Anbauregionen wurden der Betrieb und das Jahr als signifikante Einflussfaktoren auf den Gesamt-BI identifiziert ($p<0,05$).

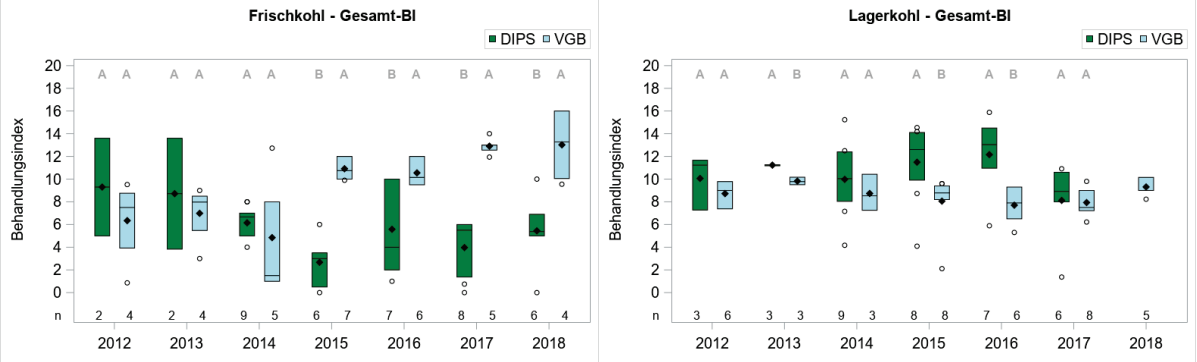


Abb. 62. Gesamt-Behandlungsindex in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH).
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

In den Demonstrationsbetrieben mit **Frischkohlanbau** wurden Pflanzenschutzmittelanwendungen im Durchschnitt der Schläge und Jahre mit 6 Überfahrten durchgeführt. Der Gesamt-BI betrug im Durchschnitt der Schläge 9,3 (2012), 8,7 (2013), 6,1 (2014), 2,6 (2015), 4,8 (2016), 3,3 (2017) und 5,5 (2018). Damit waren die Gesamt-BI in den Demonstrationsbetrieben mit Frischkohlanbau in den Jahren 2015, 2016, 2017 und 2018 signifikant geringer als in den Vergleichsbetrieben (Abb. 62). Der Gesamt-BI war in den Vergleichsbetrieben mit Werten von 6,4 (2012), 7,0 (2013), 5,8 (2014), 10,7 (2015), 10,5 (2016), 12,9 (2017) und 12,0 (2018) durchschnittlich um einen Wert von 4 höher als in den Demonstrationsbetrieben. Grund dafür waren vor allem die im Durchschnitt höheren Fungizid- und Herbizid-BI. Die Streuung der Einzelwerte war sowohl in den Demonstrationsbetrieben wie auch den Vergleichsbetrieben hoch (s_{DIPS}= 3,4; s_{VGB}=4,0). Die Spannweite der Einzelwerte reichte in den Demonstrationsbetrieben von 0 bis 13,6 und in den Vergleichsbetrieben von 0,9 bis 16. Auf die Gründe und Details wird an anderer Stelle eingegangen.

In den Demonstrationsbetrieben für **Lagerkohlanbau** wurden Pflanzenschutzmittelanwendungen mit durchschnittlich 12 Überfahrten je Schlag durchgeführt, d. h. mit doppelt so vielen Überfahrten als im Frischkohl. Die jährlichen Gesamt-BI betrugen in den Demonstrationsbetrieben im Durchschnitt der Schläge 10,1 (2012), 11,2 (2013), 10,0 (2014), 11,2 (2015), 12,4 (2016) und 8,1 (2017). Der Gesamt-BI war tendenziell (2014, 2017) und signifikant (2015, 2016) höher als in den Vergleichsbetrieben. In den Vergleichsbetrieben betrug der Gesamt-BI in den genannten Jahren im Durchschnitt der Schläge 8,7 (2012), 9,8 (2013), 8,7 (2014), 7,6 (2015), 7,0 (2016) und 8,0 (2017). Die Streuung der Einzelwerte war insbesondere in den Demonstrationsbetrieben hoch (s_{DIPS}=3,5; s_{VGB}=1,9). Die Spannweite der Gesamt-BI reichte von 1,4 bis maximal 15,9 in den Demonstrationsbetrieben und in den Vergleichsbetrieben von 2,1 bis maximal 10,4. Die Behandlungen erfolgten flächen- und situationsspezifisch. Beispielsweise waren die Demonstrationsbetriebe 2016 durch enormen Kohlmottenbefall betroffen, was sich in hohen Insektizid-BI bzw. Gesamt-BI niederschlug. In den Vergleichsbetrieben gab es 2016 keine solch hohen Behandlungsintensitäten.

Anwendung von Fungiziden in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau

Zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten wurden während der Kopfbildung und bis zur Ernte (BBCH 40-49) in den Demonstrationsbetrieben Fungizidbehandlungen durchgeführt. Diese erfolgten auf ganzer Fläche und wurden im Durchschnitt mit voller zugelassener Aufwandmenge ausgebracht. Die einfaktorielle Varianzanalyse konnte die Anbauregion/den Verwendungszweck und die Pflanzklasse als signifikante Einflussgrößen auf die Fungizid-

BI im Kohlanbau identifizieren ($p<0,05$). Nachfolgend wird zunächst auf die Fungizid-BI der beiden Anbauregionen eingegangen und anschließend der Einfluss der Pflanzklasse thematisiert.

Im Lagerkohl (SH) betrug der Fungizid-BI im Durchschnitt der Jahre rund 2,7 (MW F-BI_{min}=0; MW F-BI_{max}=4,6) und im Frischkohl (NW) rund 0,8 (MW F-BI_{min}=0; MW F-BI_{max}=5). Die Streuung der Einzelwerte war jedoch vergleichbar ($s_{Frischkohl}$=1,2; $s_{Lagerkohl}$=1,4). In SH zählten Ringfleckenkrankheit (*Mycosphaerella brassicicola*), *Phoma lingam*, Alternaria-Arten und *Botrytis cinerea* zu den bedeutenden Pilzkrankheiten am Kohl und wurden, wenn nötig, mit Fungiziden bekämpft. Im Lagerkohl entscheidet die Fungizidstrategie bereits während der Vegetationsperiode über mögliche Lagerverluste, daher muss hier in Abhängigkeit von der Witterung präventiv behandelt werden. Die genannten Krankheitserreger können Fäulen am eingelagerten Kohl verursachen, welche wiederum im Extremfall Totalverluste oder einen hohen Putzaufwand zur Folge haben. Im Durchschnitt erfolgten 2 bis 4 Fungizidbehandlungen. Ob der Lagerkohl zweimal oder viermal behandelt wurde bestimmte im Wesentlichen die Witterung, d. h. in Jahren mit viel Niederschlag wurden mehrere Behandlungen nötig und in trockenen Jahren konnten zwei Behandlungen die Lagerfähigkeit absichern. Im Lagerkohl wurden üblicherweise Fungizidbehandlungen mit Luna Experience (vorbeugende und kurative Wirkung) oder Flint (vorbeugende Wirkung) gegen Kohlschwärze (Alternaria-Arten) und Ringfleckenkrankheit (Mycosphaerella) durchgeführt. Nachfolgend wurde mit ASKON (vorbeugende und kurative Wirkung) gegen Ringfleckenkrankheit, Kohlschwärze, Weißer Rost und Echter Mehltau behandelt und Signum gegen Kohlschwärze, Ringfleckenkrankheit und Weißer Rost appliziert. In den Jahren 2015 bis 2017 haben die Demonstrationsbetriebe in Dithmarschen neben Lagerkohl auch einen Teil Frischkohl angebaut. Der Frischkohl wurde in der Regel gar nicht mit Fungiziden behandelt.

Der Vergleich mit den Vergleichsbetrieben zeigte, dass die Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe im Durchschnitt der Schläge 3,3 (2012), 4,0 (2013), 2,1 (2014), 2,9 (2015), 3,0 (2016) und 2,0 (2017) ähnlich hoch waren wie in den Vergleichsbetrieben mit Werten von 2,3 (2012), 4,4 (2013), 3,0 (2014), 2,6 (2015), 2,8 (2016) und 3,0 (2017). Im Jahr 2017 behandelten die Vergleichsbetriebe ihre Schläge mit rund einer zusätzlichen Fungizidanwendung. Wegen des geringen Stichprobenumfangs kann hier jedoch nicht von signifikant höheren, dafür aber von tendenziell höheren Fungizid-BI gesprochen werden.

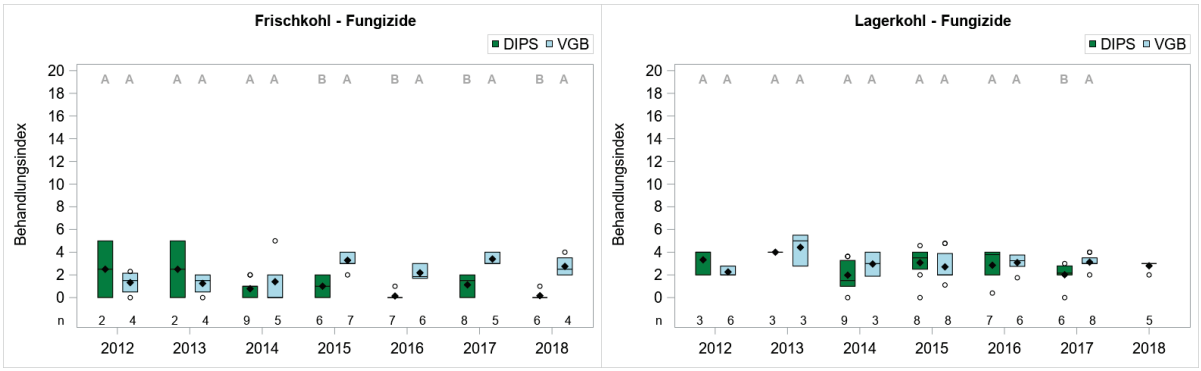


Abb. 63. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH).
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Im Rheinland bauten die Betriebe Spitzkohl als Frischkohl an. Alternaria hatte während des Projektes die größte Bedeutung und trat meistens im Spätsommer, in den mittleren und späten Spitzkohl-Sätzen auf, wenn die Bestände nicht richtig abtrocknen konnten wie z. B. unter Kulturschutznetzen. Echter Mehltau trat im Spitzkohl kaum auf und Falscher Mehltau meist nur leicht und in frühen und mittleren Kohlkulturen gar nicht. Phoma-Blattflecken traten im Spätsommer und Herbst auf, in feuchten Jahren wie z. B. 2017 häufiger und in trockenen Jahren wie 2018 kaum. Im Frischkohl erfolgten durchschnittlich 1 bis 2 Fungizidbehandlungen. Auch im Frischkohl in NW wurden bevorzugt ASKON wegen seiner breiten Wirksamkeit angewendet sowie Signum zur Behandlung von Phoma-Blattflecken. Der Vergleich mit den Vergleichsbetrieben zeigte, dass die Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe abgesehen von dem ersten Projektjahr 2014, in allen Jahren signifikant geringer waren

als in den Vergleichsbetrieben (Abb. 63). In den Demonstrationsbetrieben betrug der Fungizid-BI im Durchschnitt der Schläge 2,5 (2012, 2013), 0,8 (2014, 2015), 0,2 (2016), 0,8 (2017) und 0,2 (2018) und in den Vergleichsbetrieben 1,3 (2012, 2013), 1.8 (2014), 3,2 (2015), 2,1 (2016), 3,5 (2017) und 3,0 (2018). Gründe für die geringeren Fungizid-BI in den Demonstrationsbetrieben können das intensive Monitoring der Projektbetreuung und der witterungs- und standortbedingt unterschiedliche Befallsdruck sein sowie der Einsatz von Kulturschutznetzen in den Demonstrationsbetrieben (2015: 3 Schläge, 2016: 2 Schläge, 2017: 2 Schläge).

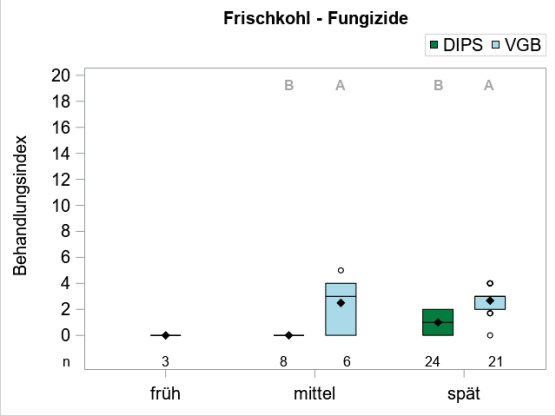


Abb. 64. Behandlungsintensität der Fungizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau in Nordrhein-Westfalen je Pflanzkategorie.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Hinzu kommt, dass die Vergleichsbetriebe ausschließlich mittlere und späte Kulturen anbauten, während die Demonstrationsbetriebe auf drei Schlägen Frühkohl kultivierten.

Die Behandlungsintensitäten der Fungizide werden im Frischkohl gesondert je Pflanzklasse analysiert, da die Pflanzklasse als signifikante Einflussgröße identifiziert werden konnte ($p<0,05$) (Abb. 64). In den Demonstrationsbetrieben wurden späte Kulturen durchschnittlich einmal mit Fungiziden behandelt, während mittlere und frühe Frischkohlkulturen unbehandelt blieben. Sowohl bei den Demonstrationsbetrieben als auch in den Vergleichsbetrieben waren die Fungizid-BI in den späten Frischkohlkulturen (MW F-$BI_{spät_VGB}$=2,6; MW F-$BI_{spät_DIPS}$=0,9) tendenziell höher als in den mittleren (MW F-BI_{mittel_VGB}=2,5; MW F-BI_{mittel_DIPS}=0) und frühen Kulturen (MW F-$BI_{früh_DIPS}$=0). Grund dafür war das im Vegetationsverlauf zunehmende Auftreten von Pilzkrankheiten, was durch die Abdeckung der Flächen mit Kulturschutznetzen in mittleren (2 Schläge) und späten (5 Schläge) Kulturen zusätzlich verstärkt wurde. Von den mit Kulturschutznetzen bedeckten Flächen kamen die 2 mittleren Sätze und 2 späten Sätze im Jahr 2016 ohne Fungizidbehandlungen aus. Die 3 späten Sätze unter Netz mussten 2015 und 2017 2-mal mit Fungiziden behandelt werden. Die Fungizid-BI der mittleren und späten Kulturen in den Vergleichsbetrieben waren signifikant höher als in den Demonstrationsbetrieben ($p<0,05$). Über die Anzahl Flächen mit Netzabdeckung liegen für die Vergleichsbetriebe keine Informationen vor.

Auch in Dithmarschen wurden die späten Kohlsätze oft intensiver mit Fungiziden behandelt, da sie erst im Herbst geerntet wurden und das oft regenreiche Herbstwetter Pilzkrankheiten förderte.

Anwendung von Herbiziden in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau

Zur Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern wurde im Kohlanbau vor der Pflanzung, da wo es möglich war und die Witterung es zuließ, gehackt oder mit Herbiziden behandelt. Nach der Pflanzung wurden Unkräuter bis zum Ende der Blattentwicklung des Kohls (BBCH 11-19) mit Stomp Aqua (Pendimethalin), Centium 36 CS (Clomazone), Butisan oder Rapsan 500 SC (Metazachlor) behandelt. Anschließend wurden Herbizide situationsspezifisch angewendet. Herbizide wurden im Durchschnitt der Jahre mit 1 (Frischkohl) bzw. 2 (Lagerkohl) Überfahrten ausgebracht. Die Herbizidbehandlungen erfolgten fast immer auf ganzer Fläche. Nur ein Betrieb behandelte im Jahr 2015 Teilflächen mit Herbiziden (37 %-66 % der Fläche). Im Frischkohl (NW) konnte auf 1 (2012), 1 (2013), 8 (2014), 4 (2015), 4 (2016), 8 (2017) und 5 (2018) Demonstrationsflächen auf

Herbizidbehandlungen verzichtet werden. In Dithmarschen war dies kaum umsetzbar. Lediglich auf einem Schlag konnte im Jahr 2017 herbizidfrei gearbeitet werden. Dafür wurde in Dithmarschen nach der Pflanzung standardmäßig sowie im Kulturverlauf in Abhängigkeit von der Witterung gehackt. Beispielsweise konnten in Dithmarschen bei nasser Witterung wie im Jahr 2016 einzelne Flächen nicht mechanisch bearbeitet werden. Stattdessen wurden zweimal Herbizide angewendet. Die Unterschiede zwischen den Behandlungsintensitäten der Herbizide beider Anbauregionen können auf die unterschiedlichen Witterungsbedingungen, das Unkrautpotential im Boden und damit auf den standortspezifischen Unkrautdruck zurückgeführt werden sowie auf unterschiedlich lange Standzeit der Kohlkulturen.

Anteilig an der Gesamtanzahl Herbizidbehandlungen nahmen Glyphosatbehandlungen insgesamt nur rund 15,2 % ein. Lediglich zwei Demonstrationsbetriebe wendeten jährlich glyphosathaltige Herbizide vor der Kohlpflanzung unter Berücksichtigung des notwendigen Maßes an.

Im Vergleich mit den Vergleichsbetrieben zeigte sich, dass sich die Herbizid-BI der Demonstrationsbetriebe mit Werten von min. 0 und max. 1 im Frischkohl und min. 0 und max. 4,1 im Lagerkohl (MW H-$BI_{DIPS_Frischkohl}$=0,3; MW H-$BI_{DIPS_Lagerkohl}$=2,0) nicht signifikant von denen der Vergleichsbetriebe unterschieden. In NW mussten auch die Flächen mit Netzabdeckung (3 der 7 Flächen) mit jeweils einer Herbizidmaßnahme behandelt werden. In den Vergleichsbetrieben betrugen die Herbizid-BI min. 0 und max. 3,9 im Frischkohl sowie min. 0 und max. 3,2 im Lagerkohl (MW H-$BI_{VGB_Frischkohl}$=1,0; MW H-$BI_{VGB_Lagerkohl}$=1,5) (Abb. 65). Neben dem Verwendungszweck/der Region konnte der Betriebe als weiterer signifikanter Einflussfaktor auf den Herbizid-BI identifiziert werden. Der Herbizid-BI schwankte in Abhängigkeit von der betriebsspezifischen Unkrautbekämpfungsstrategie und dem flächenspezifischen Unkrautdruck ($p<0,05$).

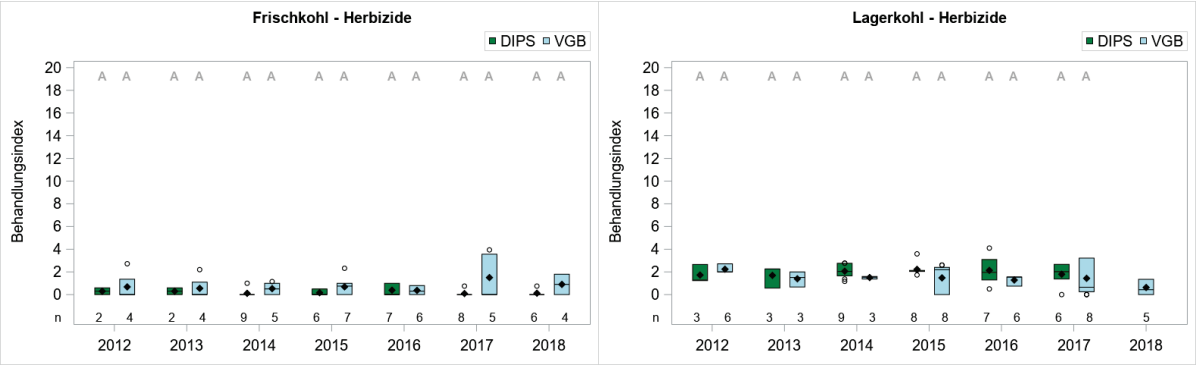


Abb. 65. Behandlungsintensität der Herbizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Frischkohl (NW) und Lagerkohl (SH).
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Insektiziden in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau

Die Vielzahl Kohlschädlinge wurde in den Demonstrationsbetrieben ab Ende April/Anfang Mai bis September, wenn nötig mit Insektiziden bekämpft. In den Frisch- und Lagerkohlkulturen erfolgten im Durchschnitt der Jahre rund 6 bzw. 5 Überfahrten für Insektizidbehandlungen. Die Insektizid-BI im Frischkohl betrugen min. 0 und max. 10 (2016) (MW I-$BI_{Frischkohl}$=4,1) und im Lagerkohl min. 0 und max. 10 (2016) (MW I-$BI_{Lagerkohl}$=5,7) (Abb. 66). Die großen Streuungswerte deuten darauf hin, dass in beiden Regionen der Schädlingsdruck schlagspezifisch sehr unterschiedlich ausfiel und situationsspezifisch behandelt wurde ($s_{Lagerkohl}$=2,0; $s_{Frischkohl}$=3,0).

Im Frischkohl (NW) wurden insgesamt 7 Flächen mit Kulturschutznetzen bedeckt. In den 2 mittleren Kohlkulturen (2015, 2017) wurden keine und in den späten Kulturen (2015, 2016, 2017) nur 1 bis maximal 4 (2017) Insektizidbehandlungen durchgeführt. Im Jahr 2016 musste eine Fläche mit Netzbedeckung aufgrund immigrierter Kohlmotten mehrmals mit Insektiziden behandelt werden (BI=10). Dies zeigte, dass der Einsatz von Kulturschutznetzen zur Reduktion von Insektizidbehandlungen führen kann, aber im Falle von Schädlingsbefall unter der Abdeckung auch zusätzliche Behandlungen nötig werden können.

Das Schädlingsauftreten wurde ab 2014 von der Projektbetreuung mit den vorhandenen Monitoringmethoden überwacht und konnte zu Einsparungen im Bereich der Insektizide beitragen, obgleich in den Jahren 2014 und 2016 noch einige wenige unnötige Insektizidbehandlungen in den Betrieben erfolgten. Auf prophylaktische Behandlungen z. B. zur Getreideernte wurde verzichtet. Insektizidanwendungen erfolgten nur bei tatsächlichem Befall und nach Überschreitung der Schadschwelle. Kohlschädlinge wurden dann möglichst beim Zuflug in die Kohlbestände mit Kontaktmitteln bekämpft. Die Larven im Bestand wurden mit systemischen Insektiziden behandelt. Die Behandlungen erfolgten alle mit voller Aufwandmenge, um Resistenzen zu vermeiden. Auf einen regelmäßigen Wirkstoffwechsel wurde geachtet. In den Jahren 2015 bis 2018 konnte auf insgesamt 7 Schlägen insektizidfrei gearbeitet werden.

Tendenziell wurden die mittleren und späten Kohlkulturen stärker mit Insektiziden behandelt als frühe Kohlkulturen (Abb. 67). Das lag daran, dass hohe Temperaturen ab Juni Schmetterlingsraupen des Kleinen Kohlweißlings (*Pieris rapae*) und des Großen Kohlweißlings (*Pieris brassicae*) begünstigen. Somit war der Raupendruck im Frühjahr häufig geringer als bei späten Sätzen (z. B. 2017 und 2018).

In den Vergleichsbetrieben betrugen die Insektizid-BI im **Frischkohl** min. 1 und max. 14 (2018) (MW I-$BI_{VGB_Frischkohl}$=6,1) (Abb. 66). Im Jahr 2014 waren die Insektizid-BI in den Demonstrationsbetrieben signifikant höher als in den Vergleichsbetrieben. Die Demonstrationsbetriebe behandelten in dem Jahr ihre Kulturen intensiv mit 6 Überfahrten und Insektizid-BI von 4 bis max. 6 (vgl. MW I-BI_{VGB}=3,4; min. 1; max. 7). Von den durchgeführten Behandlungen waren 5 unnötig. Im weiteren Projektverlauf wurden unnötige Maßnahmen vermieden. Mit Ausnahme des Jahres 2016, in welchem es in Folge enormen Schädlingsdrucks sowie unnötiger Maßnahmen zu hohen Bekämpfungszahlen kam. In den Jahren 2015 und 2017 waren die Insektizid-BI der Demonstrationsbetriebe signifikant geringer als in den Vergleichsbetrieben. Gründe dafür sind das standortspezifische Schädlingsauftreten, das intensive Monitoring der Projektbetreuung, d. h. die Behandlungen nur bei tatsächlichem Befall und nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle sowie der Netzabdeckung von insgesamt 3 Schlägen (2015) und 2 Schlägen (2017). Im heißen Sommer 2018 sorgte vermutlich der Wirkungsabfall der eingesetzten Insektizide bei gleichzeitig ansteigendem Schädlingsdruck im Vegetationsverlauf für hohe Behandlungsintensitäten.

Im **Lagerkohl** betrug der Insektizid-BI der Vergleichsbetriebe min. 1 und max. 6 (2016) (MW I-$BI_{VGB_Lagerkohl}$=3,8). In den Jahren 2015 und 2016 waren die Behandlungsintensitäten in den Demonstrationsbetrieben höher als in den Vergleichsbetrieben. Im Kohlmottenjahr 2016 behandelten die Demonstrationsbetriebe ihre Kulturen nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle für die Kohlmotte. Dies führte dazu, dass alle Entwicklungsstadien der Kohlmotte in den Kulturen bereits etabliert waren und der Wirkungsgrad der Insektizidbehandlungen stark abnahm. In den Vergleichsbetrieben wurde vermutlich früher, nach dem ersten Auftreten der Kohlmotte, behandelt und der Befall somit frühzeitig unter Kontrolle gebracht. Die Bekämpfung nach Überschreitung der Schadschwelle führte somit zu deutlich mehr Insektizidanwendungen. Vor diesem Hintergrund gilt es die Bekämpfungsschwellen auch im Hinblick auf die verfügbaren Pflanzenschutzmittel, mit den entsprechenden Wirkungsgraden, anzupassen. Die Gefahr zusätzlicher Insektizidbehandlungen in Folge der Bekämpfung nach Bekämpfungsschwellen ist aus Sicht der Projektbetreuung besonders bei Schädlingen mit einem schnellen Entwicklungszyklus und hohem Vermehrungspotential gegeben. Ein Massenauftreten von Kohlschädlingen wie der Kohlmotte und der Mehligen Kohlblattlaus wird durch trockene, warme Witterung begünstigt. Vor dem Hintergrund des Klimawandels stellt die Befallseinschätzung und Bekämpfung mit der ohnehin geringen Anzahl verfügbarer Insektizide im Kohlanbau eine Herausforderung dar.

Die beiden Anbauregionen waren bezüglich des Klimas und des regionalen Anbauspektrums sehr verschieden und es bestanden klare Unterschiede im Schädlingsspektrum. Darüber hinaus war das Schädlingsauftreten in den Regionen sehr standortspezifisch und wurde durch die Nähe zu Wirten der Kohlschädlinge beeinflusst. Nachbarflächen, Vorkulturen, aber auch ungenügende Feldhygiene, wie fehlendes Unterpflügen von Ernteresten, können zu grünen Brücken führen und das Auftreten einiger Schädlinge während der gesamten Vegetationszeit fördern. In Dithmarschen konnten Schädlinge trotz „Gesundlage“ (Küstennähe, windoffene Flächen) ertragswirksame Kulturschäden verursachen. Beispielsweise trat im Jahr 2016 ein enormer Befall durch die Kohlmotte auf und die Insektizid-BI waren entsprechend hoch, im Durchschnitt 7,2 und maximal 10.

Darüber hinaus wurde das Auftreten von Thripsen in der küstennahen Anbauregion durch die hohe Luftfeuchtigkeit (> 80 % rel. LF), aber auch durch die benachbarten ackerbaulichen Kulturen (Getreideanbau) begünstigt. Thripse immigrieren nach der Getreideernte in die Kohlkultur (SHELTON et al., 1998, KAHRER & GROSS, 2002). Aber auch die Nähe zu Zwiebel- und Porreekulturen kann Thrips-Befall zusätzlich begünstigen (RICHTER et al., 1999, BURNSTONE & COLLIER, 2009). Rapsfelder begünstigen den Zuflug von Blattläusen, Rapsglanzkäfern, Kohltriebrüsslern und der Kohlmottenschildlaus.

In NW wurden die aufwendigen Thrips-Bonituren eingestellt, da der Schädling in der Region keine Relevanz hatte. Ein weiterer Unterschied zur Region Dithmarschen ist, das im Rheinland die Kleine Kohlfliege in trockenen Jahren mit bis zu 4 Generationen auftrat. Gegen die erste Generation waren die Kohlpflanzen wegen des Gießverfahrens mit Insektiziden vor der Pflanzung geschützt. Die nachfolgenden Generationen bereiteten allerdings Probleme. Im Jahr 2016 wurde auch im Rheinland ein starker Schädlingsbefall verzeichnet, ebenfalls mit hohen Insektizid-BI von im Durchschnitt 4,2 und maximal 10. Die Behandlungen richteten sich gegen die Kohlmotte und gegen die Kohlmottenschildlaus („Weiße Fliege“). Im Jahr 2018 richteten Kohldrehherzgallmücken teilweise sehr große Schäden an. Dieser Schädling spielte wiederum in Dithmarschen keine Rolle.

Wegen der hohen Temperaturen und der Trockenheit im Jahr 2018 trat trotz Bewässerungsmaßnahmen mehrmals ein mehrwöchiger Wachstumsstopp in den Kohlkulturen auf. Die angewendeten Insektizide u. a. gegen die Kohlmotte wirkten z. T. nicht, da die systemischen Mittel wie SpinTor, Movento 150 OD und Perfekthion nicht in der Pflanze verlagert wurden. Der Bekämpfungserfolg von Kontaktinsektiziden wie z. B. Karate Zeon hing davon ab, wie feintropfig die Applikation und wie gut die Benetzung der gesamten Blattoberfläche war. Einige Kohlschädlinge wie Thripse und auch die Kohlmottenschildlaus verstecken sich oft geschützt in den Blattscheiden und wurden dort nur schwer erfasst. In trocken-heißen Sommern musste die Wasseraufwandmenge erhöht werden und Netzmittel wie z. B. BreakThru hinzugegeben werden. Günstige Witterungsbedingungen zur Insektizidapplikation gab es häufig nicht und Pflanzenschutzmaßnahmen überschnitten sich mit den Feldarbeiten für die Bewässerung in den frühen Morgenstunden. Zusätzlich muss die Temperaturstabilität der Mittel berücksichtig werden. Bei Temperaturen über 25 Grad nimmt die Wirkung von Bulldock und Karate Zeon nach Aussage der Projektbetreuung ab. Der Einsatz von Kulturschutznetzen wird zukünftig sicherlich an Relevanz gewinnen. Es besteht jedoch Forschungsbedarf nach neuen Wirkstoffen mit breiteren Wirkungsspektren sowie weiteren alternativen Pflanzenschutzverfahren, welche auch auf großen Flächen umsetzbar sind und einen akzeptablen Arbeitsaufwand benötigen.

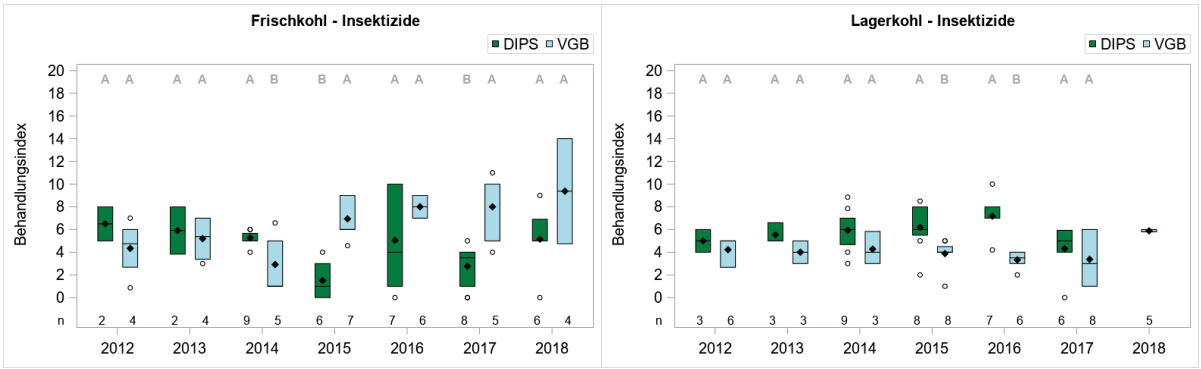


Abb. 66. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau je Verwendungszweck.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

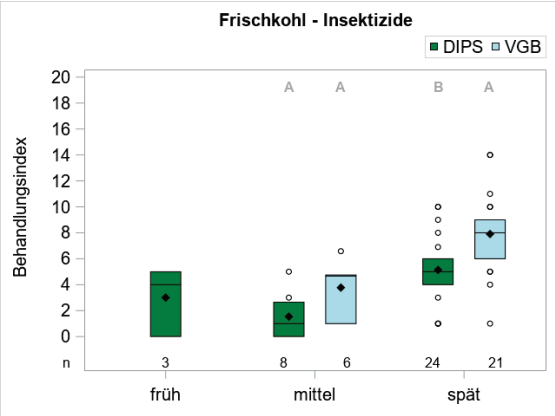


Abb. 67. Behandlungsintensität der Insektizide in den Demonstrationsbetrieben (DIPS) und Vergleichsbetrieben (VGB) im Kohlanbau in Nordrhein-Westfalen je Pflanzkategorie.
(Vorherjahre 2012 und 2013, Demonstrationsflächen 2014-2017/18), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Auswertung der Restflächen

Die Untersuchung der Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe mit den Restbetriebsflächen ergab im Möhrenanbau keine signifikanten Unterschiede. Im Restbetrieb betrugen die durchschnittlichen Insektizid-BI in frühen Kulturen 3,0, in mittleren 4,6 und in späten 7,6. Die Werte unterschieden sich somit kaum von denen der Demonstrationsflächen. Dies gilt auch für die übrigen Pflanzenschutzkategorien. Grund dafür ist, dass die Betriebe ihre Pflanzenschutzstrategie an einzelnen Stellschrauben optimiert, diese aber nicht grundlegend verändert haben. Verbesserungen der Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Mittelwahl werden durch den Indikator Behandlungsindex nicht abgebildet.

Im Kohlanbau konnte aufgrund der unvollständigen Restbetriebsflächen kein Vergleich stattfinden.

7.5. Notwendiges Maß

In den Demonstrationsbetrieben für **Möhrenanbau** bewerteten die Pflanzenschutzexpertinnen und Pflanzenschutzexperten der Pflanzenschutzdienste im Durchschnitt der Projektjahre (2014-2018) bei 99,1 % der insgesamt 456 Pflanzenschutzmittelanwendungen die Einhaltung des notwendigen Maßes (Abb. 68). In den Jahren 2015, 2017 und 2018 wurde die Maßgabe zu 100 % erfüllt. Allerdings wurden insgesamt 4,2 % der notwendigen Behandlungen (2014-2018 Durchschnitt) kritisch kommentiert. Die kritischen Kommentare betrafen zu Beginn des Projektes (2014 und 2015) zu spät durchgeführte Insektizid-Anwendungen zur Bekämpfung der Möhrenfliege (insgesamt 3 Behandlungen). In den Jahren 2016 und 2017 wurden Fungizidbehandlungen kritisiert, welche zu früh durchgeführt oder mit über- bzw. unterdosierter Aufwandmenge appliziert wurden (insgesamt 7 Behandlungen). Auch im Jahr 2018 war es die Dosierung, welche bei Fungizidbehandlungen beanstandet wurde sowie bei Herbizid-Behandlungen die Dosierung und die Mittelwahl (insgesamt 9 Behandlungen).

Die insgesamt vier unnötigen Maßnahmen waren Insektizid-Behandlungen zur Bekämpfung von Blattläusen und der Möhrenfliege, welche in den Jahren 2014 und 2016 in zwei Demonstrationsbetrieben durchgeführt wurden.

Die Auswertung zur Einhaltung des notwendigen Maßes spiegelt die Problembereiche im Möhrenanbau wider. Es stehen nur noch wenige zugelassene Herbizide zur Auswahl, daher ist die Mittelwahl sehr eingeschränkt. Des Weiteren gibt es keine Entscheidungshilfesysteme wie Prognosemodelle für Pilzkrankheiten in Möhren sowie keine Bekämpfungsschwellen für Möhrenschädlinge, die Korrelationen zum tatsächlichen Befall und Befallsschaden zulassen.

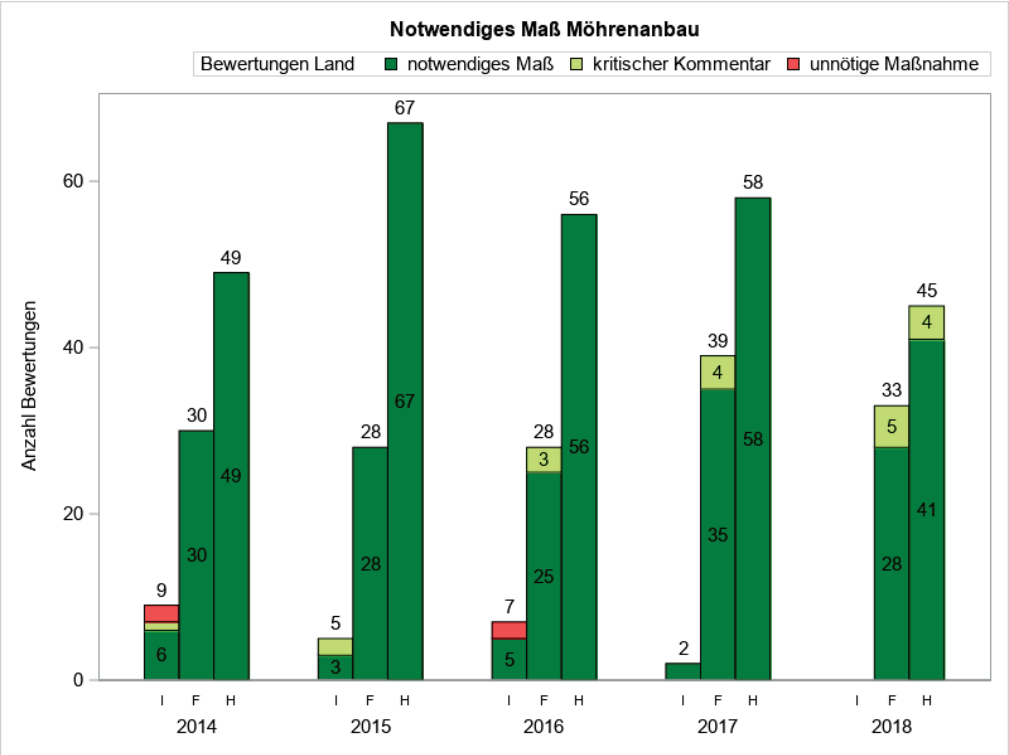


Abb. 68. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Möhrenanbau, 2014-2018. Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie I: Insektizide, F: Fungizide, H: Herbizide.

In den Demonstrationsbetrieben für **Kohlanbau** attestierten die Pflanzenschutzexpertinnen und Pflanzenschutzexperten der Pflanzenschutzdienste im Durchschnitt der Projektjahre (2014-2018) bei 87,0 % der insgesamt 532 Pflanzenschutzmittelanwendungen die Einhaltung des notwendigen Maßes (Abb. 69). Dennoch wurden anteilig an den notwendigen Maßnahmen 21,7 % der Behandlungen (2014-2018 Durchschnitt) kritisch kommentiert. Im Jahr 2014 betrafen die kritischen Kommentare die nicht optimale Mittelwahl von Insektiziden und eine zu früh durchgeführte Fungizidbehandlung. Durch die intensive Beratung wurden die Landwirtinnen und Landwirte im Bezug auf die Mittelwahl im Projektverlauf sensibilisiert. Außerdem wurden 2016 und 2017 zu frühe Behandlungen mit Insektiziden und Fungiziden kritisiert. Im Jahr 2017 wurde eine Fungizid-Aufwandmenge zu stark reduziert. Herbizide wurden in allen Jahren im notwendigen Maß und ohne kritische Kommentare angewendet.

Unnötige Maßnahmen erfolgten ausschließlich in den Jahren 2014 (16,7 %), 2015 (25,0 %) und 2016 (20,0 %) und betrafen ausschließlich Insektizidbehandlungen (insgesamt 19 Behandlungen). In den Jahren 2014 und 2015 waren es Behandlungen gegen Schmetterlingsraupen, Thripse, Kohlschabe, Blattläuse und Kleine Kohlfliege. Als Entscheidungsgrundlagen wurde das Monitoring des Projektbetreuers, die Beratung und Erfahrungswerte genannt. Die Tatsache, dass nicht nur einzelne Betriebe, sondern alle Demonstrationsbetriebe Unsicherheiten in der Anwendung von Insektiziden aufwiesen zeigt, dass im Bereich der Befallseinschätzung und Entscheidungshilfen ein klarer Forschungsbedarf besteht, um die Umsetzung des IPS im Kohlanbau zu optimieren. Durch die intensive Betreuung der Betriebe und die wöchentlichen Bonituren konnte der Anteil unnötiger Maßnahmen im Projekt reduziert und in den Jahren 2017 und 2018 sogar vermieden werden.

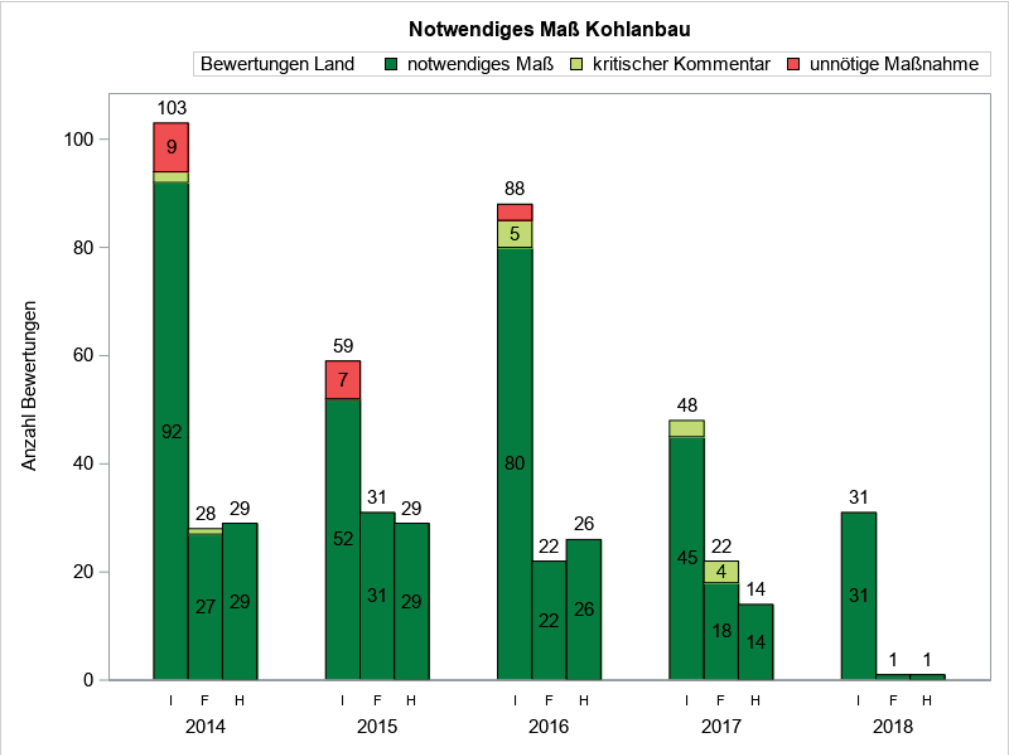


Abb. 69. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Kohlanbau, 2014-2018. Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie I: Insektizide, F: Fungizide, H: Herbizide.

7.6. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS

Möhrenanbau

In der folgenden Auswertung werden die einzelbetrieblichen Bewertungen der Umsetzung der *JKI-Leitlinien zum IPS im Gemüsebau* (FREIER et al., 2015b) betrachtet (Abb. 70). Die Demonstrationsbetriebe für Möhrenanbau lagen in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen. Die Auswertung der Checklisten erfolgte von 2013, welches das Vorherjahr der Betriebe war, bis 2018. Im Jahr 2016 trat ein Möhrenbetrieb in der Pfalz vorzeitig aus dem Projekt aus, dieser konnte aber durch einen neuen Möhrenbetrieb ersetzt werden, welcher dann von 2017 bis 2018 am Projekt teilnahm.

Die Auswertung der Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS zeigte während der gesamten Projektzeit einen Anstieg des Niveaus, auf welchem die Betriebe den IPS umsetzten. Die Verbesserungspotentiale bei der Umsetzung des IPS wurden unterschiedlich stark ausgenutzt. Die Entwicklungsspannen der Möhrenbetriebe betrugen 21 % (B1), 13 % (B2), 15 % (B3), 21 % (B4), 3 % (B5). Die Umsetzung der Forderungen der einzelnen Checklistenabschnitte wird nachfolgend genauer erläutert.

Nach dem Einstieg in das Demonstrationsvorhaben richteten die Betriebe ihren Pflanzenschutz nach den Anforderungen der *JKI-Leitlinien zum IPS im Möhrenanbau* aus (FREIER et al., 2015b). Im Jahr 2013 standen die JKI-Leitlinien noch nicht zur Verfügung. Diese wurden erst im Jahr 2014 erarbeitet. Ein Betrieb beteiligte sich an der Erstellung der JKI-Leitlinien im Jahr 2014 und erhielt aus diesem Grund als einziger die volle Punktzahl. Ab 2015 erhielten alle Betriebe jährlich die volle Punktzahl. Den anderen Betrieben waren die Leitlinien weitestgehend bekannt, sie erhielten die halbe Punktzahl. Die Betriebe haben die für Umsetzung des IPS notwendigen Informationen eingeholt und sich ständig weitergebildet. Die Betriebe haben Fachinformationen und den Warndienst-Service genutzt, Fachzeitschriften gelesen und Fachveranstaltungen sowie Weiterbildungen besucht (**Abschnitt A**).

Bei der Umsetzung befallsvorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt B**) waren die Betriebe bemüht, Anbaupausen einzuhalten und sinnvolle Vorkulturen zu wählen. Die Einhaltung von Anbaupausen gestaltete sich schwierig, da die spezialisierten Möhrenbetriebe von Frühjahr bis Herbst in mehreren Sätzen Möhren produzieren und eine Flächenknappheit besteht. Dennoch wurden mindestens dreijährige Fruchtfolgen

eingehalten. Punktabzüge gab es vor allem zum Projektbeginn, wenn Anbaupausen nicht eingehalten wurden, die Vorfrüchte nicht sinnvoll waren oder keine Bodenproben für die Standortwahl genutzt wurden. Im Projektverlauf konnten sich alle Betriebe verbessern. Für die Auswahl der Flächen wurden z. T. die Ergebnisse aus den Bodenproben auf Nematoden- und Chalara-Befall herangezogen. Zukünftig wird die Fruchtfolge stärker im Fokus der Betriebe stehen, insbesondere vor dem Hintergrund, dass weitere Wirkstoffe aus der Zulassung verschwinden. Die Bodenbearbeitung wurde standortgerecht und situationsbezogen durchgeführt. Entsprechend der Aussaatklasse (früh, mittel, spät) wurden auch die Flächen bzw. die Bodenart berücksichtigt. Frühe Möhrenkulturen wurden auf leichten Böden und späte Möhrenkulturen auf schweren Böden angebaut. Alle Betriebe erhielten für die Bodenpflege die volle Punktzahl.

Bei der Sortenwahl sind die Betriebe wenig flexibel. Es gibt kaum vermarktungsfähige tolerante Sorten. Ein Betrieb hat die Sorte Cadance angebaut, welche tolerant gegen Mehltau ist, bei Trockenheit aber Mindererträge aufweist. Grundsätzlich bestimmt jedoch der Handel über die Sortenwahl. Nach Aussage der Projektbetreuung werden die Aussaatzeiten bzw. der Erntetermin und die Sortenwahl vom Lebensmitteleinzelhandel bestimmt. In erster Linie sollten die Möhren haltbar und geschmackvoll sein, auch Form und Größe der Möhren spielen eine Rolle z. B. bei Waschmöhren, welche in einheitliche Plastikschalen passen müssen. Den Betrieben bleibt hier nur wenig Spielraum. Auch ist die Vermarktungssituation in grenznahen Gebieten schwierig, es herrscht ein hoher Konkurrenzdruck unter den Produzenten. Auch weil prinzipiell keine Verträge zwischen Handel und Betrieb geschlossen, sondern nur „lose“ Absprachen mit dem Lebensmitteleinzelhandel getroffen werden. Die Bewertung der Saatzeiten und der Sortenwahl erfolgte aus den genannten Gründen pauschal und in allen Betrieben in allen Jahren gleich, mit jeweils 0,5 Punkten Abzug.

Laut JKI-Leitlinie zum IPS in Möhre sind die organische und mineralische Düngung sowie die Bewässerung auf den Bedarf der Pflanzen abzustimmen und so zu gestalten, dass dem Auftreten von Schaderregern vorgebeugt wird. Ohne Beregnung ist der Gemüseanbau in der Pfalz und im Rheinland nicht möglich. Ein Betrieb erweiterte seine Bewässerungsfläche, so dass es zu weniger Problemen mit Unkräutern und Möhrenschorf auf den Flächen kam. Ab 2015 wurden alle Möhrenflächen beregnet und alle Betriebe erhielten die volle Punktzahl. Es zeigte sich insbesondere im trockenen und heißen Jahr 2018, dass es bei Beregnung zu enormen Arbeitsspitzen kommt, in denen nachts bewässert und in der Früh Pflanzenschutzmaßnahmen und andere Kulturmaßnahmen erfolgen müssen. Die Bewässerung erfolgte in den Betrieben mittels Brunnen, Grund- und Trinkwasser. Nach Aussage der Projektbetreuung ist vor dem Hintergrund des Klimawandels eine Konkurrenzsituation mit anderen Betrieben wie z. B. Weinbau zukünftig vorstellbar. Die Förderung von Pilzen durch Bewässerungsmaßnahmen lässt sich nicht vermeiden. Dem Befall mit Möhrenschorf wird jedoch entgegengewirkt. Jährliche Schwankungen ergaben sich daraus, dass die Betriebe die Ergebnisse aus Bodenproben (Nematoden-, Chalara-Befall) in ihre Flächenwahl jährlich mehr oder weniger einbezogen, die Anbaupausen zu kurz waren oder die Vorkulturen nicht immer passten. Alle Betriebe konnten sich in den genannten Punkten zum Projektende verbessern (MW 12,75 Punkte 2013; MW 14,5 Punkte 2018).

Individuelle Handlungsspielräume zur weiteren Optimierung des IPS in den Betrieben zeigten sich bei **Förderung und Nutzung natürlicher Regelmechanismen** (**Abschnitt C**). Die Betriebe wählten die Pflanzenschutzmittel entsprechend ihrer Wirksamkeit aus und unterlagen bei der Mittelwahl den Restriktionen des LEH und des Pflanzenschutzrechts. Die Palette zugelassener Pflanzenschutzmittel ist klein, gegen den Hauptschädling die Möhrenfliege gibt es beispielsweise keine nützlingsschonenden Insektizide. Des Weiteren muss Resistenzmanagement betrieben werden, welches die Forderungen des LEH berücksichtigt, z. B. im Hinblick auf die maximal zulässige Anzahl von Wirkstoffrückständen. Trotz alledem waren die Betriebe bestrebt nützlingsschonende Mittel anzuwenden, z. B. Primor Granulat gegen Blattläuse. Die vergebenen Punktzahlen schwankten bei allen Betrieben im Projektverlauf, da nützlingsschonende Mittel nicht immer bevorzugt werden konnten.

Die Strukturelemente und Kleinstrukturen der Landschaft wie Grün- und Waldstreifen wurden erhalten. Während des Projektes wurden vom Land keine oder nur wenige Agrarumweltmaßnahmen (AUKM) angeboten. Zwei Betriebe beteiligten sich an Programmen. Das regional unterschiedlich große Angebotsspektrum von Agrarumweltprogrammen stellte sich als systembedingtes Defizit heraus. Insbesondere ab 2015 setzten

einzelne Betriebe vermehrt freiwillige ökologische Schutzmaßnahmen um und bauten Bienenweiden an. Ab 2017 erhielten 3 von 4 Betrieben die volle Punktzahl (10 von 10 Punkten).

Bezüglich der **Befallsüberwachung und Nutzung von Entscheidungshilfen** (**Abschnitt D**) konnten sich einzelne Betriebe im Projektverlauf verbessern, indem Bonituren und Schadschwellen stärker als Entscheidungshilfe für oder gegen Behandlungen herangezogen wurden. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter haben ihre Flächen genau im Blick und kontrollieren den Gesundheits- und Entwicklungsstand bei Feldbegehungen oder haben Beraterinnen und Berater an ihrer Seite, welche die Bestandskontrollen durchführen. Genaue Bonituren, unter Zuhilfenahme von Fallen, wie sie die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer durchgeführt haben, können aufgrund des Arbeitsumfangs nicht geleistet werden. Außerdem lassen sich die Boniturergebnisse wegen fehlender praktikabler Bekämpfungsschwellen nicht interpretieren. Nur die Bekämpfungsschwelle der Möhrenfliege wurde von den Betrieben genutzt, die Fänge korrelierten jedoch nicht mit dem Befall. Die vorhandenen Prognosemodelle wie PSIROS waren im Projekt nur unzureichend nutzbar. Die Betriebe waren bei der Befallseinschätzung überwiegend auf ihre eigenen Erfahrungen und die Hinweise der Beratung angewiesen. 3 Betriebe erhielten für die Jahre 2014 bis 2018 13 von 15 Punkten. Der Berater eines Betriebs hat eine eigene Bekämpfungsschwelle für Möhrenfliegen entwickelt, auf deren Grundlage Insektizidbehandlungen eingespart werden konnten. Dieser Betrieb erhielt im Projekt als einziger 14 von 15 Punkten in den Jahren 2014 bis 2018. Punktabzüge (-1 Punkt) sind auf die genannten systembedingten Defizite zurückzuführen.

Bei der **Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen** (**Abschnitt E**) wird aus den z. T. schwankenden Punktzahlen zwischen den Jahren und zwischen den Betrieben ersichtlich, dass die Umsetzung der nichtchemischen Pflanzenschutzmaßnahmen sowie die Umsetzung der Pflanzenschutzmittelbehandlungen jährlich sehr unterschiedlich ausfiel. Die Betriebe sammelten im Projektverlauf Erfahrungen mit der Erprobung verschiedener nichtchemischer Verfahren. Beispielsweise wurden vor Projektbeginn sowie im ersten Projektjahr Unkräuter nicht gehackt. Im Projektverlauf kam die Maßnahme häufiger zum Einsatz und ergänzte die Herbizid-Strategie in einzelnen Betrieben. Das biologische Fungizid Contans WG wurde in einem Betrieb erprobt und wird auch nach Projektende weiter genutzt. Bei der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel gab es Punktabzüge für die Durchführung unnötiger Maßnahmen. Diese nahmen im Projektverlauf durch die Unterstützung der Projektbetreuung hinsichtlich der Terminierung der Pflanzenschutzmittelanwendungen ab. Alle Betriebe führten Teilflächenbehandlungen mit Herbiziden durch. Ein Betrieb bekam Punktabzüge, weil er 2017 und 2018 die Aufwandmenge mehrerer Fungizidbehandlungen reduzierte. Da damit die Resistenzgefahr erhöht wird, versprach der Betriebsleiter solche „Experimente“ zukünftig zu vermeiden. Die Betriebe verwendeten Pflanzenschutztechnik mit 75 %-iger, 90 %-iger und 95 %-iger Abdriftminderung. Der Vergleich mit den Vergleichsbetrieben entfällt aufgrund der unterschiedlichen Anbauzeiträume der Kulturen. Auch die Abschätzung des ökologischen Risikos mittels SYNOPS-GIS entfällt, da diese nicht flächenspezifisch erfolgt und eine Bewertung auf Basis verteilter Flächen in der Anbauregion nicht gerechtfertigt wäre.

Bei der Kontrolle der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen und der Dokumentation von Befallsermittlung/Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt F**) bestanden vor dem Projekt sowie zum Projektbeginn bei allen Betrieben Verbesserungspotentiale (MW 12,25 Punkte 2013, MW 4,38 Punkte 2014). Im Laufe des Projektes wurde die Wirksamkeit der Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Bonituren oder Feldbegehungen kontrolliert, die gewonnenen Erkenntnisse wurden jedoch nur teilweise vermerkt. Spritzfenster stellten im Projekt eine gute Möglichkeit zur Kontrolle der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmittelanwendungen dar. Pflanzenschutzmittelanwendungen wurden in allen Betrieben dokumentiert. Die Ergebnisse aus Befallsermittlungen wurden nur von einigen Betrieben vermerkt. Im Projektverlauf verbesserte ein Betrieb seine Dokumentation und erhielt zum Projektende 7 von 7 Punkten. Dennoch bestand bei den anderen 3 Betrieben zum Projektende noch Verbesserungspotential (5,5 von 7 Punkten).

Alle Betriebe haben bei der **Lagerung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln** alle erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der besonderen Sorgfaltspflicht ergriffen (**Abschnitt G**) und erhielten die volle Punktzahl (4 von 4 Punkten).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die im Projekt identifizierten Verbesserungspotentiale im Hinblick auf die Ausweitung der Beregnungsflächen, die Umsetzung freiwilliger ökologischer Maßnahmen, die Einbeziehung von Bodenproben bei der Flächenwahl und eine intensive Bestandsüberwachung durch Pflanzenschutzberaterinnen und Berater oder Anbauberaterinnen und Berater, individuell ausgenutzt werden konnten. Offene Potentiale finden sich im Bereich der Dokumentation von Befallsermittlungen und Erfolgskontrollen. In vielen anderen Bereichen bestehen systembedingte Defizite, welche es den Betrieben erschwerte ihren IPS weiter zu verbessern. Zum einen sind die Einhaltung von Anbaupausen und der Anbau sinnvoller Vorkulturen in der intensiven Gemüseproduktion nicht immer möglich. Zum anderen werden die Aussaatzeitpunkte und die Sortenwahl vorrangig vom Markt, insbesonder dem LEH bestimmt. Gleiches gilt für die Auswahl anwendbarer Mittel und die Anzahl und Menge von Pflanzenschutzmittelrückständen in den Möhren. Außerdem standen den Betrieben keine oder nur wenige AUKM-Programme zur Verfügung. Das Angebot nichtchemischer Pflanzenschutzverfahren und nützlingsschonender Pflanzenschutzmittel ist im Möhrenanbau ebenfalls sehr begrenzt. Bekämpfungsschwellen stehen nicht für alle Schaderreger der Möhre zur Verfügung oder müssen z. T. überarbeitet werden. Auch gibt es nur wenige verfügbare Prognosemodelle für den Möhrenanbau. Das Modell PSIROS konnte sich im Projekt nicht bewähren. Davon ableitend sind die Befallseinschätzung, die Terminierung von Behandlungen sowie die Vermeidung unnötiger Pflanzenschutzmaßnahmen schwierig. Für die Umsetzung der JKI-Leitlinien des IPS in Möhre müssen die dafür nötigen Rahmenbedingungen erst noch geschaffen werden und den Betrieben das nötige Handwerkszeug erst einmal zur Verfügung stehen. Die Checklistenbewertungen konnten systembedingte Defizite sowie den derzeitigen Forschungsbedarf im Möhrenanbau identifizieren.

Abb. 70. Auswertung der Checklisten der Demonstrationsbetriebe für Möhrenanbau, 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10.

Checklisten im Kohlanbau

Die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes wurde mit Hilfe von im Projekt entwickelten Checklisten aufgrundlage der projektspezifischen JKI-Leitlinien zum IPS im Weißkohl jährlich bewertet (FREIER et al., 2015c). Die folgende Auswertung befasst sich mit den einzelbetrieblichen Bewertungen der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben für Kohlanbau in Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen (Abb. 71). Ab dem Vorprojektjahr 2013 bis zum jeweiligen Projektende der Betriebe, d. h. 2016 und 2017 für die Betriebe in Schleswig-Holstein und 2018 für die Betriebe in Nordrhein-Westfalen.

Alle Betriebe erfüllten im Jahr 2013 zwischen 62 und 74 % der Anforderungen. Im Laufe der Projektzeit konnten einzelne Betriebe die Umsetzung des IPS durch die Identifizierung betriebsspezifischer Stellschrauben weiter verbessern, so dass Entwicklungszuwächse von bis zu 10 % erzielt wurden. Insgesamt war jedoch nur ein moderater Anstieg und im Projektverlauf zum Teil sogar leichter Rückgang in der erreichten Punktzahl zu verzeichnen. Auf die Ursachen wird im Folgenden eingegangen.

Im **Checklistenabschnitt A Ganzheitliches Vorgehen** erreichten drei Betriebe, nach der Fertigstellung der JKI-Leitlinien zum IPS im Weißkohl im Jahr 2015, die volle Punktzahl. Punktabzüge gab es bei den Betrieben, denen die JKI-Leitlinien nicht bekannt waren. Ein Betrieb wirkte an der Erstellung der Leitlinie mit und erhielt bereits 2014 einen Punkt. Im Projektverlauf wurden die JKI-Leitlinien zunehmend berücksichtigt. In den Jahren 2017 und 2018 erreichten alle Betriebe 6 von 6 Punkten. Die Betriebe bezogen ihre Informationen von der Offizialberatung (Warndienst-Service), von berufsständischen Organisationen sowie von der Teilnahme an Weiterbildungen, Feldtagen und weiteren produktionsbezogenen Veranstaltungen wie z. B. den Gemüsebautagen. Einige Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter waren selbst in Fachgruppen tätig. Weitere Informationsquellen waren u. a. Fachzeitschriften zum Gemüsebau.

Im **Abschnitt B Befallsvorbeugung** waren nur geringfügige Verbesserungen im Laufe des Projektes zu erzielen, die Betriebe starteten 2013 mit Werten von mindestens 11 bis 13 von 16 möglichen Punkten. Bei der Standortwahl wurde darauf geachtet geeignete Böden, möglichst ohne Staunässe, zu wählen. Die Nachbarschaft zu Rapsflächen und anderen potentiellen Wirten von Schaderregern des Kohls konnte sowohl in der ackerbaulich geprägten Region Dithmarschen, als auch in der Gemüseanbauregion im Rheinland nicht vermieden werden. Anbaupausen von 4 Jahren konnten nicht immer eingehalten werden, insbesondere die Gemüsebaubetriebe im Rheinland waren auf den Anbau bestimmter Gemüsekulturen spezialisiert. Die Betriebe erweiterten dennoch im Laufe des Projektes ihre Fruchtfolge durch z. B. Kräuteranbau. In Dithmarschen tauschten die Betriebe ihre Flächen untereinander und beugten so Fruchtfolgeproblemen vor. Der Kohl stand oft in Fruchtfolge mit günstigen Vorfrüchten wie z. B. Getreide, Phacelia, Porree, Sellerie. Abwechslungsreiche und lange Fruchtfolgen wurden mit voller Punktzahl bewertet. Alle Flächen wurden vor der Bewirtschaftung gepflügt (in einigen Betrieben gewalzt) und mechanisch gehackt. Außerdem wurden Bodenproben auf Nährstoffe genommen. Systembedingte Fehler zeigten sich bezüglich des Pflanztermins, der Pflanzstärke und der Sortenwahl. Der Pflanztermin des Kohls wird generell vom Markt bestimmt. Der Anbau erfolgt gestaffelt in mehreren Sätzen, so dass durch mehrere Erntetermine der Markt ganzjährig mit Kohl beliefert werden kann. Die Pflanzstärke hängt von dem Verwendungszweck des Kohls ab, außerdem nimmt die Pflanzstärke nach Aussage der Projektbetreuung keinen direkten Einfluss auf phytopathologische Probleme während der Vegetationsperiode. Da die Pflanzzeit und die Pflanzstärke von den Betrieben nicht direkt beeinflusst werden konnten, sondern vielmehr den Anforderungen des Marktes unterlagen, wurden hier pauschale Bewertungen bei allen Betrieben in allen Jahren vorgenommen. Gleiches gilt für den Anbau resistenter bzw. weniger anfälliger Sorten, welches eigentlich ein wichtiges Instrument des IPS ist. Die Sortenwahl wird im Kohlanbau durch den Markt bestimmt. Dennoch zählen zu den gewünschten Kohlsorten auch resistente bzw. tolerante Kohlsorten. Da insgesamt nur wenige Kohlsorten vermarktungsfähig sind, blieb den Betrieben nur wenig Auswahlmöglichkeit. Aus diesem Grund erfolgte auch die Bewertung der Sortenwahl für alle Betriebe in allen Jahren pauschal. Die Betriebe nutzten zertifiziertes Pflanzgut, welches zur Vorbeugung von Kohlfliegenbefall und Pilzkrankheiten in der Jungpflanzenanzucht mit Pflanzenschutzmitteln angegossen wurde.

Entsprechend der JKI-Leitlinie sind die organische und mineralische Düngung sowie die Bewässerung auf den Bedarf der Pflanzen abzustimmen und so zu gestalten, dass die Konkurrenzvegetation und der Befall durch Schaderreger nicht gefördert werden. Alle Kohlbetriebe setzten u. a. zur Vorbeugung von Kohlhernie Kalkstickstoff ein. Die Projektbetreuung stellte fest, dass die Stickstoffdüngung in einigen Betrieben reduziert werden könnte, um den Pilz- und Unkrautdruck zu mindern. Jedoch zeigte sich hier ein weiterer Systemfehler, denn die Qualitätsvorgaben des Handels bzgl. Größe und Farbe des Kohls verhindern die angepasste Stickstoffdüngung, so dass in einigen Betrieben zur Erreichung der Marktqualität die maximal zugelassene Düngemenge ausgebracht wurde. Bewässerungsmaßnahmen erfolgten in trockenen Sommermonaten in den Betrieben im Rheinland. In Dithmarschen ist dies unüblich. Im Projektverlauf zeigten sich keine konkreten Punktezuwächse, der Handlungsspielraum der Betriebe war unter den genannten Produktionsbedingungen zu gering. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden möglichst so durchgeführt, dass die agrarischen Ökosysteme keine nachhaltig schädlichen Auswirkungen erfuhren und die Wirkung natürlicher Gegenspieler von Schadorganismen erhalten blieb und gefördert wurde (**Abschnitt C**). Seit 2014 rät die Offizialberatung ausdrücklich zur bevorzugten Anwendung nützlingsschonender und selektiver Pflanzenschutzmittel. Im Projektverlauf zeigte sich, dass die Betriebe zunehmend auf die Anwendung nützlingsschonender Pflanzenschutzmittel achteten. Von diesen Mitteln gibt es jedoch ebenso wenig wie von den übrigen breitwirksamen Pflanzenschutzmitteln. Aus diesem Grund konnten die Betriebe nützlingsschonende Pflanzenschutzmittel nur dann bevorzugt anwenden, wenn diese auch zur Verfügung standen. Strukturelemente und Kleinstrukturen wurden von den Betrieben erhalten und von einzelnen Betrieben durch Obstbaumreihen, Hecken und Schilf ergänzt. Laut JKI-Leitlinie sollen die Betriebe an mindestens einem Agrarumweltprogramm des Landes teilnehmen, welches zum IPS beiträgt, oder freiwillige ökologische Schutzmaßnahmen z. B. zur Förderung der Biodiversität durchführen. Während des gesamten Projektzeitraumes standen den Kohlbetrieben beider Anbaugebiete keine Agrarumweltmaßnahmen (AUKM) zur Wahl. Einige Betriebe setzten ökologische Schutzmaßnahmen um, wie die zuvor genannte Anlage und Pflege von Saumstrukturen. Außerdem legten einige Betriebe im Projekt Blühstreifen an. Aus diesem Grund gab es nur geringfügige Punktezuwächse (MW 4,9 Punkte vor Projekt; MW 5,5 Punkte Projektende).

Die Kohlbetriebe kontrollierten den Gesundheitszustand ihrer Pflanzenbestände mit den verfügbaren indirekten und direkten Methoden. Es zeigte sich jedoch, dass die im **Abschnitt D - Ermittlung des Befalls und Nutzung von Entscheidungshilfen** formulierten Anforderungen in der Praxis kaum umsetzbar waren. Alle Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter hatten ihre Flächen im Auge und führten Feldbegehungen durch. Im Projektverlauf wurden die Betriebe bei der Durchführung ihrer Befallskontrollen zusätzlich zum genauen Hinschauen sensibilisiert. Einzelne Betriebe wurden bei ihren Flächenkontrollen durch Beraterinnen und Berater der Landwirtschaftskammer unterstützt. Auch der Gemüsebauberatungsring wurde von den Betrieben in Dithmarschen zu Rate gezogen. Die Projektbetreuer wendeten die Bekämpfungsschwellen für die Kleine Kohlfliege und für Raupen an. Für andere Kohlschädlinge standen keine oder nur unzuverlässige Bekämpfungsschwellen zur Verfügung. Blautafeln konnten für Behandlungsentscheidungen von Thripsen nicht herangezogen werden, da entsprechende Schadschwellen fehlten. Außerdem wird zwischen zwei ertragsrelevanten Thrips-Arten unterschieden, deren Bestimmung nur mit Binokular möglich ist. Dies gestaltet sich als sehr aufwendig und ist von den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern nicht leistbar. Blautafeln werden von den Betrieben zukünftig lediglich zur Ermittlung des Flugbeginns der Thripse genutzt. Die Warndienstmeldungen der Länder wurden von allen Kohlbetrieben berücksichtigt. In den Jahren 2013 und 2014 konnte von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein kein Warndienstservice angeboten werden. Das Prognosemodell SWAT wurde im Rheinland von der Projektbetreuung zur Überwachung der Kleinen Kohlfliege verwendet, allerdings erst ab 2017, da das Modell eine gewisse Einarbeitungszeit erfordert und die Projektbetreuung zuvor zweimal wechselte. In Dithmarschen war SWAT nicht anwendbar. Weitere Prognosemodelle standen nicht zur Verfügung oder waren zu unzuverlässig. Wetterprognosen wurden von den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern verfolgt. Nach dem Projekt werden nach Möglichkeit Kohlfliegenkragen und Blautafeln zur Überwachung von Thripsen in den Betrieben weiter genutzt.

Der **Abschnitt E - Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen** - bewertete den Einsatz nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen. Alle Betriebe wendeten schon vor Projektbeginn mechanische Unkrautbekämpfungsverfahren an und probierten im Projektverlauf zusätzliche Verfahren wie den Striegel, *B.t.*-Präparate und Kulturschutznetze aus. Die Durchführung der Maßnahmen erforderte oft einen zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand und war von Faktoren wie der Witterung und Standortfaktoren abhängig. Die in den rheinländischen Kohlbetrieben eingesetzten Kulturschutznetze werden auch nach dem Projekt weitergenutzt. Insgesamt gibt es für den Kohlanbau aber nur wenige verfügbare nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen. Bezüglich der Anwendung chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel müssen die angewendeten Mittel laut JKI-Leitlinie den Zielorganismus so spezifisch wie möglich treffen und die geringsten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Nicht-Zielorganismen und die Umwelt haben. Die Kohlbetriebe achteten in jedem Jahr auf die gezielte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Im Projekt wurden die Betriebe bzgl. ihrer Pflanzenschutzstrategien von der Projektbetreuung beraten und es wurden Versuche zu z. B. Fungizid-Strategien durchgeführt. Die Betriebe überprüften die eigenen Pflanzenschutzstrategien und verbesserten diese wo es ging. Im Projektverlauf wurde zunehmend auf die Anwendung nützlingschonender Pflanzenschutzmittel geachtet. Da die Pflanzenschutzstrategie der Betriebe jedoch von vielen externen Faktoren abhing, wie z. B. der Witterung und den Anforderungen des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) war die Erfüllung der Leitlinien-Anforderungen schwierig. Der LEH akzeptiert z. T. nur Pflanzenschutzmittelrückstände im Erntegut, welche deutlich unter den gesetzlichen Rückstandshöchstmengen liegen. Auch wird die Anwendung bestimmte Wirkstoffe verboten und eine Höchstanzahl nachzuweisender Wirkstoffe festgelegt. Somit sind der Wirkstoffwechsel und damit verbunden die Umsetzung des Resistenzmanagements enorm eingeschränkt. Erschwerend kommt hinzu, dass trotz der strengen LEH-Anforderungen der Konkurrenzdruck im Rheinland insbesondere wegen der Grenznähe groß ist. Feste Verträge zwischen den Betrieben und dem LEH gibt es nicht. In Dithmarschen ergaben sich Absatzprobleme durch den Wegfall des Exportmarktes Russland. Darüber hinaus wurden die großen Kohlköpfe für die deutschen Haushalte solange geschält bis der Kopfkohl eine für die Verbraucher ansprechende Größe aufwies. Wurde der Kopfkohl von der abnehmenden Hand dennoch abgewiesen wurde der Kohl vernichtet bzw. an Schafe verfüttert. Alle Betriebe setzten Pflanzenschutzgeräte mit 90 %-iger Abdriftminderung ein. Der Vergleich mit den Vergleichsbetrieben entfällt aufgrund der unterschiedlichen Anbauzeiträume der Kulturen. Auch die Abschätzung des ökologischen Risikos mittels SYNOPS-GIS entfällt, da diese nicht flächenspezifisch erfolgt und eine Bewertung auf Basis verteilter Flächen in der Anbauregion nicht gerechtfertigt wäre. Die vergebenen Punktzahlen stiegen durch die Verbesserung der Pflanzenschutzstrategien im Hinblick auf die Nutzung nichtchemischer Maßnahmen (vermehrtes Unkrauthacken), Anwendung nützlingsschonender Mittel und die Vermeidung unnötiger Pflanzenschutzmaßnahmen im Projektverlauf von 13,5 bzw. 14,5 Punkten 2013 an, auf 17,5 Punkte von insgesamt 19 Punkten.

Im **Abschnitt F** - **Erfolgskontrolle und Dokumentation** - erhielten die Betriebe Punkte für die Kontrolle der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen durch z. B. Feldbegehungen, Bonituren oder die Anlage von Spritzfenstern. Einzelne Betriebe konnten sich im Hinblick auf ihre Erfolgskontrollen im Projektverlauf verbessern. Die durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen wurden notiert. Es bestanden jedoch Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Dokumentation der Befallsermittlungen sowie Erkenntnissen zur Wirksamkeit der Anwendungen, welche nur von einzelnen Betrieben im Projektverlauf genutzt wurden. Die erreichten Punktzahlen waren auch zum Projektende gering mit 4 bis 4,5 Punkten von 7 Punkten.

Bei der Lagerung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln haben die Betriebe alle erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der besonderen Sorgfaltspflicht ergriffen (**Abschnitt G**). Die Betriebe erzielten überwiegend volle Punktzahl. Ein Betrieb verbesserte sich bei der Reinigung der Pflanzenschutzgeräte und dem Verbleib technisch bedingter Restmengen. Zwei Betriebe konnten die Reinigung der Pflanzenschutzgeräte und damit den Schutz des Anwenders und der Umwelt durch die Anschaffung eines geschlossenen Entnahmesystems für Pflanenschutzmittel (Easy-Flow-System) weiter optimieren.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass die ganzheitliche Umsetzung der JKI-Leitlinien zum IPS im Weißkohl in der Praxis nicht möglich war. Die Checklistenbewertungen identifizierten in den Bereichen

Schaderregervorbeugung (**Abschnitt B**), Förderung und Nutzung natürlicher Regelmechanismen und der Biodiversität (**Abschnitt C**), Schaderregerüberwachung (**Abschnitt D**) und der Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt E**) zahlreiche „Systemfehler“ sowie enormen Forschungsbedarf im Bereich der Schaderregerüberwachung und dem Angebot praktikabler nichtchemischer Pflanzenschutzverfahren. Darüber hinaus zeigte sich, dass der Kohlanbau einschließlich der Pflanzenschutzstrategien stark durch den LEH beeinflusst wird. Hierzu zählen: Düngung, Pflanzzeiten, -stärken, Sortenwahl, Anbaupausen, Vorfruchtwahl, Mittelwahl (Resistenzmanagement erschwert). Darüber hinaus fehlen verlässliche Bekämpfungsschwellen für die Vielzahl der Kohlschädlinge sowie Entscheidungshilfemodelle. Für die Umsetzung der JKI-Leitlinien zum IPS im Weißkohl müssen zukünftig die dafür nötigen Rahmenbedingungen geschaffen werden, z. B. durch Verbraucheraufklärung, und den Landwirtinnen und Landwirten das nötige „Handwerkszeug“ zur Verfügung gestellt werden.

Abb. 71. Auswertung der Checklisten der Demonstrationsbetriebe für Kohlanbau 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10.

7.7. Zusammenfassung Gemüsebau

Im Gemüsebau nahmen im Zeitraum von 2014 bis 2017/18 fünf Kohlbetriebe und fünf Möhrenbetriebe am Modellvorhaben teil. Die Haupterwerbsbetriebe repräsentierten die Gemüseanbaugebiete in der Pfalz, im Rheinland und in Dithmarschen. Für die Auswertung wurden die Kohlbetriebe entsprechend der Anbauregionen Rheinland und Dithmarschen zusammengefasst. Die Möhrenbetriebe wurden gemeinsam ausgewertet.

Bei den vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen zeigte sich, dass die Anforderungen des Lebensmitteleinzelhandels den Anbau hinsichtlich Düngung, Sortenwahl und Aussaatzeiträumen stark beeinflussten. Stellschrauben zeigen sich bei der Einhaltung der Anbaupausen und der Vorfruchtwahl. Die Demonstrationsbetriebe waren zur Einhaltung der Anbaupausen bemüht, Flächen mit anderen Landwirtinnen und Landwirten zu tauschen und sinnvolle Vorkulturen und Zwischenfrüchte anzubauen. Die Vermeidung von grünen Brücken wird auch zukünftig mehr in den Fokus der Betriebe rücken.

In Zusammenarbeit mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern demonstrierten die Betriebe verschiedene vorbeugende, biologische und nichtchemische Verfahren. Im Lagermöhrenanbau konnte das biologische Fungizid Contans WG in Kombination mit dem Einsatz von Kalkstickstoff zur Vorbeugung vor bodenbürtigen Schaderregern und Mäusen überzeugen. Darüber hinaus wird ein Betrieb die im Projekt installierten Greifvogelsitzstangen und Mäusegräben zur Bekämpfung von Feldmäusen weiter nutzen. Im Bereich der Unkrautbekämpfung überzeugte das mechanische Hacken und ein Betrieb schaffte sich zusätzlich ein Abflammgerät an. Wegen der wenigen zugelassenen Herbizide und den zunehmend milden Wintern findet im Möhrenanbau ein Umdenken zu alternativen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen statt. Die Betriebe werden auch nach dem Projekt in moderne Hacktechnik investieren. Im Kohlanbau standen nur wenige alternative Pflanzenschutzverfahren zur Verfügung. Das mechanische Hacken gilt im Kohl schon seit Langem als Standardmaßnahme. Die in den Spitzkohlbetrieben erprobten Kulturschutznetze brachten überwiegend positive Ergebnisse und konnten Insektizide einsparen. Die Netze werden auch nach dem Projekt von den Betrieben weiter genutzt. Die in den Betrieben erprobten Maßnahmen konnten oft nur unter günstigen (Witterungs-) Bedingungen und zusätzlichen Arbeits-/Kostenaufwendungen Pflanzenschutzmittelanwendungen einsparen und die Pflanzenschutzstrategie ergänzen. Darüber hinaus waren die Demonstrationsbetriebe um die Nützlingsförderung und Förderung der Biodiversität bemüht. Einige Betriebe werden Blühstreifen auch nach dem Projekt weiter anlegen.

Die Untersuchung der Behandlungsintensitäten zeigte, dass Einsparpotentiale im Bereich der Fungizide wegen der vielen prophylaktischen Behandlungen insbesondere im Lagerkohl und in Lagermöhren kaum möglich sind. Darüber hinaus konnten Spritzfenster bei der Entscheidung für oder gegen eine Fungizidbehandlung beitragen. Der Einsatz von Herbiziden könnte in Abhängigkeit von der Witterung, durch den verstärkten Einsatz von Hacktechnik reduziert werden. Hier bestehen Reduktionspotentiale. Im Bereich der Insektizide bestand sowohl im Möhrenanbau als auch im Kohlanbau wenig Handlungsspielraum. Oft fehlten geeignete Methoden zur Schädlingsüberwachung, was sich u. a. in der Anzahl unnötiger Maßnahmen in den Kohlbetrieben widerspiegelt. Das intensive Schädlingsmonitoring durch die Projektbetreuung sowie die Netzabdeckungen im Kohlanbau konnten zur Reduktion der Insektizidbehandlungen beitragen.

Die Bedeutung der Beratung und regelmäßiger Bonituren bei der Umsetzung des IPS im Gemüsebau wurde bei der Auswertung der Entscheidungsgrundlagen sichtbar. Die Möhren- und Kohlbetriebe stützten ihre Bekämpfungsentscheidungen auf das Bestandsmonitoring der Projektbetreuung, die Empfehlungen der Beratung (Offizialberatung, unabhängige Beraterinnen und Berater, Gemüsebauberatungsring), auf Warndienstmeldungen sowie die eigenen Erfahrungen. Das Schaderregermonitoring wird auch zukünftig deutlich an Bedeutung gewinnen. Insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen der Abnehmer in Bezug auf Pflanzenschutzmittelrückstandsmengen, die geringe Anzahl zugelassener Pflanzenschutzmittel, den Wegfall wichtiger Mittel und die Wirkungsabnahmen bei Herbiziden und Insektiziden in extremen Jahren.

Im Rahmen des intensiven Befallsmonitorings erprobte die Projektbetreuung verschiedene Monitoringmethoden. Am zeitaufwendigsten und auch am bedeutendsten war sowohl in den Möhren- als auch

den Kohlkulturen das Schädlingsmonitoring. Zum einen, weil das Erntegut frei von Schäden und Insekten (Nützlinge/Schädlinge) sein musste, damit der Abnehmer (LEH) dieses akzeptiert, zum anderen, weil die Wirkungsgrade der Insektizidbehandlungen von der genauen Terminierung des Anwendungszeitpunktes abhingen.

Der Monitoringumfang von rund 10 h in Möhrenkulturen und 7 h bzw. 4 h im Kohlanbau ist mit den damit verbundenen Monitoringmethoden von den Betrieben so nicht leistbar. Das umfangreiche Schaderregermonitoring der Projektbetreuung konnte die Landwirtinnen und Landwirte zum genaueren Hinsehen sensibilisieren, aber vor allem zeigen, wie wichtig die Pflanzenschutzberatung für die Landwirtinnen und Landwirte ist und wo der IPS im Möhren- und Kohlanbau noch deutliche Defizite aufweist. Die im Projekt genutzten Farbtafeln und Pheromonfallen werden nach Projektende wegen des großen Zeit- und Kosten-Aufwands von den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern nicht weiter genutzt, aber z. T. im Rahmen der Feldkontrollen durch die Beratung verwendet. Neben dem hier aufgezeigten Forschungs- und Entwicklungsbedarf liefert eine unabhängige und qualifizierte Beratung einen wesentlichen Beitrag bei der Unterstützung der Betriebe bei der Umsetzung des IPS.

7.8. Forschungs- und Förderungsbedarf

Forschungsbedarf bei Entscheidungshilfen

In Möhren- und Kohlkulturen stellte die Projektbetreuung einen großen Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf im Bereich der Monitoringmethoden, Schadschwellen und Prognosemodelle fest. Für eine Vielzahl Schädlinge fehlen praktikable Monitoringmethoden (z. B. *Thrips tabaci* im Kohlanbau, Erdraupen im Möhrenanbau). Darüber hinaus müssen viele verfügbare Bekämpfungsschwellen überarbeitet werden, weil die Anzahl Fallenfänge nicht mit dem tatsächlichen Schädlingsauftreten korrelieren, was eine Abschätzung des Schadpotentials unmöglich macht. Im Kohlanbau, im Landkreis Dithmarschen, führten die Behandlungen nach Überschreitung der Schadschwelle sogar zu deutlich mehr Insektizidanwendungen zur Bekämpfung der Kohlmotte. Durch die gestiegenen Qualitätsanforderungen des Lebensmitteleinzelhandels bedarf es einer regelmäßigen Anpassung der Bekämpfungsschwellen, weil keine Schäden am Erntegut zulässig sind. Auch müssen die Bekämpfungsschwellen im Hinblick auf die verfügbaren Pflanzenschutzmittel mit den entsprechenden Wirkungsgraden angepasst werden. Für wichtige Kohlschädlinge fehlen Bekämpfungsschwellen zur Befallseinschätzung gänzlich, z. B. für Gammaeule, Kohleule, Kohlzünsler, Wintersaateule und Thripse. Dies erschwert die Abschätzung des wirtschaftlichen Schadens sowie die gezielte Terminierung von Insektizidbehandlungen. Im Möhrenanbau wäre die Erarbeitung einer allgemeingültigen Entscheidungshilfe für den Befall mit Echtem Mehltau, Cercospora-Blattflecken oder Möhrenschwärze wünschenswert.

Auch sollten die vorhandenen Prognosemodelle zukünftig verbessert werden. Im Möhrenanbau konnte das Prognosemodell PSIROS zur Überwachung der Möhrenfliege nur begrenzt zur Hilfe genommen werden. Das Prognosemodell SWAT, zur Überwachung der Kleinen Kohlfliege, lieferte im Projekt keine verlässlichen Vorhersagen. Darüber hinaus sollte ein weiterer Forschungsschwerpunkt auf die Entwicklung neuer Prognosemodelle zur Überwachung bedeutender Kohlschädlinge, wie z. B. der Mehligen Kohlblattlaus und der Kohlschabe, die sich durch eine enorme Populationsdynamik und ein hohes Schadpotential auszeichnen, gelegt werden. Auch das Auftreten wichtiger Nützlinge (Schwebfliegen, Florfliegen, Marienkäfer, Schlupfwespen) sollte in die Entwicklung neuer Prognosemodelle mit einfließen.

Forschungsbedarf bei nichtchemischen Verfahren

Insbesondere im Gemüsebau gab es nur wenige nichtchemische und biologische Pflanzenschutzmaßnahmen, die die Betriebe erproben konnten. Hier besteht deutlicher Forschungsbedarf im Bereich biologischer Pflanzenschutzmittel (Insektizide, Fungizide) sowie nichtchemischer Verfahren zur Unkrautbekämpfung.

Im Möhrenanbau entstehen durch den Wegfall herbizider Wirkstoffe bei vielen Unkräutern Wirkungslücken und es werden alternative Verfahren erarbeitet. Viele Hersteller von Landmaschinen entwickeln immer neuere Technologien bei den Hackmaschinen. Eine wirtschaftliche Folgenabschätzung der verschiedenen Methoden,

auch im Vergleich zu Herbiziden, könnte den Landwirtinnen und Landwirten sinnvolle Hilfestellungen bei der Wahl der alternativen Maßnahmen geben.

Im Lagerkohlanbau stellte die Projektbetreuung fest, dass die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes im Produktionssystem Lagerkohl, insbesondere bei der Bekämpfung pilzlicher Schaderreger, nur schwer zu realisieren ist, da die Anwendung von Fungiziden prophylaktisch und routinemäßig erfolgt. Es wäre zu prüfen, ob die Entwicklung von Arbeitsgeräten zur Bekämpfung von Sporen der Krankheitserreger auf den Kohlpflanzen durch z. B. UV-Strahlung auf dem Feld oder vor der Einlagerung umsetzbar ist und zur Reduktion oder sogar zum Verzicht prophylaktischer Fungizidanwendungen beitragen könnte.

Forschungsbedarf Biodiversität

Die Anwendung biodiversitätsfördernder Maßnahmen war in den Gemüsebaubetrieben kein Ziel des Projektes. Dennoch haben sich Fragestellungen in diesem Themenfeld über die Projektlaufzeit ergeben, die auf die Untersuchung biodiversitätsfördernder Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Schädlingsauftreten im Gemüsebau abzielen. Werden durch die Anlage von Blühstreifen neben Bienen und anderen Bestäubern gleichzeitig Gemüseschädlinge gefördert, fehlt die Akzeptanz bei den Betrieben. Aus diesem Grund sollten für die Förderung biodiversitätsfördernder Maßnahmen, wie z. B. der Anlage von Blühstreifen, auch ökologische, agronomische und ökonomische Effekte untersucht und berücksichtigt werden.

8. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Hopfenanbau

Die Hallertau ist ein traditionsreiches Anbaugebiet für die Dauerkultur Hopfen. Die klimatischen Voraussetzungen mit einer großen Zahl an Sonnenstunden und hohen Niederschlägen (800 mm/a) begünstigen den Anbau von qualitativ hochwertigem Hopfen mit gutem Aroma bei gleichzeitig hohen Erträgen. Mit einer Anbaufläche von knapp 17.000 ha und etwa 900 Betrieben ist die Hallertau das größte Anbaugebiet der Welt (LFL, 2004; VERBAND DEUTSCHER HOPFENPFLANZER E. V., 2019).

Von 2014 bis 2018 nahmen fünf Demonstrationsbetriebe aus der Hallertau am Modellvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ teil. Die auf Hopfenbau spezialisierten Vollerwerbsbetriebe wurden von der „Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft von Wolnzach aus betreut.

Jeder Betrieb hat in den fünf Projektjahren Daten von jeweils drei Demonstrationsanlagen und einer für den Restbetrieb repräsentativen Fläche zur Verfügung gestellt, die Flächengröße lag zwischen 1 und 3 ha. Aus den beiden Vorherjahren 2012 und 2013 konnten pro Betrieb Daten aus drei Anlagen in die Auswertung eingehen. Bei der Auswahl der Flächen durch die LfL wurde darauf geachtet, dass pro Betrieb und Jahr immer eine Demonstrationsfläche sowie die Restbetriebsfläche mit der Sorte *Herkules* bepflanzt war, um Unterschiede in der Behandlungshäufigkeit und -intensität aufzuzeigen, denn die Sorte Herkules ist die in Deutschland am meisten angebaute Bittersorte und zudem sehr pflanzenschutzintensiv.

In der gleichen Erhebungsregion befinden sich auch drei Vergleichsbetriebe, von denen Daten aus den Jahren 2012 bis 2018 von jeweils drei Flächen ausgewertet wurden (Tab. 32).

Tab. 32. Anzahl der Demonstrations- und Vergleichsanlagen im Hopfenanbau

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Demonstrationsbetriebe							
Vorherjahre	15	15					
Demonstrationsflächen			15	15	15	15	15
Restbetrieb			5	5	5	5	5
Vergleichsbetriebe	9	9	9	9	9	9	9

8.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen

Mit dem Ziel, die *JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau* umzusetzen und nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen, soweit vorhanden und praktikabel, vorrangig anzuwenden, wurden im Projektzeitraum verschiedene nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen demonstriert. Ein Großteil der durchgeführten Maßnahmen wurde im Rahmen einer Befragung durch das JKI von den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern bzw. Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Effektivität und Effizienz bewertet (Abb. 72). Darüber hinaus konnten die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bei Treffen mit der Projektkoordination persönlich zu den Vor- und Nachteilen der Verfahren und ihren Erfahrungen befragt werden.

Zwischenfruchteinsaat

Die Begrünung der Fahrgassen durch Einsaat einer Zwischenfrucht zwischen die Hopfenreihen bringt vielfältige Vorteile mit sich (Humusaufbau und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Erosionsschutz, Verringerung des Unkrautdruckes, Verminderung der Nitratverlagerung) und trägt zu vitalen Hopfenbeständen bei. Geeignete Arten für die Zwischenfruchteinsaat sind Winterraps, Winterrübsen, Ölrettich, Senf, Winterroggen, Triticale und Grünroggen oder Saatgutmischungen.

Alle fünf Demonstrationsbetriebe bauten **Zwischenfrüchte** auch schon in den Jahren vor Projektbeginn sowie im gesamten Projektzeitraum an – entweder eine einmalige Sommereinsaat pro Jahr oder zweimalig als Kombination von Sommereinsaat und nachfolgender Herbsteinsaat mit winterharten Zwischenfrüchten. Die Praktikabilität, Effektivität und Effizienz dieses vorbeugenden Verfahrens wurden durchweg positiv mit Noten von 7 bis 9 bewertet, wobei die Herbsteinsaat oft arbeitstechnisch schwieriger war und eine zweimalige Einsaat

einen höheren Arbeitsaufwand darstellte. Es ist zu erwarten, dass die Betriebe die Einsaat von Zwischenfrüchten auch nach Projektende fortführen werden.

Pflanzenstärkung/Düngung

Zur Pflanzenstärkung und Vorbeugung des Befalls mit Schaderregern stehen verschiedene Spezialdünger zur Verfügung. Phosphorhaltige Blattdünger zur gezielten Stärkung der Pflanzen gegen Peronospora-Infektionen wurden auf allen Betrieben mit mehrjährig guter Bewertung ausgebracht, nach Einschätzung der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter konnten Fungizidanwendungen gegen Peronospora eingespart werden. Aufgrund der guten Erfahrungen mit den **phosphorigen Säuren**, gaben die Betriebe an, diese Maßnahme auch weiterhin bzw. auf größerer Fläche durchzuführen.

Darüber hinaus wurde in kleinerem Umfang von zwei Betrieben ein pflanzenstärkender Flüssigdünger mit wildabweisender Wirkung getestet, der bei hoher Praktikabilität jedoch keinen zufriedenstellenden Effekt hatte.

Hopfenwelke

Der Erreger der Hopfenwelke *Verticilium nonalfalfae* kann direkt nicht bekämpft werden. Zur Befallsreduzierung werden vorbeugende Bekämpfungsmaßnahmen empfohlen. Auf befallenen Schlägen sollten unter anderem die infizierten Rebstrünke tief abgeschnitten und aus dem Hopfengarten entfernt werden. In Ermangelung von direkten Bekämpfungsmöglichkeiten wurde diese arbeits- und zeitaufwendige, jedoch wirkungsvolle phytosanitäre Maßnahme **Abtragen von Rebstrünken** von einem Betrieb getestet und soll auch in Zukunft in anfälligen Sorten durchgeführt werden.

Unkrautbekämpfung und Hopfenputzen

Das Hopfenputzen und die Unkrautregulierung im Bifangbereich sind als phytosanitäre Maßnahmen und aus technischen Gründen zur Ernteerleichterung notwendig. Um den unteren Rebenbereich zu entlauben, Nachschosser zu entfernen und den Bifangbereich unkrautfrei zu halten, stehen verschiedene (innovative wie auch „altbewährte“) Verfahren zur Verfügung, die im Rahmen des Projektes demonstriert wurden.

Das einmalige Ackern mit einem anschließenden Grubberarbeitsgang und nachfolgendem chemischen Hopfenputzen gehört im Hopfenanbau zur Standardmaßnahme (LFL, 2019). Zusätzlich dazu wurde in allen fünf Demonstrationsbetrieben ein **zweiter Ackergang** als Maßnahme der **mechanischen Unkrautbekämpfung** durchgeführt. Diese Maßnahme führte, wenn möglichst früh durchgeführt, zu guten Ergebnissen bei der Bekämpfung von Unkräutern und Nachschossern, lockerte den Boden und konnte bei der Einarbeitung von Düngemitteln helfen. Das Verfahren wird, wie andere mechanische Unkrautregulierungsmaßnahmen, durch seine Witterungsanfälligkeit (Nässe, Trockenheit) limitiert und kann die Erosionsgefahr sowie den Humusabbau fördern. Dennoch kann es als „echte Alternative zur chemischen Unkrautbekämpfung auf dem Bifang“ angesehen werden und die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bescheinigten der Maßnahme 2. Ackern eine insgesamt hohe Praktikabilität, Effektivität sowie Effizienz und werden sie auch nach Projektende großflächig fortführen.

Einzelne Bereiche der Hopfenanlage (Bodenanker und Hopfensäulen) können im Zuge der Bodenbearbeitung nur unzureichend maschinell bearbeitet werden. Hier siedeln oft Quecken oder andere hochwachsende (Un-) Gräser an, die einen Zwischenwirt für die Markeule darstellen, deren Raupen wiederum den Hopfen schädigen. Als Alternative zur Herbizidanwendung und vorbeugende Maßnahme gegen Markeulenbefall wurden in allen fünf Demonstrationsbetrieben die Quecken nach der Hopfenernte per Handhacke entfernt. Das sogenannte „**Säulenaushauen**“ wurde von den Landwirtinnen und Landwirten als wirkungsvolles, aber, durch den hohen Arbeitsaufwand und die damit verbundenen Arbeitskosten, nur wenig effizientes bzw. praktikables Verfahren angesehen. Die hohe Effektivität dieser Maßnahme veranlasste die Betriebe dennoch, die Maßnahme auf weitere Betriebsflächen auszuweiten und auch nach Projektende fortzuführen.

Zum **Hopfenputzen** wurden verschiedene alternative Verfahren versuchsweise angewandt. Als betriebsüblich gilt die chemische Behandlung zum Entlauben des unteren Triebbereiches, zur Vorbeugung von Schaderregern (z. B. Falschem und Echtem Mehltau, Spinnmilben), zum Entfernen von Nebentrieben sowie zur Unkrautbekämpfung (Ernteerleichterung). Das händische Hopfenputzen (Entlauben bis 1 m Triebhöhe) wurde

von zwei Betrieben erprobt und als sehr effektiv angesehen, da der komplette Trieb sofort vom Laub befreit war. Als vorteilhaft bewertet wurde, dass durch die **Handentlaubung** die Entwicklung der Gemeinen Spinnmilbe gebremst werden konnte, da diese die Hopfentriebe vom Boden aus besiedelt. Akarizidbehandlungen konnten so reduziert oder hinausgezögert werden. Als nicht praktikabel und uneffektiv wurden jedoch die hohen Arbeitskosten angesehen. Nachteilig sind weiterhin die Gefahr der Virusübertragung sowie die Tatsache, dass Bodentriebe nicht mit entfernt werden und die oft mit der chemischen Behandlung kombinierte Düngemaßnahme als extra Arbeitsgang erfolgen musste. Einer der beiden Betriebe plant die Maßnahme fortzuführen. Das Hopfenputzen mit Hilfe eines **Laubsaugers** wurde von vier Betrieben erprobt und mit hoher Effektivität sowie mittlerer Praktikabilität und Effizienz bewertet. Der Laubsauger entfernte bei optimaler Terminierung das komplette Hopfenlaub und konnte somit Herbizidanwendungen reduzieren. Die Bodentriebe und der Unkrautbesatz des Bifangs konnten jedoch nicht erfasst werden, so dass hier meist Nachbehandlungen mit Herbiziden notwendig waren. Weitere limitierende Faktoren dieser Maßnahme waren der personelle Aufwand, die hohen Energiekosten und die Terminierung des Verfahrens. Nur einer der Betriebe gab an, den Laubsauger auch weiterhin einsetzen zu wollen - verbunden mit der Forderung nach technischer Weiterentwicklung. Das Hopfenputzen mit einem **Entlaubungsgerät mit Nylonschnüren** wurde nur im ersten Projektjahr erprobt und mäßig bewertet, da es sehr termin-/witterungsabhängig und arbeitszeitaufwendig war, Problemunkräuter (Gemeine Quecke, Winden, Disteln) nicht erfasst wurden und es zu Verletzungen an den Reben führen kann. Im letzten Projektjahr testete ein Betrieb ein **Abflammgerät** zum thermischen Hopfenputzen. Auch wenn mit diesem Verfahren eine Herbizidapplikation ersetzt werden kann, wurde es aufgrund der sehr hohen Anschaffungskosten bei eingeschränkter Effizienz, Problemen bei der richtigen Terminierung vs. Befahrbarkeit der Böden und der unspezifischen Arbeitsweise, bei der auch tierische Organismen (Nützlinge) abgeflammt werden, sehr kritisch gesehen und wird nicht fortgeführt. Ein weiterer Nachteil ist, dass bei heißer Witterung und trockenen Bodenverhältnissen sich die Holzsäulen oder verdorrter Bewuchs entzünden können.

Das in der Praxis weit etablierte Verfahren, den Hopfen mit verschiedenen **Nährsalzlösungen** zu putzen, die zum Zwecke der Düngung allein oder in Kombination mit reduzierten Herbizidaufwandmengen ausgebracht werden, wurde von den meisten Landwirtinnen und Landwirten als sehr praktikabel, effektiv und effizient bewertet. Die N- oder $MgCl_2$-Lösungen wirken hygroskopisch und lassen die Hopfenblätter und Unkräuter vertrocknen. Da die Wirkung in Abhängigkeit von der Witterung mit der einer chemischen Behandlung verglichen werden oder diese verstärken kann, wird ein Großteil der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter das Verfahren auch weiterhin anwenden, um Herbizidanwendungen beim Hopfenputzen einzusparen.

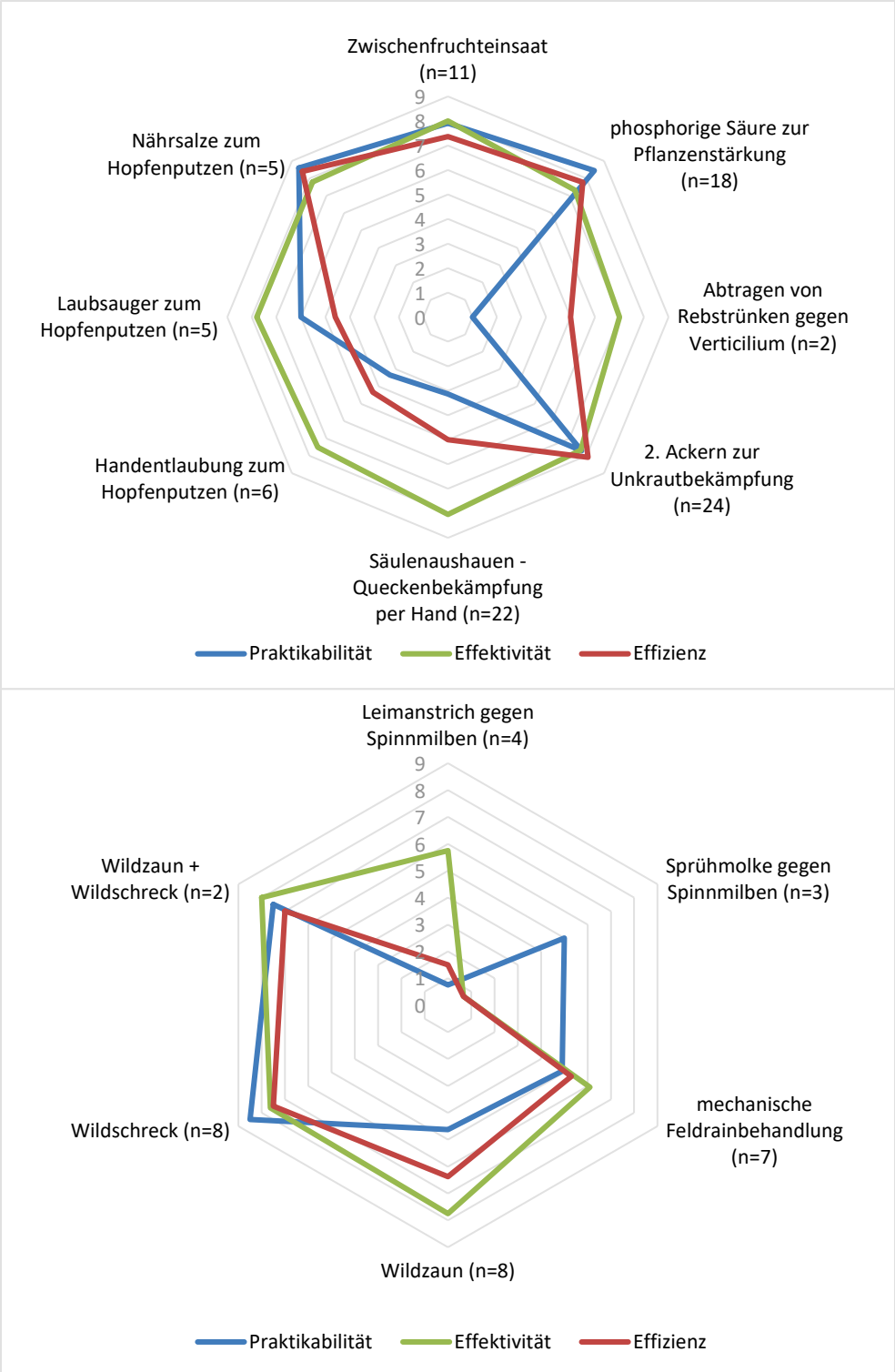


Abb. 72. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau (2014-2018).
subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend), n = Anzahl Bewertungen.

Spinnmilbenbekämpfung

Zum Reduzieren des Befallsdruckes durch die Gemeine Spinnmilbe wurden verschiedene Verfahren demonstriert, von denen jedoch nur ein Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse brachte und die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter so überzeugte, dass es auch nach Projektende weiter angewandt werden wird.

In den Jahren 2014 und 2015 wurden mehrere Anlagen bzw. ausgewählte Bifänge darin mit einem **Leimanstrich** versehen. Dem Leimanstrich musste dabei zwingend das Entlauben per Hand vorausgehen. Anschließend wurde jede einzelne Aufleitung ca. 1 m über dem Bifang auf einer Länge von etwa 30 cm mit Insektenleim bestrichen. Da die Spinnmilben den Hopfen vom Boden aus besiedeln, konnte bei sorgfältiger Ausbringung des Anstrichs eine Besiedelung des Hopfens oberhalb der Leimbarriere verhindert werden. In beiden Jahren konnte mit dieser Maßnahme das Aufsteigen der Gemeinen Spinnmilbe (aber auch die Besiedlung durch andere Organismen/Nützlinge) minimiert und die Anwendung von Akariziden reduziert bzw. teilweise sogar substituiert werden. In einem Fall war jedoch eine chemische Nachbehandlung notwendig. Die mittlere Effektivität lag dementsprechend bei Note 6. Limitierend für dieses Verfahren waren allerdings der große Zeitaufwand für die Ausbringung des Leimes in Verbindung mit der Handentlaubung und die hohen Kosten des Leimes (Praktikabilität 1, Effizienz 2). Im Jahr 2015 hat der Leimanstrich bedingt durch extreme Trockenheit zu enormen Schäden an der Rebe geführt. An der Stelle, an der der Leim angebracht wurde, faulte die Rebe und trocknete ein, so dass ein hoher Ertragsausfall entstand und die mit Leim behandelte Hopfenfläche nicht regulär geerntet werden konnte. Infolge dieser negativen Erfahrungen wird der Leimanstrich nicht mehr als nichtchemische Alternative empfohlen.

Im letzten Projektjahr 2018 probierten drei Demonstrationsbetriebe **Sprühmolkepulver** zur nichtchemischen Bekämpfung von Spinnmilben aus, welches auch in biologisch wirtschaftenden Betrieben zur Anwendung kommt. Bei mittlerer Praktikabilität konnten nur unbefriedigende Bekämpfungsergebnisse erzielt werden, die zu Mehraufwendungen und einer entsprechend schlechten Bewertung von Effektivität und Effizienz führten.

Im Rahmen eines Demonstrationsversuches wurde 2015 in eine **Raubmilbenansiedlung** durchgeführt, die mit einem hohen Aufwand bei der Ausbringung und hohen Kosten für die Raubmilben, insgesamt aber zufriedenstellender Effektivität verbunden war, da keine Nachbehandlung notwendig war. Anders als im Weinbau können Raubmilben nicht im Hopfengarten überwintern und müssten in jedem Jahr erneut ausgebracht werden. Eine Wiederholung dieses Verfahrens fand in den Folgejahren aus ökonomischen Gründen jedoch nicht statt.

Eine mögliche vorbeugende Maßnahme bei zu erwartendem Auftreten von Spinnmilben, aber auch Markeulen und Wühlmäusen ist die **Behandlung des Feldraines**, welche einen Rückzugsort für diese Schädlinge darstellen. Mit Hilfe von mechanischer Bearbeitung (Seitengerät mit angebauter Scheibe) oder maschinellem bzw. händischem Mähen versuchten die Betriebe, den Ausgangsbefall der Spinnmilben im Randbereich zu verringern (insbesondere durch Bekämpfung von Brennnesseln) und je nach Verfahren auch Wühlmausgänge zu zerstören. Die Verfahren wurden trotz des teilweise hohen Handarbeitsaufwandes von drei Betrieben über mehrere Jahre hinweg durchgeführt und mit mittlerer Praktikabilität (5), Effektivität (6) und Effizienz (5) bewertet. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter planen, die Feldraine auch in Zukunft mechanisch zu behandeln.

Maßnahmen gegen Wildverbiss

Wildverbiss tritt in allen Demonstrationsbetrieben auf. Gefährdet sind die jungen Hopfentriebe vor allem im Zeitraum von Anfang April bis Mitte Mai. Hopfengärten in Waldrandlage werden bevorzugt von Rehwild heimgesucht. Gegen Wildverbiss kamen Wildvergrämungsmittel, Wildschreckgeräte, Wildzäune und Kombinationen aus diesen mit guten Ergebnissen zum Einsatz.

Wildzäune wurden entweder als dauerhafte Einzäunung mit Maschendraht oder temporär als Elektrozaun ab Mitte April für etwa sechs Wochen errichtet. Dies hatte den Vorteil, dass die natürlichen Wildwechsel nicht ganzjährig blockiert wurden. Von Nachteil beim Einzäunen war der hohe Arbeitsaufwand (Handarbeit). Das Errichten von Wildzäunen wurde aufgrund des hohen Wilddruckes auf vielen Betrieben als fester Bestandteil in den Betriebsablauf integriert. Der **Wildschreck** *KR01* ist ein Gerät, das in der Dämmerung akustische und optische Signale in unregelmäßigen Abständen abgibt. Von Vorteil war dessen früher Einsatzzeitpunkt, da der Wildschreck bereits in einer Zeit bevor das Einzäunen arbeitstechnisch (Hopfenkreiseln etc.) möglich war, aufgebaut werden konnte und zu einer Minderung des Verbisses führte.

Die Kombination aus Wildzaun plus Wildschreck oder Wildzaun plus Wildvergrämungsmittel *Trico* (einem auf Schaffett basierenden Pflanzenschutzmittel) brachte die besten Erfolge und wurde mit Noten von 9 bzw. 8 in der Effektivität bewertet. Die Maßnahmen werden situationsabhängig auf allen Betrieben fortgeführt.

Forschungsbedarf bei nichtchemischen Verfahren

Nach Ansicht der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter fehlten wirksame nichtchemische Alternativen vor allem im Bereich der Krankheits- und Schädlingsbekämpfung. So konnten im Rahmen des Modellvorhabens beispielsweise nur wenige Alternativen zur Anwendung von Fungiziden und keine vorbeugenden oder direkten nichtchemischen Verfahren gegen die Hopfenblattlaus oder Bodenschädlinge erprobt werden, da diese nicht zur Verfügung standen. Im Bereich Alternativen zur Herbizidanwendung konnten demgegenüber mehrere praktikable und wirkungsvolle Verfahren demonstriert werden. Die bisher verwendeten Entlaubungsgeräte waren jedoch Prototypen. Forschungsbedarf besteht hier in der Entwicklung von bezahlbaren, geprüften Geräten – auch um mit Hilfe von Digitalisierung und Automatisierung, das Personalproblem bei anstrengenden Handarbeiten wie Handhacken und Handentlauben zu umgehen bzw. die Personalkosten zu senken.

Sortenwahl

Die Sortenwahl ist bei einer durchschnittlichen Standzeit einer Hopfenanlage von etwa 15 Jahren eine elementare produktionstechnische Entscheidung. Wichtige Kriterien bei der Sortenwahl im Hopfenanbau sind Ertragspotential und Reifezeit, qualitätsbestimmende Eigenschaften wie Alphasäuregehalt und Aroma in Verbindung mit den entsprechenden Vermarktungsmöglichkeiten sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen, wie z. B. Verticilliumwelke, Peronospora, Echter Mehltau, Gemeine Spinnmilbe, Blattläuse. Üblicherweise werden mehrere Sorten pro Betrieb angebaut, was Vorteile wie die Arbeitsverteilung durch verschiedene Reifezeiten oder den Ausgleich des Jahresrisikos durch unterschiedliche Reaktion der einzelnen Sorten auf die Jahreswitterung mit sich bringt (LFL, 2019).

Im Zeitraum von 2012 bis 2018 standen in den von uns ausgewerteten Hopfengärten der Demonstrationsbetriebe sieben verschiedene Hopfensorten (Abb. 73). Von besonderer Bedeutung ist die Sorte *Herkules*, die in 60 der 130 Anlagen stand. Herkules ist eine Hochalphasorte mit sehr hohem Bitterwert und guter Bitterqualität, jedoch nur geringer Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Die hohe Bedeutung der Sorte ist begründet in den hohen α–Erträgen je ha, die sich mit anderen Sorten nicht realisieren ließen. Demgegenüber verfügen die Aromasorten *Perle* und *Hallertauer Tradition* über eine sehr gute Toleranz gegenüber Peronospora, sie wurden in jeweils 21 der ausgewerteten Hopfengärten angebaut. Welche Bedeutung die Sortenwahl für die Behandlungsintensität der Fungizide hat, wird im Kapitel 5.4.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen erläutert.

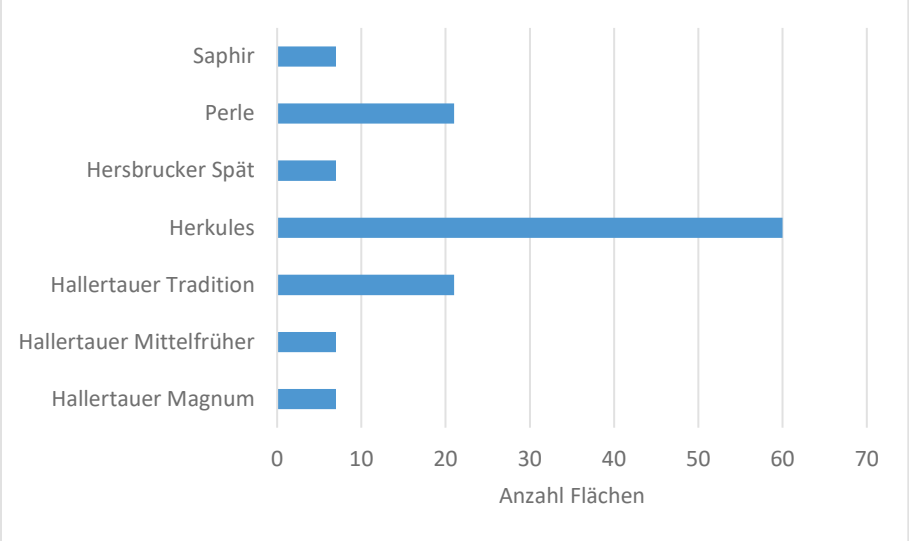


Abb. 73. Sortenwahl im Hopfenanbau 2012-2018 (Vorherjahre, Demonstrationsflächen und Restbetrieb, n = 130).

8.2. Monitoring im Hopfenanbau

Um den Befall mit Schaderregern in den Projektjahren von 2014 bis 2018 zu überwachen, wurden die insgesamt 75 Demonstrationsanlagen der Hopfenbau-Demonstrationsbetriebe ab Anfang April bis zur Ernte im August je nach Befallssituation und Witterung meist wöchentlich von den Projektbetreuerinnen bonitiert.

Auftreten und Überwachung der Hauptschadorganismen im Jahresverlauf

Peronospora (*Pseudoperonospora humuli*) ist die wichtigste Pilzkrankheit im Hopfenanbau, die in jedem Jahr in unterschiedlicher Stärke auftritt und alle Pflanzenteile befallen kann. Dementsprechend wurden alle Demonstrationsanlagen mit Beginn des Hopfenaustriebs im April bis zum Erreichen von ca. 3/4 der Gerüsthöhe (Anfang Juni) auf Symptome einer Peronospora-Primärinfektion („Bubiköpfe“) kontrolliert. Nach dem Anleiten des Hopfens (ab Mai) wurden die Blätter und später auch die Hopfendolden auf Sekundärinfektionen kontrolliert, da insbesondere Blüten- und Doldenbefall zu einem vollständigen Ertragsverlust führen kann. Die Pilzkrankheit Echter Mehltau (*Sphaerotheca macularis*) tritt nicht in jedem Jahr und an jedem Standort gleich stark auf. Bei günstigen Witterungsbedingungen können in gefährdeten Lagen und anfälligen Sorten Ertrag und Qualität jedoch stark beeinträchtigt werden. Der Befall mit Echtem Mehltau wurde daher parallel zum Auftreten von Peronospora über die gesamte Saison hinweg überwacht. Botrytis (*Botrytis cinerea*) befällt Blüten und Dolden des Hopfens. Der von Jahr zu Jahr unterschiedlich stark auftretende Pilz führt zu Qualitätseinbußen und wurde in 42 der 75 Hopfendemonstrationsanlagen der Hallertau jeweils im Juli und August kontrolliert. Das Auftreten von Stockfäule, die verschiedene biotische und abiotische Ursachen haben kann, wurde ab April in etwa 1/3 der Hopfenanlagen überwacht.

Tierische Schädlinge wurden wie die pilzlichen Schaderreger über die gesamte Vegetationsperiode hinweg überwacht: Im Frühjahr (ab Ende März/Anfang April) wurde auf allen Flächen der Befallsbeginn von Hopfen-Erdfloh (*Psylliodes attenuatus*), Drahtwurm (Schnellkäfer-Arten, *Agriotes* spp.) und teilweise auch Liebstöckelrüssler (*Otiorhynchus ligustici*) kontrolliert. In diesem Zeitraum können an den jungen, frischen Trieben des Hopfens auch durch Rehwild erhebliche Schäden auftreten. Der Wildverbiss wurde dementsprechend in nahezu allen Hopfengärten überwacht. Ab Mai schädigen Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli*) und Schmetterlingsraupen wie Schattenwickler (*Cnephasia alticolana*) und Markeule (*Hydraecia micacea*) die Pflanzen. Von besonderer Bedeutung ist die Hopfenblattlaus, die die Blattunterseiten, Blüten und Dolden aller Hopfensorten in jedem Jahr von Ende Mai bis zur Ernte besiedelt und auf allen Anlagen überwacht wurde. Unzureichende Erkennung und eine nicht rechtzeitige Bekämpfung können zu Ertragsverlusten und Qualitätseinbußen führen (LFL, 2019).

Besonders in heißen und trockenen Jahren kann der Befall durch die Gemeine Spinnmilbe (*Tetranychus urticae*) erhebliche Ertrags- und Qualitätsverluste verursachen. Vom Befallsbeginn im Mai/Juni bis zur Ernte wurde ihr Auftreten daher in allen Hopfengärten überwacht: zunächst die unteren Blätter und ab der Blüte auch die Blätter und Dolden in der Gipfelregion mit Hilfe der Kanzel.

Das Auftreten von Unkräutern, insbesondere der Gemeinen Quecke (*Agropyron repens*), sowie die Zusammensetzung der Unkrautflora wurden zwischen Mai und Juni überwacht.

Aufwendungen zur Schaderregerüberwachung

Im Zeitraum von 2014 bis 2018 wurden pro Anlage und Jahr Monitoringmaßnahmen an insgesamt 12 Boniturterminen mit einem Gesamtzeitaufwand von durchschnittlich 10 Stunden (606 Minuten) durchgeführt. Der durchschnittliche Zeitaufwand pro Boniturtermin lag bei etwa 50 Minuten.

An fast jedem Boniturtermin wurden sowohl der Befall mit Schädlingen als auch mit Pilzkrankheiten erhoben (Tab. 33). Die Bonituren von Schädlingen (Insekten) waren mit einer Boniturzeit von insgesamt ca. 4 Stunden (246 Minuten) je Saison und Anlage am zeitaufwendigsten. Gefolgt von der Gemeinen Spinnmilbe, zu deren Überwachung durchschnittlich 8 Boniturtermine mit insgesamt 173 Minuten Gesamtboniturzeit notwendig waren. Eine Schädlings- oder Milbenbonitur dauerte jeweils ca. 20 Minuten pro Anlage.

Der durchschnittliche Zeitaufwand für das Monitoring von Krankheiten summierte sich je Anlage und Jahr auf 163 Minuten, wobei eine Bonitur etwa 15 Minuten Zeit in Anspruch nahm. Unkrautbonituren nahmen nur wenig Zeit in Anspruch (4 Minuten) und wurden meist nur einmal pro Saison und nicht in allen Anlagen

durchgeführt, wohingegen Wildverbiss durch Rehwild in nahezu allen Anlagen mehrmals pro Saison überwacht wurde (durchschnittlich 3 Boniturtermine mit einem Zeitaufwand von insgesamt 20 Minuten pro Jahr bzw. 6 Minuten pro Boniturtermin).

Tab. 33. Zeitlicher Aufwand zur Schaderregerüberwachung auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau (2014-2018) Boniturtermine: durchschnittliche Anzahl Boniturtage gesamt und je Schaderregerkategorie pro Fläche und Jahr. Boniturzeit: durchschnittliche Boniturzeit gesamt und je Schaderregerkategorie pro Anlage und Jahr in Minuten, A = Milben, F = Pilzkrankheiten, H = Unkräuter, I = Schädlinge, WD = Wildverbiss

Jahr	Boniturtermine [Tage]						Boniturzeit [min]						Zeit/Termin [min/Tag]
	gesamt	A	F	H	I	WD	gesamt	A	F	H	I	WD	
2014	14	7	14	0	13	5	614	131	174	0	279	31	45
2015	8	5	8	1	8	3	295	84	81	4	112	14	36
2016	12	7	11	0	11	3	537	159	148	1	211	18	47
2017	16	12	15	1	16	4	900	270	254	8	345	23	57
2018	12	9	12	1	12	2	683	220	158	8	285	12	58
2014-2018	12	8	12	1	12	3	606	173	163	4	246	20	50

Diskussion Monitoring

Zu beachten ist, dass die Projektbetreuerinnen in einer Hopfenkanzel durch die Bestände gefahren werden mussten sobald der Hopfen nahezu Gerüsthöhe erreichte, um auch in den höheren Etagen der immer dichter werdenden Kultur keine Krankheits- oder Schädlingsherde zu übersehen. Diese zusätzlichen zeitlichen Aufwendungen für die Schlepperfahrerinnen und Schlepperfahrer wurden bei der Erfassung der Monitoringzeit nicht berücksichtigt. Auch über die ggf. zusätzlich angefallene Monitoringzeit der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter selbst können hier keine Aussagen getroffen werden. Es ist davon auszugehen, dass beispielsweise die Überwachung von Mäusen und Schnecken, die hier nicht aufgeführt ist, durch die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter selbst im Rahmen von Feldbegehungen oder parallel zu Feldarbeiten durchgeführt wurde.

Das Monitoring fand angepasst an die Witterung und das Befallsgeschehen statt. Schwankungen in der Anzahl Boniturtermine sowie der Boniturzeit lassen sich vor allem auf den zwischen den Jahren und Anlagen verschiedenen Befallsdruck zurückführen. Im trockenen Jahr 2015 beispielweise war der Befallsdruck mit Peronospora gering, was sich sowohl in der verminderten Boniturzeit als auch der geringeren Anzahl Boniturtermine widerspiegelt. Demgegenüber zeigen die Aufwendungen zur Schaderregerüberwachung den in den Jahren von 2016 bis 2018 stärkeren Spinnmilben- und Blattlausbefall mit entsprechend höherer Notwendigkeit der Überwachung an.

Nach Angaben der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter sind gewissenhafte Bonituren im Hopfenanbau aufgrund der hohen Kosten einer Pflanzenschutzbehandlung essentiell. Die hier dargestellten durchschnittlichen zeitlichen Aufwendungen zur Schaderregerüberwachung sind aus ihrer Sicht als repräsentativ anzusehen und das Monitoring konnte auch im Jahr 2019, dem ersten Jahr nach Beendigung des Modellvorhabens, ohne Projektbetreuung in diesem Umfang fortgeführt werden. Allerdings werden in der Praxis zur Zeitersparnis vergleichbare Schläge oder Hopfengärten mit gleichen Sorten zusammen bonitiert.

8.3. Entscheidungsgrundlagen

Verfügbare Schwellenwerte und Entscheidungshilfen

Entsprechend den Vorgaben der *JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau* zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ ist die Notwendigkeit einer Abwehr- oder Bekämpfungsmaßnahme auf Grundlage des Befalls mit Schadorganismen anhand von anerkannten Bekämpfungsschwellen oder anderen Entscheidungshilfen wie Prognosemodellen oder den Warndiensthinweisen der staatlichen Hopfenbauberatung abzuleiten (GUMMERT et al., 2016).

Für die folgenden Schaderreger stehen Entscheidungshilfen bzw. Schwellenwerte zur Verfügung, welche entsprechend in den Demonstrationsbetrieben eigenständig und/oder in Zusammenarbeit mit der Projektbetreuung genutzt werden sollten (ANONYMUS, 2019; LFL 2019; TLL, 2007):

- Liebstöckelrüssler: Bekämpfungsschwelle 1 Käfer pro 3 Stöcke
- Hopfenblattlaus: Bekämpfungsschwelle vor der Blüte: durchschnittlich 50 Läuse pro Blatt oder max. 200 Läuse auf einzelnen Blättern; ab der Blüte sollte der Hopfen blattlausfrei sein
- Spinnmilbe: Anwendung des Bekämpfungsschwellenmodells (nach Dr. F. Weihrauch) in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Befallsindex
- Peronospora-Primärinfektion: Bekämpfung spätestens dann, wenn an mehr als 1 % der Stöcke Bubiköpfe zu finden sind. Peronospora anfällige Sorten, Stockfäule empfindliche Sorten wie z. B. Hallertauer Taurus und Junghopfen im ersten Ertragsjahr sollten grundsätzlich gegen Peronospora-Primärinfektion behandelt werden
- Peronospora-Sekundärinfektion: Bekämpfung nach den Empfehlungen des Peronospora-Warndienstes differenziert nach Anbauregionen und Sortengruppen
- Mehltau: Warndiensthinweise beachten, Bekämpfung spätestens beim Auftreten der ersten Mehltaupusteln durchführen.

Forschungsbedarf bei Schwellenwerten und Entscheidungshilfen

Die bestehenden Bekämpfungsschwellen sollten an die aktuelle Zulassungssituation und insbesondere den reduzierten Wirkungsgrad vieler Pflanzenschutzmittel angepasst werden. Sollte sich der Trend, dass zunehmend Pflanzenschutzmittel mit reduzierten Wirkungsgraden oder lediglich als befallsmindernd eingestufte Mittel zugelassen werden, fortsetzen oder verstärken, werden künftig mehr oder prophylaktische Bekämpfungsmaßnahmen zunehmen. Dies war bereits in den letzten Projektjahren erkennbar und spiegelt sich in der höheren Behandlungsintensität bei den Fungiziden, z. B. bei der Bekämpfung des Echten Mehltaus, wider. Bei diesem Schaderreger wird auch der größte Forschungsbedarf hinsichtlich der Erarbeitung von Schwellenwerten oder Entscheidungshilfen zur Bekämpfung des Echten Mehltaus gesehen.

Entscheidungsgrundlagen

Im Hopfenanbau wurden bei Pflanzenschutzbehandlungen auf den Demonstrationsflächen im Auswertungszeitraum von 2014 bis 2018 folgende Entscheidungsgrundlagen genutzt: Monitoring Projektbetreueung (Bonituren), Monitoring Betrieb, Beratung PSD/Warndienst, Prognosemodell sowie Erfahrung/Routine (Abb. 74). Bei dieser Betrachtungsweise ist zu beachten, dass Entscheidungsgrundlagen, die eine Nicht-Behandlung zur Folge hatten, wie z. B. Schädlingsbonituren, bei denen kein Befall festgestellt wurde, hier keine Berücksichtigung fanden.

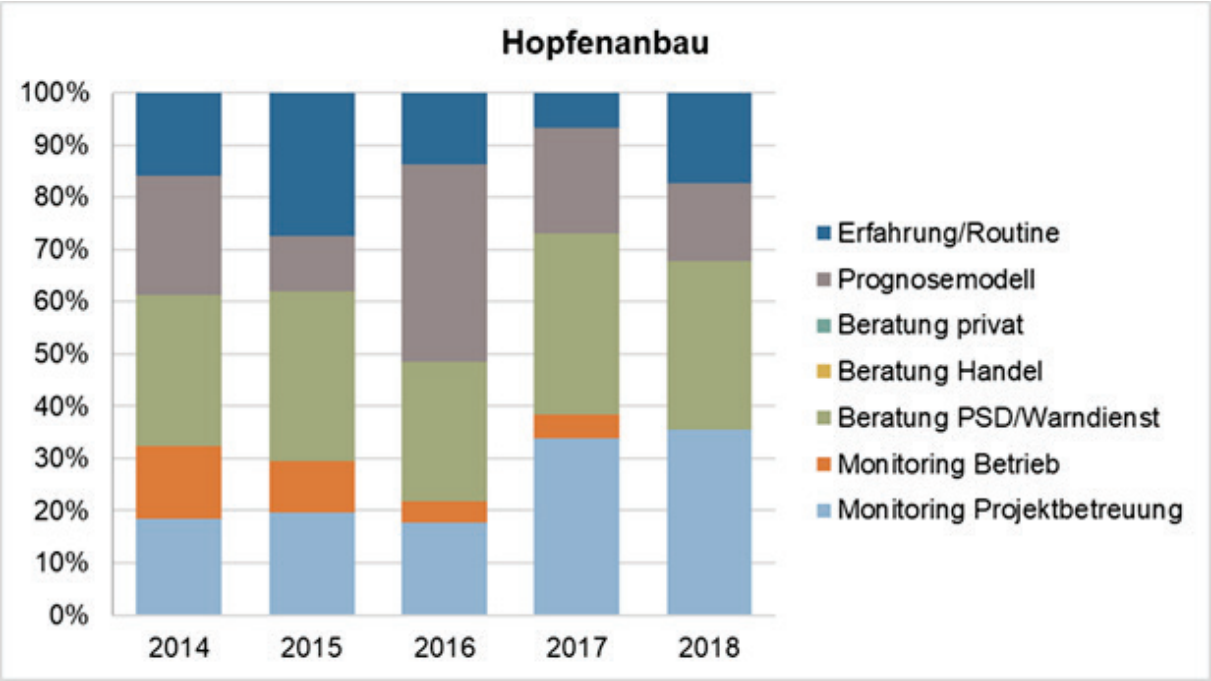


Abb. 74. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsflächen im Hopfenanbau [Anteil Nennungen %], 2014-2018.

Der Hauptanteil von mehr als 50 % der genannten Entscheidungsgrundlagen ist direkt auf den Service des Pflanzenschutzdienstes bzw. in diesem Fall der Hopfenbauberatung der LfL zurückzuführen. So entfielen auf die Beratung und den allgemeinen Warndienst des Pflanzenschutzdienstes ca. 31 % der Nennungen im Mittel der Jahre 2014 bis 2018, auf die Nutzung des spezifischen Peronospora-Warndienstes (Prognosemodell) ca. 21 %. Die konstant hohe Bedeutung der Informationsquellen Warndienst und Prognosemodell in Kombination mit den entsprechenden Behandlungsempfehlungen („Spritzaufrufe“) ist vor allem auf den hohen Anteil an Fungizidbehandlungen an der Gesamtbehandlungsintensität zurückzuführen.

Darüber hinaus waren auch die Ergebnisse der Befallserhebungen in den Hopfengärten eine wesentliche Grundlage der Entscheidungen für eine Pflanzenschutzapplikation. Betrachtet man das Monitoring, welches mit zunehmender Tendenz von den Projektbetreuerinnen (25 %) zusammen mit dem Monitoring, das mit abnehmender Tendenz von Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern selbst durchgeführt wurde (6,5 %), kann festgestellt werden, dass etwa ein Drittel der Entscheidungen für eine Pflanzenschutzbehandlung situationsspezifisch im Feld getroffen wurde. Dieses Ergebnis ist zudem ein Zeugnis des großen Vertrauens, welches sich zwischen Projektbetreuerinnen und Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern entwickelte.

Ergänzt wurde dies durch Erfahrungswissen, welches im Durchschnitt ca. 16 % Anteil an den genannten Entscheidungsgrundlagen hatte, im Jahr 2015 sogar bis zu 28 %. Handels- oder Privatberaterinnen und -berater hatten keinen Einfluss auf die Pflanzenschutzentscheidungen in den Hopfendemonstrationsanlagen.

8.4. Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen

Die Auswertung der Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen umfasst die Projektjahre 2014 bis 2018 sowie die beiden Jahre vor Projektbeginn (2012 und 2013). Die Ergebnisse beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die Daten der Demonstrationsflächen. Ebenfalls ausgewertet wurden die Daten der drei Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in der Region Hallertau (Abb. 75).

Der durchschnittliche **Gesamt-Behandlungsindex** der fünf Hopfenbaubetriebe lag im Vergleich der Projektjahre zwischen min. 6,4 im Jahr 2015 und max. 14,7 im Jahr 2018. Die mitunter deutlichen Unterschiede zwischen den Jahren gingen auf Schwankungen im Befallsdruck von Krankheiten und Schädlingen und dementsprechend mehr oder weniger Fungizid-, Insektizid- bzw. Akarizidanwendungen zurück (s. u.). Die Behandlungsintensitäten der Vergleichsbetriebe zeigten gleich gerichtete Schwankungen zwischen den Jahren (min. 7,9 im Jahr 2015, max. 13,4 im Jahr 2018), signifikante Unterschiede im Gesamt-BI zwischen den beiden Betriebsnetzen traten

nicht auf. Insgesamt zeigte sich von 2012 bis 2018 eine Tendenz zu ansteigenden Behandlungsintensitäten im Hopfenanbau.

Die Behandlungsintensitäten der einzelnen Betriebe unterschieden sich teilweise deutlich, der Unterschied zwischen dem niedrigstem und höchstem Betriebs-BI eines Jahres betrug rund 3. Die große Streuung der Betriebs-BI (die Standardabweichung des Gesamt-BI lag bei durchschnittlich 2,5) ging vor allem auf eine nahezu ebenso große Streuung des Fungizid-BI zurück und ist ein Indiz für schlag- und situationsspezifische Bekämpfungsentscheidungen - insbesondere bei der Applikation von Fungiziden.

Behandlungsintensität Fungizide

Fungizide hatten mit etwa 69 % den größten Anteil am Gesamt-BI. Jährlich wurden in den Demonstrationsbetrieben rund 6,4 Fungizidapplikationen (min. 1, max. 10) je Anlage durchgeführt, überwiegend als Tankmischung aus zwei verschiedenen Pflanzenschutzmitteln. Die Applikationen richteten sich gegen Primär- und Sekundärinfektionen von Peronospora sowie Befall mit Echtem Mehltau. Auf einzelnen Flächen trat auch Botrytisbefall auf, der in Nebenwirkung der Peronospora- und Mehltaubehandlungen miterfasst wurde. Stockfäule kam in den Demonstrationsanlagen nicht vor. Die maximal zugelassenen Aufwandmengen der Fungizide wurden größtenteils voll ausgeschöpft oder nur leicht reduziert. Aber auch stärkere Reduktionen der zugelassenen Aufwandmenge (< 75 %) kamen vor, dies allerdings überwiegend in Tankmischungen mit anderen Fungiziden. Einzelanwendungen eines Fungizids in deutlich reduzierter Aufwandmenge kamen nur in Ausnahmefällen vor.

Teilflächenbehandlungen von Fungiziden (bei etwa 13 % der Applikationen) wurden überwiegend in Form von Reihenbehandlungen auf 1/3 der Fläche oder mit Hilfe von sensorgesteuerter Abschalttechnik auf 1/6 der Fläche durchgeführt und ermöglichten eine Verringerung der vom Pflanzenschutzmittel getroffenen Zielfläche. Der durchschnittliche Fungizid-BI in den Demonstrationsanlagen lag bei 8,2. Primärinfektionen mit Peronospora wurden, wenn notwendig, ein- bis zweimal in der Reihe behandelt. Behandlungen gegen Sekundärinfektionen erfolgten vorbeugend, nachdem im Warndienst auf Grundlage des Prognosemodells dazu aufgerufen wurde, oder bei Bonituren ein Befall festgestellt werden konnte. Das Jahr 2016, ein Jahr mit ausgiebigen Sommerniederschlägen und gleichzeitig warmen Temperaturen, war von einem permanent hohen Befallsdruck durch Peronospora geprägt, welcher in der Hallertau insgesamt wie auch in allen fünf Demonstrationsbetrieben verstärkt auftrat. Der Warndienst gab acht Aufrufe für Peronosporasekundärbehandlungen aus, denen die Demonstrationsbetriebe folgten. Der Fungizid-BI war in diesem Jahr mit einem Wert von 10,9 entsprechend hoch und unterschied sich signifikant von dem der Vergleichsbetriebe (8,8). Es wird angenommen, dass die höhere Intensität in den Demonstrationsbetrieben auf das intensive Monitoring zurückzuführen ist. Im trockenen Jahr 2015 mit geringerem Befallsdruck und nur drei Warndienstaufrufen lag der Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe mit 4,1 unter dem der Vergleichsbetriebe mit 5,2. In den Jahren 2017 und 2018 gab es jeweils 4 Bekämpfungsaufrufe gegen Peronospora-Sekundärinfektionen.

Der Echte Mehltau als weitere bedeutende Pilzkrankheit des Hopfens trat seit dem Jahr 2016 wieder verstärkt in der Hallertau auf. Ein Anstieg der Indikation und gezielte Applikationen gegen den Echten Mehltau waren dementsprechend ab 2016 sowohl in den Demonstrationsbetrieben als auch den Vergleichsbetrieben zu verzeichnen. In den vergangenen Jahren wurden zwei verschiedene witterungsgestützte Mehltau-Prognosesysteme erarbeitet und evaluiert (LFL, 2017), für die Praxis stehen diese jedoch nicht zur Verfügung. Da eine zuverlässige Prognose bisher nicht möglich war und die gegen Echten Mehltau zugelassenen Pflanzenschutzmittel überwiegend vorbeugend wirkten, mussten anfällige Sorten und Hopfengärten in Befallslagen regelmäßig prophylaktisch behandelt werden (ANONYMUS, 2019). Das erklärt auch den höheren BI in den Jahren 2017 und 2018, in denen verglichen mit 2016 eingesparte Peronospora-Bekämpfungsmaßnahmen durch zusätzliche Mehltaubehandlungen ausgeglichen wurden.

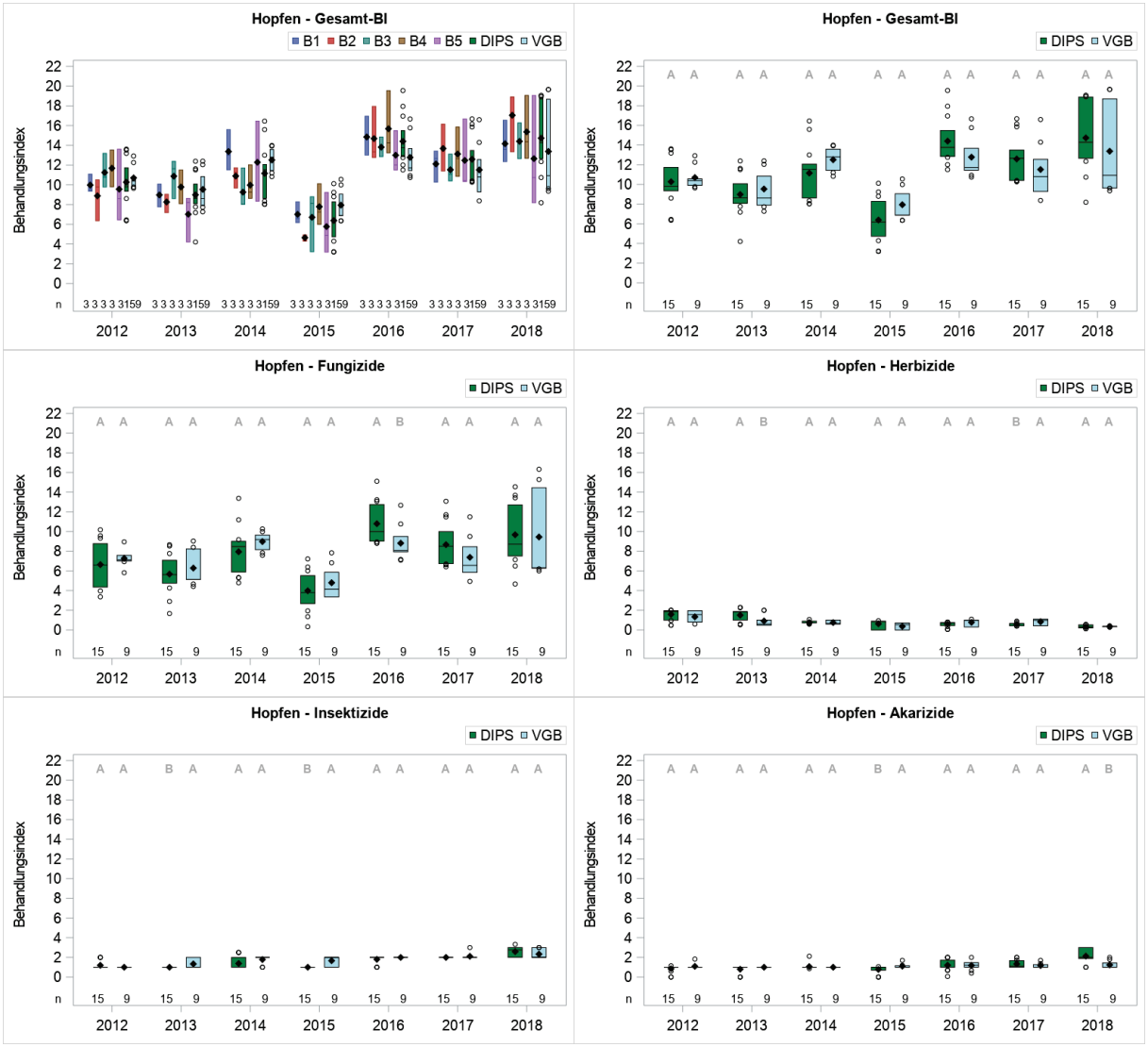


Abb. 75. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) B1-B5 und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau. Mittelwert der Flächen je Jahr nach Kategorien (Vorherjahre 2012/13 und Demonstrationsflächen 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Die Varianzanalyse des Fungizid-BI ergab einen signifikanten Einfluss von Jahr ($p < 0,0001$, vgl. Abb. 75) und Sorte ($p < 0,0001$). Die Tab. 34 zeigt für die Vorherjahre und für die Demonstrationsflächen in den Projektjahren, wie sich der Fungizid-Behandlungsindex der einzelnen Sorten voneinander unterschied. In den Projektjahren hatte die am häufigsten angebaute jedoch für ihre Anfälligkeit gegenüber Peronospora und Echtem Mehltau bekannte Sorte Herkules mit 10,4 einen signifikant höheren Fungizid-BI als andere Sorten. Demgegenüber wiesen die Sorten Hallertauer Mittelfrüher, Hallertauer Tradition und Perle mit Behandlungsindices von durchschnittlich 5,4, 6,6 bzw. 7,0 die signifikant niedrigsten Behandlungsintensitäten auf. Vor allem Perle und Hallertauer Tradition gelten als tolerante bzw. besonders widerstandsfähige Sorten (LfL, 2019). Die Sorte Hallertauer Mittelfrüher wird als frühreifende Sorte eher geerntet als andere Sorten und entsprechend weniger häufig behandelt.

Die Ergebnisse dieser sortenspezifischen Betrachtung belegen eine situationsangepasste Vorgehensweise der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter und den Verzicht auf Standard- bzw. Routinebehandlungen. Die Auswertung der Jahre vor Projektbeginn zeigt ein vergleichbares Bild und erneut signifikante Unterschiede zwischen den Sorten Perle und Herkules. Da auf den Restbetriebsflächen ausschließlich die Sorte Herkules angepflanzt war, wurde auf eine Auswertung verzichtet, die Fungizid-BI waren jedoch auf gleichem Niveau wie die der Herkules-Demonstrationsflächen.

Tab. 34. Einfluss der Sortenwahl im Hopfenanbau auf den Fungizid-Behandlungsindex in den Vorherjahren (2012/13) und Projektjahren (2014-2018)
n = Anzahl Schläge, MW = Mittelwert, s = Standardabweichung, Sig = ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Sorten (p<0,05)

Sorte	Vorherjahre				Projektjahre			
	n	MW	s	Sig	n	MW	s	Sig
Hallertauer Magnum	2	7,3	0,6	AB	5	7,2	2,1	BC
Hallertauer Mittelfrüher	2	6,4	1,1	AB	5	5,4	2,7	C
Hallertauer Tradition	6	5,2	0,7	AB	15	6,6	3,0	C
Herkules	10	7,7	1,8	A	25	10,4	3,0	A
Hersbrucker Spät	2	5,6	1,8	AB	5	9,5	3,9	AB
Perle	6	3,7	1,5	B	15	7,0	2,4	C
Saphir	2	7,8	1,3	A	5	8,0	2,2	BC

Behandlungsintensität Herbizide

Herbizide werden im Hopfenanbau zur Regulierung des Unkrautbesatzes in den Hopfenreihen sowie zum Hopfenputzen genutzt. Das Hopfenputzen (Entfernen überflüssiger Triebe und Blätter) verfolgt drei Ziele:

- Ausschaltung der Nährstoffkonkurrenz durch überzählige Triebe
- Pflanzenhygiene durch Beseitigen der unteren Blätter und des Nachaustriebes als Träger der Peronospora, des Echten Mehltaus und der Gemeinen Spinnmilbe
- Ernteerleichterung durch Entblättern des untersten Rebenteiles (TLL, 2007).

Als Alternativen zur Applikation von Herbiziden stehen Nährsalzlösungen und mechanische Verfahren zur Verfügung. Aber auch kulturtechnische Maßnahmen, die vor allem zu Beginn des Anbaujahres im Hopfengarten durchgeführt werden (Hopfenschneiden, Kreiseln, Ackern, Anleiten und Ausputzen) hatten nach Aussage der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter eine große Bedeutung für die Unkrautbekämpfung und Beseitigung von Nachschossern. Insgesamt steht jedoch zum aktuellen Stand der technischen Entwicklung keine vollwertige Alternative zur Anwendung von Herbiziden im Hopfenanbau zur Verfügung, da die Alternativverfahren entweder nur den Unkraut-/Ungrasbewuchs am Bifang oder aber das Entlauben des unteren Rebenbereiches übernehmen, wohingegen chemische Varianten beides leisten und darüber hinaus in einer Überfahrt meist auch noch Dünger mit ausgebracht werden kann.

Die Behandlungsintensität der Herbizide lag in den Projektjahren bei durchschnittlich 0,6 (min. 0,3, max. 0,8, s: 0,2) und hatte einen Anteil von 5 % am Gesamt-BI. Die Hopfengärten wurden pro Saison von Ende Mai/Anfang Juni bis zur Ernte im August ein- bis zweimal (seltener dreimal) mit Herbiziden behandelt. Im Jahr 2015 konnte auf einigen Flächen ganz auf die Applikation von Herbiziden verzichtet werden. In den Vorherjahren 2012 und 2013 lag der BI bei 1,6 bzw. 1,5 und fiel von 0,8 im Jahr 2014 über jeweils 0,6 in den Jahren 2015 bis 2017 auf einen Wert von 0,3 im Jahr 2018 ab (Abb. 75). Die Vergleichsbetriebe zeigten einen ähnlichen Trend, signifikante Unterschiede zwischen den beiden Betriebsnetzwerken traten nur in den Jahren 2013 und 2017 auf.

Die Ausschöpfung der maximal zugelassenen Aufwandmengen je ha variierte sehr stark zwischen 2 und 100 %. Zurückzuführen war dies vor allem auf das Mittel Vorox F, welches beim Hopfenputzen in Kombination mit Nährsalzlösungen teilweise in äußerst niedrigen Dosierungen von z. B. 14 g/ha bei maximal zugelassenen 600 g/ha angewandt wurde. Die Herbizide wurden in Reihenbehandlungen auf ca. 1/3 der Anbaufläche als Soloanwendung eines Mittels ausgebracht. Überwiegend kamen auf den Demonstrationsflächen nur zwei verschiedene Pflanzenschutzmittel zum Einsatz: Reglone (Deiquat, Zulassungsende 30.06.2018) bis einschließlich 2017 als „Standard“ auf fast allen Flächen zum kombinierten Hopfenputzen und Unkräuter bekämpfen sowie in Ergänzung dazu seit 2015 bei Bedarf Vorox F (Flumioxazin) zum Hopfenputzen. Darüber hinaus wurde auf zwei Flächen einmalig das Mittel Quickdown (Pyrafluflen) zum Hopfenputzen angewandt

sowie in den Vorherjahren 2012/13 als früherer „Standard“ in der Unkrautregulierung das Mittel Lotus, dessen Zulassung am 31.12.2013 endete.

Die Varianzanalyse der Herbizid-Behandlungsintensität ergab einen signifikanten Einfluss von Jahr ($p < 0,0001$) und der Wechselwirkung Jahr*Betrieb ($p < 0,0001$) auf den Herbizid-BI (ohne Abbildung). Neben dem Jahreswitterungseffekt, der betriebsindividuellen Herangehensweise, wie insbesondere der Nutzung von Alternativverfahren und Nährsalzlösungen, lassen sich die Veränderungen im BI (Absinken seit 2014) vor allem mit dem Wegfall von Lotus und Reglone begründen, welche ab der Saison 2014 bzw. 2018 keine Zulassung mehr hatten. Aufgrund der Möglichkeit, die Unkräuter mechanisch zu bekämpfen und den Hopfen mit Nährsalzen zu putzen, konnten die Betriebe die sich stetig verschlechternde Zulassungssituation bei den Herbiziden kompensieren und haben so, vermutlich unbeabsichtigt, die Behandlungsintensität verringert. Seit 2019 ist das Mittel BELOUKHA mit dem Wirkstoff Pelargonsäure, eine organische Säure pflanzlichen Ursprungs aus der Distel, zum Hopfenputzen zugelassen, welches in Kombination mit Stickstofflösungen eine gute Wirkung erzielt.

Behandlungsintensität Insektizide und Akarizide

Insektizid- und Akarizidbehandlungen hatten im Durchschnitt aller Demonstrationsflächen und Jahre rund 15 bzw. 11 % Anteil am Gesamt-BI und schwankten zwischen 1,0 (Insektizide) bzw. 0,8 (Akarizide) im Jahr 2015 und 2,6 (Insektizide) bzw. 2,1 (Akarizide) im Jahr 2018 (Abb. 75). Die durchschnittliche Behandlungsintensität der Insektizide lag bei 1,8 (s: 0,3), die der Akarizide bei 1,3 (s: 0,5).

Im Jahr 2015 unterschieden sich die mittleren BI der Demonstrationsflächen sowohl bei den Insektiziden als auch bei den Akariziden signifikant von den BI der Vergleichsbetriebe. Neben standortbedingten Faktoren kann hier die intensive Befallsüberwachung von u. a. der Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli*), dem Hopfenerdfloh (*Psylliodes attenuatus*) und der Gemeinen Spinnmilbe (*Tetranychus urticae*) zu Einsparungen geführt haben. Im Jahr 2018 war der Akarizid-BI der Vergleichsbetriebe signifikant niedriger als der der Demonstrationsbetriebe – im Gegenzug kann auch hier das regelmäßige Monitoring der Anlagen dazu geführt haben, dass das Überschreiten der Bekämpfungsschwelle einmal häufiger entdeckt und so einmal öfter behandelt wurde.

Insektizide wurden in jedem Jahr und auf jeder Fläche mindestens einmal bis maximal dreimal appliziert, meist in Tankmischung mit einem Fungizid oder als Einzelpflanzenbehandlung. Die maximal zugelassenen Aufwandmengen je ha wurden fast immer zu 100 % ausgeschöpft.

Insgesamt kamen in den Jahren von 2012 bis 2018 auf den Vorher- und Demonstrationsflächen fünf verschiedene Insektizide zur Anwendung:

- *ACTARA* (Thiamethoxam, Zulassung nach Art. 51 VO (EG) Nr. 1107/ 2009) als Standard-Einzelpflanzenbehandlung zum Austrieb in jedem Jahr und auf allen Flächen gegen die Bodenschädlinge Hopfenerdfloh, Liebstöckelrüssler und Drahtwurm sowie
- Karate Zeon (lambda-Cyhalothrin) im Jahr 2014 auf fünf Flächen als Reihenbehandlung gegen Befall mit Hopfenerdfloh.

In vielen Jahren konnten die Nebenwirkungen von ACTARA auf Blattläuse ausgenutzt werden, so dass keine weiteren Behandlungen notwendig waren. Von 2016 bis 2018 war jedoch ein Anstieg des BI zu verzeichnen: auf einem Großteil der Flächen wurde nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle Teppeki (Flonicamid) zur Bekämpfung der Hopfenblattlaus appliziert, im Jahr 2018 wurden darüber hinaus Plenum 50 WG (Pymetrozin) und Warrant 700 WG (Imidacloprid) gegen die Hopfenblattlaus eingesetzt. Eine Ursache dafür war, dass in den Jahren mit starker Bodentrockenheit (2017 und 2018) die Nebenwirkung von ACTARA zur Blattlausbekämpfung bei unveränderter Befallshäufigkeit nicht ausreichte und gezielt nachbehandelt werden musste.

Zum 18.09.2018 endete die Zulassung der beiden neonicotinoiden Wirkstoffe Thiamethoxam und Imidacloprid. Dies führte zu einer weiteren Einschränkung bei der ohnehin kaum vorhandenen Mittelauswahl im Hopfenanbau und erschwerte einen Wirkstoffwechsel zur Vermeidung der Entstehung von Resistenzen. Die Zulassung von ACTARA endete am 30.04.2019, damit steht im Hopfenanbau aktuell kein Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung von Bodenschädlingen zur Verfügung.

Die Varianzanalyse der Insektizid-Behandlungsintensität ergab einen signifikanten Einfluss von Jahr ($p < 0,0001$) und der Wechselwirkung Jahr*Betrieb ($p < 0,0001$) auf den Insektizid-BI (ohne Abbildung). Neben dem Jahreswitterungseffekt, der damit verbundenen Variation in der Befallshäufigkeit der Schädlinge und den zulassungsbedingten Möglichkeiten der chemischen Bekämpfung, wird angenommen, dass auch die Lage der Flächen sowie die betriebsindividuelle Bekämpfungsstrategie einen Einfluss auf den BI hatten.

Die oft zu beobachtende unterschiedliche Anfälligkeit verschiedener Hopfensorten, Hochalphasorten wie z. B. Hallertauer Magnum und Herkules werden bevorzugt befallen (LFL, 2019), konnte im Projekt nicht bestätigt werden.

Akarizide gegen die Gemeine Spinnmilbe wurden auf einem Großteil der Flächen einmal bis maximal dreimal appliziert, meist in Tankmischung mit anderen Pflanzenschutzmitteln und überwiegend ganzflächig. Auch hier wurden die maximal zugelassenen Aufwandmengen je ha fast immer zu 100 % ausgeschöpft.

Zur Bekämpfung der Spinnmilben wurden auf den Demonstrationsschlägen fünf verschiedene Wirkstoffe genutzt: Envidor (Spirodiclofen), Kanemite SC (Acequinocyl), Milbeknock (Milbemectin), Ordoval (Hexythiazox) sowie Vertimec bzw. Vertimec Pro (Abamectin, Zulassungsende 31.12.2013, Notfallzulassung 2016).

Bis zum Jahr 2015 gab es vereinzelt Hopfengärten, bei denen der Spinnmilbenbefall unter der Bekämpfungsschelle blieb und die dementsprechend nicht behandelt wurden. In den Jahren 2016, 2017 und 2018 wurde jedoch ein erhöhter Spinnmilbenbefall festgestellt, der sich in höheren BI niederschlug. Die Varianzanalyse des Akarizid-BI zeigte dementsprechend einen signifikanten Einfluss durch das Jahr ($p < 0,0001$). Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter erwarten, dass die Behandlungshäufigkeit von Akariziden infolge des Verlustes von wirksamen Pflanzenschutzmitteln wie Vertimec und dem durch die Klimaerwärmung vermehrten Auftreten von Spinnmilben zukünftig steigen wird.

Vergleich mit dem Restbetrieb

Der Restbetrieb eines Demonstrationsbetriebes wurde repräsentiert von jeweils einer Hopfenanlage, die nicht zu den Demonstrationsflächen gehörte. Da die 5 Restbetriebsanlagen der Hopfenanbaubetriebe alle mit der Sorte Herkules bepflanzt waren, zeigte sich hier wie auch bei den Demonstrationsflächen ein sortenbedingt höherer Fungizid-BI. Die Behandlungsintensitäten von Herbiziden, Insektiziden und Akariziden auf den Restbetriebsflächen lagen durchweg auf dem gleichen Niveau wie die der Demonstrationsflächen. Die vergleichbaren Behandlungsindices zeigen, dass die Bekämpfungsempfehlungen aufgrund der Schaderregersituation auf den Demonstrationsflächen auch in die betrieblichen Entscheidungen zur Behandlung der Restflächen eingeflossen sind.

Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Im Bereich der Fungizide ist insbesondere bei der Bekämpfung der Peronospora-Sekundärinfektion durch den etablierten staatlichen Peronospora-Warndienst mit gezielten Bekämpfungsaufrufen, differenziert nach Anfälligkeit der Sorten, von einem bereits sehr hohen Maß der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben auszugehen. Mit Hilfe der Sensortechnik, die einige Demonstrationsbetriebe in den vergangenen Jahren nutzten, konnten durchgehende Reihenbehandlungen unterbrochen und eine Verringerung der vom Pflanzenschutzmittel getroffenen Zielfläche erreicht werden. Weitere Optimierungs- bzw. Reduktionsmöglichkeiten bei der Anwendung von Fungiziden sind aufgrund der Beschränkungen bei der Sortenwahl (Ertragsleistung und Inhaltsstoffe bzw. die Nachfrage am Markt entscheiden) kaum vorhanden. Die Etablierung eines weiteren Prognosemodells für die Vorhersage des Befalls mit Echtem Mehltau könnte perspektivisch in geringem Maße weitere Optimierungspotentiale eröffnen. Dem entgegen steht jedoch, dass die gegen Mehltau zugelassenen Pflanzenschutzmittel nur prophylaktisch wirken, so dass infolge des ansteigenden Mehltaudruckes zukünftig eher mit einem Ansteigen als einem Absinken der Behandlungsintensität zu rechnen ist.

Für Herbizide hat sich gezeigt, dass aktuell keine vollwertige Alternative zur Verfügung steht, mit der sowohl ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Hopfenputzen als auch bei der Unkrautbekämpfung erzielt werden kann. Die Anwendung von Nährsalzen als Ergänzung/Alternative zur Herbizidapplikation hat sich im Zuge der Verschärfung der Düngeverordnung als problematisch herausgestellt. Mechanische Verfahren, die mit dem

Wegfall der Herbizide Lotus und Reglone in den vergangenen Jahren verstärkt empfohlen wurden und an Bedeutung gewonnen haben, werden in der letzten Zeit aufgrund der Gefahr der Übertragung von Verticillium, Virosen und Viroiden (z. B. CBCVd im Jahr 2019) wieder skeptisch gesehen. Aufgrund der Ausbringung als Reihenapplikation und des trotz der o. g. Restriktionen insgesamt hohen Anteils an nichtchemischen bzw. mechanischen Verfahren zur Unkrautbekämpfung und zum Hopfenputzen, kann auch in diesem Bereich ein hohes Maß der Umsetzung des IPS und nur wenig Spielraum für weitere Reduktionen konstatiert werden.

Für Insektizide und Akarizide ist aufgrund der geringen Auswahl an zugelassenen Wirkstoffen, dem teilweisen Verlust an Wirksamkeit bei alten Pflanzenschutzmitteln, steigender Resistenzgefahr und steigendem Befallsdruck (z. B. bei Spinnmilben) eine eher zunehmende Behandlungsintensität zu erwarten. Abhilfe kann hier nur durch stärkere Anstrengungen in Forschung und Beratung sowie insbesondere die Entwicklung und Zulassung neuer effektiver Wirkstoffe geschaffen werden.

8.5. Notwendiges Maß

In den Jahren 2014 bis 2018 bescheinigten die Pflanzenschutzexperten der LfL den Demonstrationsbetrieben bei 100 % (2014, 2015, 2018) bzw. 99,2 % (2016, 2017) der Behandlungen die Einhaltung des notwendigen Maßes (Abb. 76). Kritische Kommentare hatten 2016 und 2017 insgesamt nur 0,8 % Anteil an den Bewertungen. Kritisch angemerkt wurde in beiden Jahren in jeweils zwei Anlagen die zu frühe Applikation eines Akarizids gegen die Gemeine Spinnmilbe. Unnötige Maßnahmen kamen nicht vor.

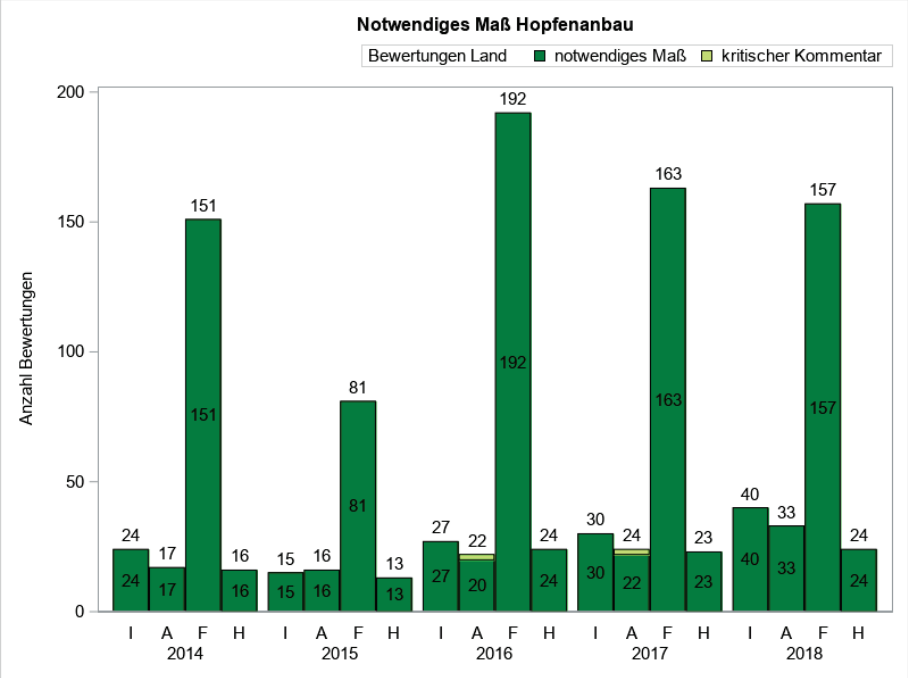


Abb. 76. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Hopfenanbau, 2014-2018. Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie I: Insektizide, A: Akarizide, H: Herbizide, F: Fungizide.

8.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung

Das von den Pflanzenschutzmittelanwendungen im Hopfenanbau ausgehende Umweltrisiko wurde mit SYNOPS-GIS berechnet (zur Methodik vgl. DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018). Die Ausgabe der Risikoindices erfolgte für die verschiedenen Nichtzielkompartimente Oberflächengewässer (akut und chronisch), Saumbereich (akut) und Boden (chronisch) getrennt. Ausgewertet wurden die Applikationsmuster, d. h. Spritzfolgen, der Demonstrationsbetriebe im Zeitraum von 2012 bis 2018 (Vorherjahre und Demonstrationsflächen) sowie die dazugehörigen Daten der Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in der DIPS-Region Hopfen.

Die **akuten und chronischen aquatischen Risikoindices** (Indikatororganismen: Algen, Daphnien, Fische, Wasserlinsen und Sedimentorganismen) lagen im Mittel in allen Jahren des Auswertungszeitraumes 2012-2018

im unteren Risikobereich mit ETR-Werten von deutlich unter 1, das heißt, dass ein Großteil der Maßnahmen als unkritisch bewertet wurde (Abb. 77). Ein sehr geringer Teil der Pflanzenschutzmaßnahmen wurde jedoch im mittleren Risikobereich eingestuft (ETR > 1, gelbe Linie) und nur einzelne Maßnahmen überschritten die Grenze zum hohen Risiko (ETR > 10, rote Linie). Die Risikoindices unterlagen keiner Veränderung im Zeitverlauf. Pflanzenschutzmittel, die in einzelnen Spritzfolgen und zufällig verteilten Umwelten als akut aquatisch riskant (ETR > 1) auffielen, waren ausschließlich Fungizide, welche die Wirkstoffe Fluopicolide, Kupferhydroxid und Schwefel enthielten. Mit chronisch aquatischem Risiko behaftet waren Fungizide, die die Wirkstoffe Kupferoxychlorid und Schwefel enthielten sowie vereinzelt Insektizide mit den neonicotinoiden Wirkstoffen Thiamethoxam (ACTARA) und Imidacloprid (Warrant 700 WG), deren Zulassung zum 18.09.2018 endete und die im Hopfenanbau zukünftig nicht mehr angewendet werden dürfen.

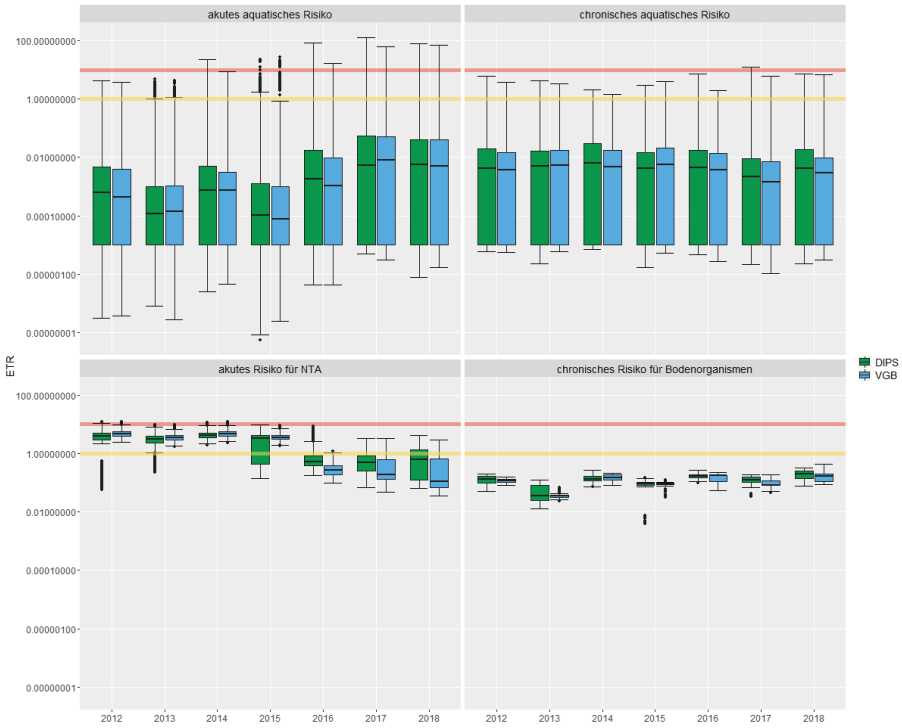


Abb. 77. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Hopfenanbau in den Jahren 2012-2018.
Gelbe Linie = Grenzwert für mittleres Risiko, rote Linie = Grenzwert für hohes Risiko.

Die Risikoindices im **Saumbereich** (akutes Risiko für NTA, Indikatororganismen: Bienen, Brackwespen und Raubmilben), die insbesondere das Risiko für Nichtzielarthropoden abbilden, zeigten im Vergleich höhere Werte, die in den Jahren bis einschließlich 2015 bei auffallend geringer Streuung in der mittleren Risikokategorie mit 1 < ETR < 10 lagen und ab 2016 abfielen auf ETR < 1. Dies bedeutet, dass die untersuchten Applikationsmuster vor allem in den Jahren bis 2015 ein potentielles Risiko für Nichtzielorganismen im Saumbiotop beinhalteten. Verursacht wurde dieses insbesondere durch Akarizide mit dem Wirkstoff Abamectin (Vertimec bzw. Vertimec Pro), dessen Zulassung am 31.12.2013 mit einer Aufbrauchfrist zum 30.06.2015 endete. Nach dieser Frist wurde der Wirkstoff Abamectin nur noch im Rahmen einer Notfallzulassung auf wenigen Flächen im Jahr 2016 verwendet und die Risikowerte sanken deutlich ab. Neben Abamectin zeigte der Wirkstoff Thiamethoxam, welcher zum Hopfenaustrieb gegen Bodenschädlinge angewendet wurde, in den Jahren 2012, 2014 und 2017 auch im Saumbereich erhöhte Risikowerte.

Im terrestrischen Nichtzielkompartiment **Boden** (chronisches Risiko für Bodenorganismen, Indikator-organismen: Regenwurm und Springschwänze) lagen die Risikoindices aller Applikationsmuster in allen Jahren im unkritischen Bereich von ETR < 1.

Von den herbiziden Wirkstoffen, die im Hopfenanbau sowohl in den Demonstrations- als auch den Vergleichsbetrieben appliziert wurden, ging in keinem der Nichtzielkompartimente ein Risiko auf die

untersuchten Vertreterorganismen aus. Unterschiede zwischen Demonstrationsbetrieben und Vergleichsbetrieben wurden nicht gefunden und waren aufgrund der geringen Mittelverfügbarkeit bzw. geringen Variabilität in den Spritzfolgen in der Kultur Hopfen nicht zu erwarten.

8.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS

Die Umsetzung des IPS wurde mit Hilfe von im Projekt entwickelten Checklisten auf Grundlage der projektspezifischen Leitlinien zum IPS jährlich bewertet. Die fünf teilnehmenden Hopfenbaubetriebe erreichten bei der Umsetzung der 22 Checklistenforderungen vor Projektbeginn im Jahr 2013 unterschiedliche Niveaus von 75 bis 87 % und konnten im Projektzeitraum von 2014 bis 2018 ihre Produktionsabläufe unterschiedlich stark weiterentwickeln (Entwicklungszuwächse von 3 bis 17 %), so dass die Umsetzung des IPS zum Abschluss des Modellvorhabens auf einem hohen Niveau von 86 bis 92 % lag (Abb. 78).

Im Checklistenabschnitt **A Ganzheitliches Vorgehen** konnten alle Betriebe ab 2016 die volle Punktzahl für die Bereitstellung und Nutzung von Fachinformationen sowie die Umsetzung der „JKI-Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau“ erreichen. Im Abschnitt **B Befallsvorbeugung** arbeiteten die Betriebe auf unterschiedlichen Niveaus und zeigten unterschiedliche Entwicklungen im Laufe des Projektes. In Bezug auf die Kriterien Standort/Anbausystem, Bodenbearbeitung, Hopfenschneiden/Hopfenputzen und Düngung/Bewässerung konnten alle Betriebe spätestens zum Projektende hohe Bewertungen erreichen. Als grundsätzliches Defizit im Bereich Sortenwahl, war, wie auch in den anderen Produktionsbereichen, eine nicht ausreichende Verfügbarkeit von vermarktungsfähigen, weniger anfälligen Sorten zu verzeichnen. Die Einhaltung einer allgemeinen Bestandshygiene gestaltete sich für alle Betriebe in den letzten Jahren zunehmend schwieriger, da eine ausreichende Verrottung (Hygienisierung) der Rebhäcksel bis zum laut Düngeverordnung letztmöglichen Ausbringungstermin im Oktober nicht vonstattengehen kann. Darüber hinaus war es nicht für alle Betriebe möglich, vor Neupflanzungen eine ausreichend lange Anbaupause einzuhalten. Im Abschnitt **C Förderung und Nutzung natürlicher Regelmechanismen** zeigten die Betriebe vor allem bei der Schonung und Förderung von Nützlingen Stärken (z. B. durch Begrünung der Vorgewende, Aufstellen von Sitzstangen für Greifvögel, Erhalt und Förderung nützlingsschonender Saumstrukturen). Demgegenüber war die Ausstattung der Flächen mit Strukturelementen heterogen und führte zu unterschiedlichen Bewertungen. Gezielte Anreize zur Schaffung wie auch zum Erhalt und zur Pflege von Strukturelementen könnten hier Abhilfe schaffen. Als strukturelles Defizit war das fehlende Angebot von speziell für den Hopfenanbau konzipierten Agrarumweltmaßnahmen zu werten. Dennoch nutzen die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auf freiwilliger Basis Zwischenfrüchte, Mulchsaat, Blühflächen, Gewässerrandstreifen oder die Zusammenarbeit mit Imkerinnen und Imkern, um ihren Gesamtbetrieb ökologisch aufzuwerten. Alle fünf Betriebe nahmen am bayrischen KULAP-Programm teil.

Die Anforderungen des Abschnittes **D Befallsermittlung und Nutzung von Entscheidungshilfen** sowie des Abschnittes **F Erfolgskontrolle und Dokumentation** wurden von allen Betrieben schon von Projektbeginn an erfüllt bzw. konnten im Laufe der Jahre nahezu voll erfüllt werden. Wichtig war hier, dass die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter auch unabhängig von den Projektbetreuerinnen Befalls- und Erfolgskontrollen sowie die entsprechenden Dokumentationen durchführten.

Im Abschnitt **E Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen** waren die größten Schwankungen in der Bewertung zu verzeichnen. Die Nutzung von nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsverfahren durch die Betriebe wurde im Vorherjahr 2013 mit 1,5 bis 2 von max. 5 Punkten bewertet. Seit Projektbeginn erprobten alle Betriebe verschiedene alternative Verfahren zur Unkrautbekämpfung und zum Hopfenputzen sowie zur Krankheits- und Schädlingsvorbeugung, so dass teilweise bis zu 5 Punkte erreicht wurden. Gründe für Schwankungen in der Bewertung waren, dass einige Maßnahmen durch ihre Witterungsanfälligkeit nicht in jedem Jahr angewandt werden konnten und andere Maßnahmen nach einmaliger Prüfung durch die Landwirtinnen und Landwirte, von diesen vor allem aus Praktikabilitäts- und/oder Effektivitätsgründen abgelehnt und nicht weiter durchgeführt wurden. In Bezug auf die Mittelwahl und die Beachtung von Resistenzvermeidungsstrategien wurden pauschal Punkte abgezogen, um auf die für alle Hopfenpflanzer gleichermaßen existierenden Probleme durch die nicht ausreichende

Auswahl an zugelassenen Pflanzenschutzmitteln hinzuweisen. Ein Wirkstoffwechsel zur Vorbeugung der Entstehung von Resistenzen oder die bevorzugte Anwendung nützlingsschonender Pflanzenschutzmittel war so beispielsweise kaum/nicht möglich. Der Forderung, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken, kamen die Betriebe weitestgehend nach. Unnötige Maßnahmen wurden nicht verzeichnet, bei einigen Behandlungen wären jedoch Teilflächenapplikationen möglich gewesen. Das unterschiedliche „Abschneiden“ im Behandlungsindex der Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben führte zu zwischen den Jahren schwankenden Bewertungen.

Im Bereich Pflanzenschutztechnik erzielten alle Betriebe die volle Punktzahl, da diese über Pflanzenschutzgeräte mit 90 % Abdriftminderung verfügen. Darüber hinaus haben einige Betriebe in die Sensortechnik zur Einzelpflanzenapplikation investiert, um die Pflanzen noch gezielter zu behandeln bzw. die Nichtzielfläche weiter zu verringern. Mit Hilfe von Sensoren können bei Reihenbehandlungen bis zu 60 % an Pflanzenschutzmitteln eingespart werden, indem die Düsen zwischen den Reben automatisch abgeschaltet werden.

Im Checklistenabschnitt **G Sorgfaltspflicht beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln** konnten in allen Jahren hohe Punktzahlen erreicht werden, zur Verbesserung des Anwenderschutzes wurden in einigen Betrieben Einspülschleusen angeschafft.

Systembedingte (betriebsübergreifende) Defizite waren hinsichtlich der Verfügbarkeit von vermarktungsfähigen, weniger anfälligen Sorten und ausreichenden, den Forderungen von Resistenzmanagement und Schonung von Nichtzielorganismen entsprechenden Pflanzenschutzmitteln bzw. Wirkstoffen und sowie bei der Verfügbarkeit von praktikablen nichtchemischen Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen wie auch hopfenspezifischen Agrarumweltmaßnahmen zu verzeichnen.

Individuelle (einzelbetriebliche) Handlungsspielräume zur Optimierung des IPS konnten bei der Standortwahl (Bodenuntersuchung vor Neupflanzung), beim Hopfenputzen (Bevorzugung nichtchemischer Verfahren), der bedarfsgerechten Düngung, Einhaltung der allgemeinen Bestandshygiene (Anbaupause nach Rodung, Ausbringung und Vergärung der Rebenhäcksel v. a. bei Verticillium-Befall), der Schaffung und Pflege von Kleinstrukturen, der Dokumentation der Ergebnisse der Befallsbonituren und Pflanzenschutzmittelanwendungen und beim Anwenderschutz aufgezeigt werden. Die genannten Kriterien konnten bis zum Projektende, ausgenommen der Forderungen zur Einhaltung der allgemeinen Bestandshygiene und bei der Anlage und Pflege von Kleinstrukturen, verbessert werden.

Abb. 78. Auswertung der Checklisten im Hopfenanbau, Vorherjahr 2013 und Projektjahre 2014-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10.

8.8. Zusammenfassung

Von 2014 bis 2018 nahmen fünf Hopfenanbaubetriebe aus der Hallertau am Modellvorhaben teil. In der Projektlaufzeit konnten mit Unterstützung durch die Projektbetreuung verschiedene nichtchemische Verfahren, unter anderem aus den Bereichen Zwischenfruchteinsaat, Unkrautbekämpfung und Hopfenputzen sowie Bekämpfung von Spinnmilben und Maßnahmen gegen Wildverbiss demonstriert und erprobt werden. Ein Großteil davon hat sich als arbeitsaufwendig und witterungsabhängig, aber dennoch praktikabel und wirkungsvoll erwiesen und wird auch nach Projektende fortgeführt werden. Allerdings hat sich auch gezeigt, dass zum aktuellen Stand der (technischen) Entwicklung keine vollwertige Alternative zur Anwendung von beispielsweise Herbiziden im Hopfenanbau zur Verfügung steht, mit der sowohl ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Hopfenputzen als auch bei der Unkrautbekämpfung erzielt werden kann. Nach Ansicht der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter fehlten darüber hinaus wirksame nichtchemische Alternativen vor allem bei der Krankheits- und Schädlingsbekämpfung. So konnten nur wenige Alternativen zur Anwendung von Fungiziden und keine vorbeugenden oder direkten nichtchemischen Verfahren gegen die Hopfenblattlaus oder Bodenschädlinge erprobt werden, da diese nicht zur Verfügung standen.

Bei den Pilzkrankheiten sind Peronospora und Echter Mehltau die wichtigsten Schaderreger im Hopfenanbau. Während der Echte Mehltau aufgrund fehlender Entscheidungshilfen und lediglich vorbeugend wirkender Pflanzenschutzmittel prophylaktisch behandelt werden muss, erfolgt die Bekämpfung der Peronospora-Sekundärinfektion aufgrund von gezielten Bekämpfungsaufrufen des etablierten staatlichen Peronospora-Warndienstes, differenziert nach Anfälligkeit der Sorten. Insgesamt konnte hier ein bereits sehr hohes Maß der Umsetzung des IPS konstatiert werden. Die Sortenwahl als weitere vorbeugende Maßnahme hat sich als signifikante Einflussgröße auf die Behandlungsintensität von Fungiziden herausgestellt. Tolerante Sorten wiesen einen deutlich niedrigeren Fungizid-BI auf als anfällige Sorten. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter waren bei der Wahl der Sorten jedoch beschränkt, da Ertragsleistung und Inhaltsstoffe bzw. die Nachfrage am Markt entscheiden, so dass weitere Optimierungs- bzw. Reduktionsmöglichkeiten bei der Anwendung von Fungiziden kaum vorhanden sind.

Gewissenhafte Bonituren sind im Hopfenanbau aufgrund der hohen Kosten einer Pflanzenschutzbehandlung essentiell. Im Zeitraum von 2014 bis 2018 wurden pro Anlage und Jahr Monitoringmaßnahmen an insgesamt 12 Boniturterminen mit einem Gesamtzeitaufwand von durchschnittlich 10 Stunden durchgeführt. Der durchschnittliche Zeitaufwand pro Boniturtermin lag bei etwa 50 Minuten. Ein Großteil der Boniturzeit entfiel auf das Monitoring von Schädlingen wie Hopfenblattlaus und Spinnmilbe, deren Auftreten regelmäßig überwacht und Bekämpfung sorgfältig abgewogen werden musste. Denn die Anwendung von Insektiziden und Akariziden im Hopfenanbau ist gekennzeichnet durch eine geringe Auswahl an zugelassenen Wirkstoffen, dem teilweisen Verlust an Wirksamkeit bei alten Pflanzenschutzmitteln und zunehmender Resistenzgefahr. Hier ist zukünftig auch aufgrund eines steigenden Befallsdruckes, z. B. bei Spinnmilben, eine eher zunehmende Behandlungsintensität zu erwarten. Abhilfe kann hier nur durch stärkere Anstrengungen in Forschung und Beratung sowie insbesondere die Entwicklung und Zulassung neuer effektiver Wirkstoffe geschaffen werden.

9. Ergebnisse aus den Demonstrationsbetrieben Weinbau

Datengrundlage

Im Weinbau nahmen im Projektzeitraum von 2011 bis 2018 insgesamt 12 Demonstrationsbetriebe teil. Es wurden insgesamt 15.919 Datensätze verarbeitet und ausgewertet. Von diesen entfielen 11.753 Datensätze auf die DIPS und 4.166 Datensätze auf die Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz.

In der Phase I des MuD (2011-2015) nahmen insgesamt 4 Weinbaubetriebe der Anbauregionen Nordbaden, Pfalz und Rheinhessen teil. In der Projektphase II (2014-2018) kamen 8 Weinbaubetriebe der Anbauregionen Rheinhessen, Nahe und Pfalz sowie Rheingau hinzu. Die Tab. 35 zeigt eine Übersicht aller in die Untersuchung eingegangenen Weinanlagen der Demonstrationsbetriebe und der Vergleichsbetriebe. Die Anlagen der Vorherjahre sowie der Restbetrieb dienten als Referenz für die Demonstrationsanlagen. Die

Weinbetriebe unterschieden sich durch die Betriebsgröße, maschinelle Ausstattung, Produktionszweige (ein Betrieb Phase I mit zusätzlich Ackerbau) und Absatzwege (z. B. Handel, Gastronomie, Direktvermarktung). Des Weiteren gab es Unterschiede bzgl. der Unterlagen- und Sortenwahl, Anlagengröße (von 0,2 ha bis 33,8 ha), Lage der Rebflächen (u. a. Ausrichtung der Reihen, Relief, Höhenlagen von 92-220 m über NN), Bodenart, des Wasserangebots (Niederschlagsmengen von 465-745 mm/a), der klimatischen Faktoren und in der Ausprägung der Umsetzung des IPS, den Pflanzenschutzstrategien im Allgemeinen sowie der Motivation der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter im Modellvorhaben mitzuwirken. In Phase II nahm ein Betrieb teil, dessen Betriebsphilosophie auf Pflanzenschutzmittelreduktionen ausgerichtet ist und der Anlagen in Steillage mit Querterrassen bewirtschaftete. Dieser Betrieb wird aufgrund seiner speziellen Wirtschaftsweise gesondert ausgewertet und geht nicht in die Grafiken ein.

Tab. 35. Anzahl der Demonstrations- und Vergleichsbetriebe, Phase I und II im Weinbau

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Demonstrationsbetriebe Phase 1	4	4	4	4	4	4	4			
Vorherjahre	4	4								
Demonstrationsflächen			12	12	12	12	12			
Restbetrieb			4	4	4	4	4			
Demonstrationsbetriebe Phase II				8	8	8	8	8	8	8
Vorherjahre				8	8					
Demonstrationsflächen						24	24	24	24	24
Restbetrieb						8	8	8	8	8
Vergleichsbetriebe	15	18	18	18	18	18	18	18	18	18

9.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen

9.1.1. Unterlagenwahl

Die Demonstrationsbetriebe wählten die Rebunterlage nach neuesten Erkenntnissen, nach eigenen Erfahrungswerten sowie in Absprache mit der Beratung aus. Zu den verwendeten Unterlagen zählten u. a. Selektion Oppenheimer (SO4), 5C Geisenheim, Kober 125AA und Kober 5BB, welche mittelstark bis sehr stark wachsen. Weiterhin besitzen die Unterlagen Eigenschaften wie gute bis sehr gute Kalkverträglichkeit auf Kalkmergelböden mit mittlerer bis guter Trockentoleranz. Neben der Eignung entsprechend der Bodenarten unterscheiden sich die Unterlagensorten in ihrer Eignung für staunasse Böden, in ihrer Bewurzelungsstärke, dem Vegetationsabschluss sowie der Pfropfaffinität (SCHMID et al., 2009). Bei der Unterlagenwahl spielt neben den genannten Anbaueigenschaften die Widerstandsfähigkeit gegen Rebläuse eine wichtige Rolle. Die im 19. Jahrhundert von Nordamerika nach Europa eingeführte Reblaus (*Daktulosphaira vitifoliae*) verursachte große

Verluste im europäischen Weinbau. Seither verpflichtet die Verordnung zur Bekämpfung der Reblaus (REBLV, 1988) die Winzerinnen und Winzer zur Befallsverhütung und Bekämpfung durch Anbau gegenn die Reblaus resistente Unterlagen (Pfropfrebenanbau).

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist langfristig zu erwarten, dass sich die Unterlagenwahl nach Eigenschaften wie Trockenresistenz und Schaderregertoleranz richten wird. Nach PORTEN, 2004 gab es schon im Trockenjahr 2003 des öfteren Nachfragen der Winzerinnen und Winzer nach trockenresistenten, jedoch reifeverzögernden Unterlagen.

9.1.2. Sortenwahl

Die Demonstrationsbetriebe lagen in den Hauptanbaugebieten für Riesling und Spätburgunder. Nach Angaben des STATISTISCHEN BUNDESAMTES (2019) wird Riesling hier auf 5.865 ha (Pfalz), 4.738 ha (Rheinhessen), 2.505 ha (Rheingau), 1.221 ha (Nahe) und 1.019 ha (Baden) angebaut. Spätburgunder wird auf 1.683 ha (Pfalz), 1.470 ha (Rheinhessen), 388 ha (Rheingau) und 5.389 ha (Baden) angebaut.

Auf den Flächen der DIPS wurden 16 verschiedene Rebsorten angebaut, der Anbauschwerpunkt lag wie zu erwarten auf Riesling und Spätburgunder. Das Sortenspektrum auf den intensiv betreuten Demonstrationsflächen umfasste die Rebsorten Riesling (31 % der Anlagen), Spätburgunder (12 % der Anlagen), Portugieser (10 % der Anlagen), Silvaner (8 % der Anlagen), Grauburgunder (8 % der Anlagen), Müller-Thurgau (7 % der Anlagen) und Scheurebe (6 % der Anlagen). Aber auch Rebsorten wie z. B. Chardonnay (2 % der Anlagen) und Morio-Muskat (1 % der Anlagen) wurden angebaut. Mit diesen „Trendsorten“ hoben sich die Weingüter in ihrem Angebot gezielt voneinander ab. Es wurde deutlich, dass die Sortenwahl stark vom Markt, d. h. von den Absatzwegen und den Verbraucherpräferenzen abhing. Die Widerstandskraft der Rebsorten gegenüber Schaderregern spielte dagegen eine eher untergeordnete Rolle. Der Großteil der in den Anlagen angebauten Rebsorten wies eine mittlere Anfälligkeit gegenüber Peronospora, Oidium und Botrytis auf.

Auf insgesamt 60 % der Demonstrationsflächen wurden die mittel bis gering anfälligen Traditionssorten Riesling, Spät- und Grauburgunder angebaut (BUNDESSORTENAMT, 2015). Diese weisen eine geringe Anfälligkeit für Peronospora (BSA-Note 3) und eine mittlere Anfälligkeit für Oidium (BSA-Note 4) und Botrytis (BSA-Note 4 bis 5) auf.

Auf rund 27 % der Anlagen wurden die Rebsorten Silvaner, Scheurebe, Saint Laurent und Portugieser angebaut. Diese weisen eine hohe Anfälligkeit für Oidium (BSA-Note 5 bis 6), mittlere Anfälligkeit (BSA-Note 4) gegenüber Peronospora und geringe bis mittlere Anfälligkeit für Botrytis auf (Silvaner, Saint Laurent BSA-Note 3-4; Scheurebe, Portugieser BSA-Note 5).

Auf rund 8 % der Anlagen wurden außerdem Weinsorten mit hoher bis sehr hoher Anfälligkeit (BSA-Note 6 bis 7) für Peronospora angebaut, z. B. Morio-Muskat und Müller-Thurgau. Beide Sorten sind ebenfalls mittel bis hochanfällig (BSA-Note 5 bis 7) gegenüber Oidium und Botrytis.

Die besonders pilzwiderstandsfähige Rebsorte Regent wurde nur auf rund 3 % der Anlagen angebaut. Ein Demonstrationsbetrieb baut im Rahmen von Versuchen seit Ende der 90er Jahre pilzwiderstandsfähige Weinsorten („PiWi-Sorten“) an. Die verfügbaren PiWi-Sorten finden von der Verbraucherseite jedoch nur wenig Akzeptanz oder sind nicht bekannt (PEDNEAULT & PROVOST, 2016, PETGEN, 2016). Für rund 6 % der in den Anlagen angebauten Rebsorten lagen zum Zeitpunkt der Auswertung keine Sortenbewertungen vor.

Die Vergleichsbetriebe derselben Anbauregionen bauten insgesamt 14 verschiedene Rebsorten, v. a. Riesling (33 % der Anlagen), Spätburgunder (19 % der Anlagen), Dornfelder (11 % der Anlagen), Müller-Thurgau (9 % der Anlagen), Weißburgunder, Ruländer und Optima (jeweils auf 6 % der Anlagen) an.

Bei der Sortenwahl wurden Faktoren wie die Unterlagenwahl, der Standort (Boden, Klima, Hanglage), die betriebsspezifische ökonomische Ausrichtung und die Kulturführung berücksichtigt. Bei einer Standzeit von bis zu 30 Jahren ist die Sortenwahl im Weinbau insgesamt sehr unflexibel.

Der Vorteil der lockerbeerigen Klone ist deren geringere Anfälligkeit für Botrytis, bei gleichzeitig hohen Erträgen (z. B. lockerbeerige Klone insbesondere M- und L-Typen des Spätburgunders). Während sich bei kompakten Klonen die dicht gepackten Trauben oder großen Beeren gegenseitig abdrücken, aufplatzen und es

zu Botrytisinfektionen kommen kann, wird der Fäulnisbefall durch eine lockere Traubenmorphologie bei den lockerbeerigen Klonen reduziert. Die Beeren können wegen des längeren Stielgerüsts, längeren Stielchen und frei hängenden Beeren besser abtrocknen (GÖTZ, 2009). Auch in Jahren mit hohem Befallsdruck liegt bei der lockeren Traubenform der Anteil an Botrytisinfektionen nicht höher als 15 %, während der kompakte Spätburgunder einen Botrytisbefall bis zu 25 % aufweisen kann (PORTEN, 2004). Der Trend zum bevorzugten Anbau lockerbeeriger Klone hat sich bisher nicht in allen Anbauregionen durchgesetzt. In einigen Weinanbauregionen richtet sich auch die Wahl des Klons nach den Bedürfnissen des Marktes, denn die Traubenstruktur nimmt Einfluss auf den Geschmack des Weins. Die Pflanzenschutzstrategie spielt hier eine nachgeordnete Rolle. Im Projekt stellte die Offizialberatung der Länder fest, dass insbesondere in den heißen, trockenen Jahren ungünstige Lagen sehr gute Erträge lieferten und zuvor gute Lagen problematisch wurden, denn die heiß-trockene Witterung steigerte die Sonnenbrandanfälligkeit des Rieslings und die hohen Temperaturen erhöhten den Botrytisdruck in Folge schneller Blüte, geringer Verrieselung und früher Traubenreife. Als Folge der globalen Erwärmung wird eine allgemeine Flächenausweitung der deutschen Weinbaugebiete und Anpassungen in der Sortenwahl erwartet (HARTMANN, 2017). Ein Sortenwandel zur Qualitäts- und Ertragssicherung macht sich aktuell noch nicht bemerkbar. Die Anbaufläche für Riesling (Weißer) wurde im Zeitraum von 2009 bis 2019 deutschlandweit um 6 % ausgeweitet (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2020). Was sich weniger in den Anbauzahlen äußert sind die Anstrengungen der Züchter, welche derzeit ausschließlich mit pilzwiderstandsfähigem Ausgangsmaterial arbeiten. Die neuen Rebsorten bringen neben einer höheren Widerstandfähigkeit weitere nützliche Eigenschaften im Geschmack sowie in der Klimaanpassung mit. Zukünftig ist zu erwarten, dass neben anbautechnischen Klimaanpassungsmaßnahmen, im Laubwandmanagement, der Bodenpflege, der Bewässerungstechnik (HEßDÖRFER, 2019; PETGEN, 2019), neue Sorten dem Weinbau helfen werden, den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen (LADACH, 2019). Die Vermarktung dieser neuen Sorten wird jedoch eine große Herausforderung darstellen wird (PEDNEAULT & PROVOST, 2016).

9.1.3. Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzverfahren

In den Demonstrationsbetrieben Weinbau wurden im Projektzeitraum verschiedene nichtchemische, biologische und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen demonstriert. Die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bewerteten die durchgeführten Maßnahmen in Abstimmung mit der Betriebsleitung hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Effektivität und Effizienz (Abb. 79).

In den Demonstrationsbetrieben Weinbau gab es Bestrebungen, die Herbizidanwendungen durch den Einsatz mechanischer Unkrautbekämpfung zu reduzieren. Alle am Projekt teilnehmenden Weingüter setzten mechanische Verfahren zur Unterstockbearbeitung in ihren Weinbergen ein, um durch die mechanische Bodenbearbeitung unter den Rebstöcken Unkräuter zu beseitigen. Herbizidapplikationen konnten durch diese Maßnahmen vermindert oder vermieden werden. Die mechanische Unkrautbekämpfung wurde hinsichtlich der Praktikabilität und Effektivität mit Note 6 bewertet und die Effizienz der Maßnahmen mit Note 7,5. In den Betrieben kamen u. a. **Scheibenflug, Rollhacke und Flachschar** zum Einsatz. Zur Validierung des Unkrautbesatzes und zum Vergleich der Strategien (mechanische Bekämpfung vs. chemische Bekämpfung) wurden im Jahr 2017 insgesamt 35 Unkrautbonituren durchgeführt. Der Einsatz der Rollhacke und die Anwendung von Herbiziden führten zum gleichen Bekämpfungserfolg. Auch setzten sich wider Erwarten bei der mechanischen Bearbeitung keine Unkräuter systematisch durch.

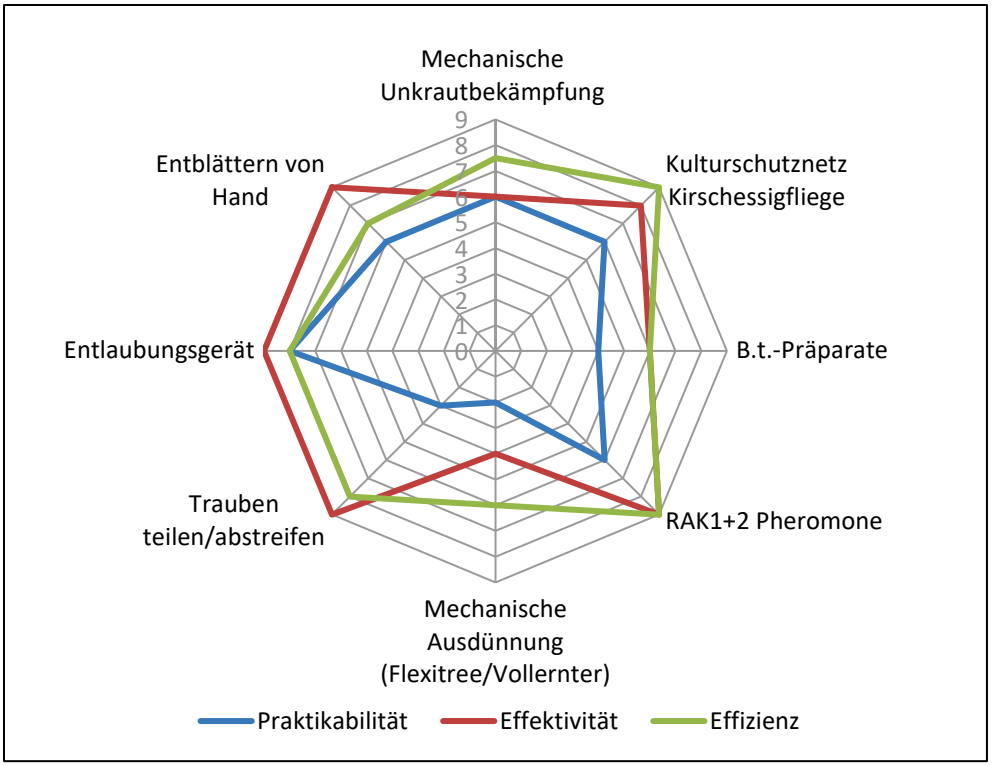


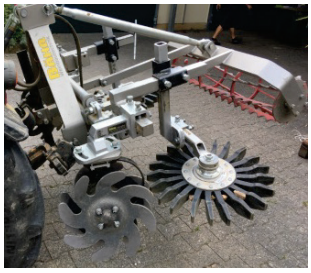
Abb. 79. Bewertung der Praktikabilität, Effektivität und Effizienz der nichtchemischen und vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Demonstrationsflächen im Weinbau (2011-2018). subjektive Bewertung mit Noten von 0 (ungenügend) bis 9 (hervorragend).

Vorteilhaft erwies sich die Kombination der einseitig arbeitenden Rollhacke in Kombination mit weiteren Maschinenarbeiten wie dem Mulchen, dem Laubschnitt und der Bodenbearbeitung. Der Einsatz der beidseitig arbeitenden Rollhacke erforderte dagegen mehr Aufmerksamkeit durch den Fahrer und war schlecht mit anderen Arbeitsgeräten kombinierbar. Generell nehmen die Bodenverhältnisse, die Ausrichtung der Weinberge und der jährliche Unkrautdruck maßgeblich Einfluss auf die Praktikabilität. Witterungsbedingungen wie nasse oder auch zu trockene Böden senkten die Effizienz der mechanischen Verfahren. Starke Niederschläge und andauernd hohe Bodenfeuchtigkeit, wie in den Jahren 2016 und 2017, schränkten den Einsatz der mechanischen Unterstockbearbeitungsgeräte ein. Teilweise wurde dann auf Alternativen der mechanischen Bodenpflege (Scheibenpflug, Stockbürsten) zurückgegriffen. In trockenen Sommern wie im Projektjahr 2018 zeigte sich, dass durch das Aufbrechen des Bodens, durch den frühzeitigen Einsatz von Flachschar oder auch Scheibenegge, das restliche Jahr über problemlos mit der Rollhacke gearbeitet werden konnte. Die in den Betrieben erprobten **Hackkombinationen aus Rollhacke, Fingerhacke und Walze** (Abb. 80 a) zeigten, dass bei starker Bodentrockenheit die Rollhacke nur für eine Teilbewegung des Bodens sorgte, während die Fingerhacke an der Bodenoberfläche kratzte. Die Walze fasste ganz in den trockenen Boden und störte zumindest das Unkrautwachstum, das Wurzelsystem blieb erhalten. Im Vergleich dazu erbrachte der **Krümelteller mit Bürste** unter trockenen Bedingungen noch die besten Ergebnisse (Abb. 80 b). Das Gerät arbeitet dicht am Unterstock. Dabei wird der Boden gekrümelt, aber die Reihen werden lediglich dicht angefahren.

Im Steil- und Seitenhang gestaltet sich die Unterstockbearbeitung als sehr schwierig. Ein Allroundgerät für Steillagen, für die Berg- und Talfahrt, und für Steinhänge gibt es bisher noch nicht. Die Geräte, die z. B. mit einem Taster angesteuert werden, lassen in einer Fahrtrichtung entweder zu viel Unkraut stehen oder beschädigen den Stock. Mithilfe der Projektfinanzierung entwickelte ein Betrieb im Jahr 2017 in Zusammenarbeit mit einer ortsansässigen Firma für Landmaschinenbau ein Spezialgerät für einen Überzeilenrahmen, montiert auf einem Drehkranz, in den sowohl Rollhacken als auch Stockbürsten eingebaut werden können (Abb. 80 c). Dieses **Überzeilengerät** schneidet Unkräuter gleichzeitig links und rechts des Rebstocks, so werden Leerfahrten vermieden. Die Anlagen dürfen jedoch nicht jünger als 10 Jahre sein, denn Standfestigkeit und eine feste Verdrahtung sind Voraussetzungen der den Rebstock schonenden Bearbeitung.

Die drei Demonstrationsflächen des Betriebes kamen so in 2018 ohne Herbizidanwendungen aus. Im Restbetrieb wurde teilweise noch einmalig ein Herbizid eingesetzt. Ziel ist es aber, in den nächsten Jahren darauf verzichten zu können. Generell sind die Möglichkeiten der mechanischen Unkrautbekämpfung im Steillagen-Weinbau stark eingeschränkt, teilweise sogar unmöglich, und die Bearbeitung mit der Hacke oder Sense ist wirtschaftlich nicht tragbar, unter der Voraussetzung, dass den Betrieben dafür überhaupt genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen.

Ein weiterer Demonstrationsbetrieb verzichtete schon seit vielen Jahren auf Herbizidanwendungen, da das eigens gebaute Gerät zur Unterstockbearbeitung, eine Kombination aus unterschiedlich großen, aneinander gereihten Scheibenpflügen im Zwischenachsbereich mit verstellbaren Neigungswinkeln, optimal an die Bodenverhältnisse der Anlagen angepasst werden kann.


a)

b)

c)

Abb. 80. Mechanische Unterstockbearbeitungsgeräte in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz für Weinbau.
a) Hackkombination mit Fingerhacke, Rollhacke und Walze, b) Unterstockbürste, c) Überzeilengerät.

Insbesondere die Jahre 2016 und 2017 zeigten wo die Grenzen der mechanischen Unterstockbearbeitung liegen. Nur mit zusätzlichem personellem und finanziellem Aufwand konnte herbizidfrei gearbeitet werden. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die herbizidfreie Unkrautregulierung außerhalb der Projektzeit nicht in jedem Betrieb bzw. jedem Weinberg umsetzbar.

Problematisch wird der Einsatz maschineller Unterstockbearbeitungsgeräte zudem in neueren Anlagen, in denen die Reben nicht mehr in Abständen von 120 bis 130 cm in Reihe stehen, sondern nur noch in Abständen von 80 bis 50 cm. In diesen Anlagen gibt es für die mechanischen Verfahren kaum Spielraum. Möglicherweise gelinge der Herbizidverzicht in Zukunft aber durch schlagkräftige Geräte, welche sich u. a. mit Pflanzenschutzmaßnahmen kombinieren ließen. Zukünftig wollen die Betriebe die mechanischen Unterstockbearbeitungsgeräte auf allen Flächen nutzen oder zumindest versuchen ihre Herbizidstrategie durch diese zu ergänzen. Der höhere Arbeits- und Kostenaufwand wird dafür in Kauf genommen. Begrenzende Faktoren für den Herbizidverzicht bleiben neben dem die Witterung und die Bodenverhältnisse. Da jeder Weinberg unterschiedliche Bedingungen aufweist, ist es für die Winzerinnen und Winzer schwierig, die passende Methode für die herbizidfreie oder herbizidreduzierte Bearbeitung zu finden. Da die Lockerung im Unterstockbereich zur Schonung des Wasserhaushalts sowie zur partiellen Aktivierung der unterstocknahen Mineralisierung beiträgt, stehen seit einigen Jahren immer mehr Unterstockbearbeitungsgeräte für den Weinbau zur Verfügung. Das Angebot reicht von Einzelgeräten, über Kombinationsgeräte bis hin zu autonomen Systemen mit Überzeilenführung (GEYRHOFER, 2018; PORTEN et al., 2019; PORTEN, 2020). Im Unterstockbereich konnten die teilnehmenden Betriebe viele Erfahrungen sammeln und lernen, die im Projekt angeschafften Bearbeitungsgeräte optimal einzusetzen. Auf diese Weise können Herbizidanwendungen zukünftig weiter verringert und, wo es möglich ist, darauf verzichtet werden.

Es besteht Forschungsbedarf bei der Entwicklung sowie der ökonomischen und ökologischen Beurteilung verschiedener Verfahren, welche Faktoren wie Geräteverschleiß, Kraftstoffverbrauch, Erosionsgefährdung, Stockbelastung und die Bodenlast einbeziehen. Es fehlen außerdem Erkenntnisse zur Wirkungsweise der verschiedenen Komponenten wie Rollhacke, Fingerhacke oder Bürsten bei unterschiedlichen Böden und variierender Bodenfeuchtigkeit, als Einzel- oder Kombinationsgeräte. Gleiches gilt für den Steillagenweinbau mit den im Direktzug fahrbaren Maschinen (Raupenfahrzeuge mit Seilunterstützung) sowie bei Seitenhangneigungen.

Neben den verschiedenen mechanischen Unkrautbekämpfungsverfahren wurden weitere biologische und biotechnologische Pflanzenschutzverfahren in den Weinbaubetrieben genutzt oder zunächst erprobt.

Zwei Betriebe wendeten das ***B.t.*-Präparat** Xentari (Wirkstoff *Bacillus thuringiensis* subsp*. aizawai*) zur Traubenwicklerbekämpfung an, allerdings mit mäßigem Erfolg. Die Grenzen der Anwendbarkeit des biologischen Insektizids setzte vor allem die Jahreswitterung. Bei Starkregen und starkem Befallsdruck durch Traubenwickler war die Behandlung mit Xentari nicht ausreichend effektiv. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die einmalig und zweimalig behandelten Reben im Vergleich einen nahezu identischen Botrytisbefall zeigten. Im Jahr 2014 wurde mit der Anwendung des Insektizids Runner ein etwas besserer Wirkungserfolg erreicht als mit den *B.t.*-Präparat-Behandlungen. Der Befall mit Botrytis und Essigfäule war in der Insektizidvariante am niedrigsten. Der Botrytisbefall in den *B.t.*-Varianten zeigte sich nahezu identisch, sowohl bei einmaliger als auch bei zweimaliger Behandlung. Die Wirkungsweise des *B.t.*-Präparates konnte in dem Jahr nicht überzeugen. Eine entscheidende Rolle hat die nasse Witterungsperiode im Behandlungszeitraum gespielt, denn die optimalen Behandlungstermine konnten nicht eingehalten werden. Im darauffolgenden Jahr 2015 berichtete der Betriebsleiter von positiven Erfahrungen und zufriedenstellenden Ergebnissen mit Xentari. Mit der Anwendung des Insektizids Runner wurde nur ein geringfügig besserer Wirkungserfolg erreicht als mit den *B.t.*-Präparat-Behandlungen. Allerdings war eine zweimalige Anwendung der *B.t.*-Präparate aufgrund der kurzen Wirkungsdauer und Abwaschbarkeit der Mittel notwendig. Die Maßnahme wurde mit Note 4 für die Praktikabilität und Note 6 für die Effektivität und Effizienz bewertet. Auf Flächen mit Pheromoneinsatz ist die Anwendung von *B.t.*-Präparaten in der Regel nicht erforderlich.

Zur Vorbeugung des Befalls durch den Einbindigen (*Eupoecilia ambiguella*) und Bekreuzten Traubenwickler (*Lobesia botrana*) wurde die Pheromonverwirrung mit Dispensern **RAK 1+2** angewendet. Diese erwiesen sich als sehr effektiv und effizient (Boniturnote 9). Mittlerweile werden auf ca. 96 % der Anbaufläche im Rheingau und allen Demonstrationsflächen der Region Pheromone zur Traubenwicklerbekämpfung eingesetzt. Durch den großflächigen Einsatz hat die Bedeutung dieses Schädlings im Rheingau im Allgemeinen abgenommen. Auch in Rheinland-Pfalz wurde die Gesamtfläche, auf der das biotechnische RAK-Verfahren eingesetzt wird, weiter ausgeweitet. Nur wenige Weinlagen werden nicht mit diesem Verfahren behandelt. Die in Folge des Klimawandels seit 2003 auftretende 3. Generation der Traubenwickler kann sich aufgrund des Einsatzes von RAK nicht entwickeln. Dies stellt einen klaren Vorteil gegenüber der Bekämpfung mit traditionellen Insektiziden dar. Die Weinbetriebe in Baden lagen nicht im Verwirrungsgebiet. Aus diesem Grund wurden 2014 auf zwei Kleinflächen eines Betriebs Demonstrationsversuche zur Pheromonverwirrung durchgeführt. Da bei kleinflächiger Verwirrung das Risiko des Zuflugs begatteter Weibchen von außen zunimmt und ein Verwehen der Pheromonwolke wahrscheinlich sein kann, wurde der Befall durch ein Flugmonitoring mittels Pheromonfallen überwacht. Der dabei entstandene Zeitaufwand von 6,6 Stunden je Anlage und Jahr, welcher den Arbeitsaufwand für die Fallenkontrolle und Pflege, die Dateneingabe zur Erstellung einer Flugkurve und den Zeitaufwand für Ei- und Larvenkontrollen beinhaltet, war für den Betrieb nicht praktikabel. Laut Herstellerinformationen gelten 10 ha als Mindestfläche für die sinnvolle Anwendung der Verwirrmethode (BASF, 2002). Auch im Rahmen von Pheromon-Anwendergemeinschaften wird die Wirksamkeit der Pheromonverwirrung mit Pheromonkontrollfallen kontrolliert bzw. nachgewiesen. Hierbei handelt es sich jedoch um große Verwirrungsgebiete. Die Betriebe wollen auch zukünftig auf geeigneten Flächen und möglichst flächendeckend die Pheromonverwirrung anwenden. Wegen der Standortspezifität wurde die Maßnahme mit Note 6 für die Praktikabilität bewertet. In Rahmen eines weiteren Tastversuches wurde in einem Betrieb im Jahr 2016 ein bereits im Apfelanbau eingesetztes Verfahren der Pheromonausbringung, die sogenannte **Puffermethode** (Pheromonausbringer, die regelmäßig Pheromonwolken versprühen) erprobt. Dabei handelt es sich um Sprühflaschen/Gaskartuschen, die sich in einem Kunststoffgehäuse befinden. Die Puffergeräte, welche direkt am Strickel in der Zeile angebracht sind, mussten regelmäßig von der zunehmenden Laubwand freigeschnitten werden. Hier kann die Montage von extra dafür vorgesehenen Pfosten nötig werden. Weiterhin muss die Installation der Puffer überdacht werden und eine exakte Windbestimmung erfolgen. Bei der Puffermethode spielen Windstärke und -richtung eine Rolle. Die Zulassung dieses Verfahrens im Weinbau wird für 2021 erwartet.

Im Weinbau werden je nach Rebsorte, Wüchsigkeit und Alter der Anlage rund 100 Handarbeitsstunden pro Hektar benötigt (VOGT et al., 2000). Die Mechanisierung bestimmter Arbeitsgänge ist aus diesem Grund für die Weinbaubetriebe besonders interessant. Die Demonstrationsbetriebe erprobten verschiedene Methoden der Traubenzonenentlaubung. In zwei Demonstrationsbetrieben in Rheinland-Pfalz gilt die Traubenzonenentblätterung maschinell und per Hand, ein- oder beidseitig, bereits als mehrjähriger Standard. Dies sorgt für eine gute Durchlüftung und damit für ein zügiges Abtrocknen der Trauben. Je nach Rebentwicklung und Witterung musste der für die Entblätterung optimale Zeitpunkt kurzfristig festgelegt werden. Als optimal galt eine längere Abkühlungsphase bis Anfang August, vor dem Reifebeginn (BBCH 81), da die Trauben in der Reife zu weich und leicht zu beschädigen sind. Bei der Intensität der Entblätterungsmaßnahme musste berücksichtigt werden, dass die Reben daraus resultierend stark von möglichen Extremwettern wie Hagel getroffen werden könnten. Auch heiße Witterung mit intensiver Sonneneinstrahlung kann zu Überhitzungsschäden in Form von Sonnenbrandstellen an den Trauben führen. Die **händische Entblätterung** erwies sich als sehr zeit- und kostenaufwendig, aber gleichzeitig hoch effektiv und wie die mechanische Entlaubung positiv ertragswirksam. Aus diesen Gründen wurde für die Praktikabilität die Note 6, für die Effektivität die Note 9 und für die Effizienz der Maßnahme die Note 7 vergeben.

Der Einsatz von **Entlaubungsgeräten** konnte vergleichsweise mehr überzeugen und wurde mit Note 8 jeweils für die Praktikabilität und die Effizienz sowie mit Note 9 für die Effektivität bewertet. Wegen des Effektes der Botrytisvorbeugung sowie der Vermeidung des Befalls durch die Kirschessigfliege sind die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bestrebt, die mechanische Entlaubung auch weiterhin, vor allem bei Rotweinsorten durchzuführen. Die Maßnahme ist zwar arbeits- und kostenintensiv, verspricht aber Mehrerträge bzw. bessere Qualitäten.

Mit dem Ziel eine Verrieselung des Fruchtansatzes zu erreichen, wurden zu Beginn der Vegetationszeit maschinelle Verfahren für die beidseitige Entlaubung der Traubenzone in den Demonstrationsbetrieben erprobt. Es kamen das saugend-zupfende System der Firma Binger-Seilzug und das auf Druckluft basierende System der Firma Siegwald zum Einsatz, die Blätter und auch die Gescheine mittels Druckluft förmlich raus schießen (WALG, 2019). Umgesetzt wurden diese Maßnahmen durch ein Lohnunternehmen. Als hoch effizient (Note 8) und effektiv (Note 9) erwies sich die maschinelle zweiseitige Entblätterung mit der saugend-zupfenden System-Kombination. Arbeitskräfte könnten diese Arbeit händisch nicht leisten. Der Botrytisbefall war sowohl in der Befallshäufigkeit als auch in der Befallsstärke in den entblätterten Varianten in jedem Jahr geringer als in der unbehandelten Kontrolle. Die Kombination aus Ausdünnung der Trauben und Freistellung der Traubenzone, die mit dieser Maßnahme erreicht wird, war äußert positiv zu bewerten. Gerade bei der stark fäulnisanfälligen Sorte Morio-Muskat zeigten die Ergebnisse über die Jahre hinweg eine deutlich verbesserte Traubenqualität bei den maschinell entblätterten Varianten. Der eindeutigste Ausdünnungseffekt wurde mit der Entlaubungsmethode „Schießen mit Druckluft“ erzielt. Festzustellen war ebenso, dass sich in dieser Variante weniger Blütenreste befanden als in den anderen. Das „Putzen der Gescheine“ ist ein weiterer wichtiger Faktor, um Infektionen durch pilzliche Schaderreger zu vermeiden. Bei der erneuten Umsetzung im Folgejahr wiesen die entblätterten Varianten einen deutlich geringeren Botrytisbefall auf als die unbehandelte Kontrolle. Die erreichte Ausdünnung der Traube und Freistellung der Traubenzone wurde sehr positiv bewertet. Die Trauben der entlaubten Varianten waren deutlich gesünder, wohingegen die Trauben der nichtentlaubten Variante vermehrt Fäulnisnester zeigten.

Ein Weinbaubetrieb aus Baden hat neben dem Siegwaldgerät auch einen Vollernter zur **mechanischen Traubenausdünnung** erprobt. Gerne würde der Betrieb diese Maßnahmen fortsetzen. Die Anschaffungskosten sind jedoch zu hoch und somit wäre es notwendig, sich ein Gerät zu leihen. Der Traubenvollernter schlägt mit Kunststoffschlägern gegen die Traubenzone der Reben. Daraus resultierten eine Ertragsminderung, eine höhere Widerstandsfähigkeit der Beerenbeschaffenheit und eine verzögerte Reife. Zum Einsatz des Vollernters kann über die Jahre keine eindeutige Aussage zu verbesserten Beereneigenschaften in Bezug auf die Fäulnisanfälligkeit der Trauben gemacht werden. Diese variierten von Jahr zu Jahr und zeigten verschiedene Ergebnisse. Im direkten Vergleich der Varianten im Hinblick auf Botrytisbefall konnten lediglich Tendenzen festgestellt werden. Hier zeigte sich ein Vorteil in den ausgedünnten Varianten. Das mechanische Ausdünnen

mittels Traubenvollernter wurde in einem Demonstrationsbetrieb über 3 Jahre hinweg getestet, ein anderer Weinbaubetrieb testete das Flexitree-Verfahren im Rahmen eines Demonstrationsversuches. Die Traubenausdünnung mittels „Flexitree“-Gerät erfolgte in einer ähnlichen Arbeitsweise wie die des Traubenvollernters. Das Gerät, eine rotierende Walze, wird seitlich am Schlepper montiert und schlägt beim Vorbeifahren mit Kunststofffäden die Beerenansätze bis hin zu ganzen Traubenteilen ab. Ziel dieser Bearbeitung ist es, eine lockere Traubenstruktur zu erhalten, um die Botrytisanfälligkeit der Reben zu senken. Nebenbei kann die Ertragsreduzierung zu einer Qualitätssteigerung des Lesegutes führen und somit zeit- und kostenintensive Handarbeit, wie beispielsweise das Traubenhalbieren oder -abstreifen, im Premiumwein-Segment ersetzen. Das Ergebnis war eine vermehrt lockere Traubenstruktur. Die mechanische Ausdünnung wurde mit Note 2 für die Praktikabilität, Note 4 für die Effektivität und Note 6 für die Effizienz bewertet.

In zwei Betrieben wurde das **Traubenteilen** in den Jahren 2013 und 2014 erprobt. Zusammen mit dem Entblättern zeigte diese Maßnahme einen deutlich positiven Effekt auf die Fäulnisvermeidung. Die Betriebe bewerteten das Traubenteilen als sehr arbeits- und kostenintensiv, aber auch als vergleichbar und z. T. wirksamer als die Anwendung von Wachstumsregulatoren. Das Traubenabstreifen erbrachte keine nennenswerten Unterschiede im Vergleich zur betriebsüblichen Behandlung. Einige Trauben wiesen durch diese Maßnahme eine offensichtlich lockere Struktur auf, andere waren immer noch sehr kompakt, weil sie vermutlich zu zaghaft behandelt oder übersehen worden waren. Die Methode des Traubenabstreifens setzt Erfahrung und Übung voraus, um den erwünschten Effekt der Ausdünnung zu erzielen. Die von Hand durchgeführten Arbeiten, wie die frühe Entblätterung kurz nach der Blüte und das Teilen und Abstreifen der Trauben, nehmen sehr viel Zeit in Anspruch und sind daher kostenintensiv. Das Traubenteilen war dabei die zeitaufwendigste der genannten Maßnahmen. In Abhängigkeit des Behangs, der Erfahrung des Mitarbeiters, der Beschaffenheit der Anlage und der Art der Durchführung (z. B. einseitige / beidseitige Entblätterung) kann der zeitliche Aufwand variieren. Vermutlich lag der vergleichsweise hohe Arbeitsaufwand für diese Maßnahmen im Jahr 2014 an der bisher geringen Erfahrung der eingesetzten Arbeitskräfte. Meist kommen diese Maßnahmen im Premium-Segment zur Anwendung. Das Traubenteilen /-abstreifen wurde mit Note 3 für die Praktikabilität, mit Note 9 für die sehr gute Effektivität und Note 8 für die Effizienz bewertet.

Im Rheingau wurden im Jahr 2018 **Kulturschutznetze** zur Vorbeugung von Kirschessigfliegenbefall (*Drosophila suzukii*) angeschafft und eine Teilfläche mit der gefährdeten Rotweinrebsorte Dakapo eingenetzt. Schon 2017 begünstigten die durch Insekten- und Mäusefraß verursachten Traubenschäden, die Eiablage der einheimischen Essigfliege (*Drosophila melanogaster*) und führten zu Totalausfällen. Aus diesen Erfahrungen heraus und den allgemeinen Erfahrungen zur Effektivität der Netze, u. a. in Obstkulturen (KÖPPLER & AUGEL, 2018), wurde die Anschaffung begründet. Ein Demonstrationsbetrieb schätzte den Einsatz von Kulturschutznetzen im Vergleich mit Insektizidbehandlungen als wirksamer ein, aber auch als arbeits- und kostenintensiver. Die Verfügbarkeit der Kulturschutznetze stellte kein Problem dar. Der Einsatz von Kulturschutznetzen wurde mit Note 6 für Praktikabilität, Note 8 für die Effektivität und Note 9 für die Effizienz bewertet.

9.2. Monitoring im Weinbau

In den Bundesländern erfolgte die Beratung aufgrund der unterschiedlichen Klimabedingungen der einzelnen Anbauregionen, entsprechend der Entwicklungsstadien der jeweiligen Ertragsanlagen. Das Befallsmonitoring wurde hauptsächlich von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern durchgeführt und war für die Offizialberatung von besonderem Interesse. Im Weinbau wurde die Rebgesundheit durchschnittlich an rund 19 Boniturterminen pro Anlage und Jahr kontrolliert (Tab. 36). Es wurden Bonituren zu Pilzkrankheiten, Schadinsekten und Milben sowie Unkräutern und der Bestandsentwicklung durchgeführt. Nachfolgend werden die Bonituren je Kategorie genauer erläutert.

Schädlingsbonituren wurden pro Jahr und Anlage an rund 13 Boniturterminen durchgeführt. Der Gesamt-Zeitaufwand belief sich auf im Durchschnitt 4 ½ Stunden (270 Minuten) pro Anlage und Jahr. Während des Projektes wurden insgesamt 3203 Schädlingsbonituren durchgeführt. Die Überwachung der Schädlinge nahm somit den größten Anteil am Befallsmonitoring ein. Bonitiert wurden folgende Schädlinge: Kirschessigfliege,

Traubenwickler (Bekreuzter und Einbindiger), Rebzikaden, Rhombenspanner, Dickmaulrüssler, Eulenraupen, Ohrwürmer, z. T. Blattläuse, Schildläuse, Wespen (-fraß). Nachfolgend wird auf das Monitoring der wichtigsten Schädlinge im Weinbau eingegangen.

Die **Kirschessigfliege** (*Drosophila suzukii*) war bis zu ihrem Erstauftreten in Europa, im Jahr 2008, weitgehend unbekannt. Im Gegensatz zu anderen Arten der Gattung *Drosophila* befällt die Kirschessigfliege gesunde Früchte (VOGT, 2014). Doch sowohl die Kirschessigfliege als auch die heimische Essigfliege (*D. melanogaster)* verursachen Essigfäule an den Trauben, welche zu hohen Qualitäts- und Ertragsverlusten führen kann (ENTLING & HOFFMANN, 2019).

Erst im Jahr 2014 wurde sie als ernsthafter Schaderreger an Weinreben wahrgenommen. Aus diesem Grund wurde der Schädling ab 2014 von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern in Zusammenarbeit mit der Offizialberatung durch wöchentliche Bonituren intensiv überwacht. Zunächst war die Methode des Monitorings völlig unklar und eine gesonderte Auswertung des zeitlichen Boniturаufwands erschien sinnvoll. Jedoch soll die Leistung der Offizialberatung, an welcher sich die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer maßgeblich beteiligt haben, an dieser Stelle nicht ungeachtet bleiben. Im Jahr 2014 wurden insgesamt 147 Bonituren zur Überwachung der Kirschessigfliege durchgeführt. In den Folgejahren waren es 127 (2015), 16 (2016), 37 (2017) und 29 (2018) Bonituren. Es wurden Beerenkontrollen durchgeführt und Becherfallen ausgewertet. Der zeitliche Aufwand lag im Durchschnitt bei 25 Minuten (2014-2018) je Boniturtermin und betrug mindestens 5 Minuten und maximal 130 Minuten. Inzwischen verlassen sich die Betriebe auf das durch die Offizialberatung durchgeführte Kirschessigfliegen-Monitoring.

Das Auftreten neuer Schaderreger wird durch den globalen Handel und begünstigende klimatische Bedingungen als Folge des Klimawandels auch zukünftig eine reale Gefahr für hiesige Weinanbauregionen darstellen. Neben der Reblaus (*Daktulosphaira vitifoliae*) und der Kirschessigfliege, treten in Deutschland weitere invasive Schädlinge mit z. T. unbekanntem Schadpotential auf. Hierzu zählen beispielsweise die Bläulingszikade (*Metcalfa pruinosa*), die Asiatische Marmorierte Baumwanze (*Halyomopha halys*), die Amerikanische Rebzikade (*Scaphoideus titanus*), als Überträger der Reben-Vergilbungskrankheit (*Flavescence dorée*), und auch Krankheiten wie z. B. der Grauburgundervirus (GPGV) (BLEYER, 2019a; BLEYER, 2019b; BLEYER, 2019c). Der Monitoringaufwand in den Anbauregionen sowie die Identifikation, Beschreibung und Kontrolle invasiver Schaderreger ist aufwendig und wird regional von der Offizialberatung der Länder geleistet. Dies geschieht oft auch in Kooperationen mit Projekten z. B. im Rahmen der INTERREG-Programme (STÖCKLI et al., 2019).

Rebzikaden (Grüne Rebzikade, Amerikanische Rebzikade) wurden von 2011 bis 2015 sowie 2017 und 2018 in jedem Betrieb von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern durch visuelle Kontrollen und mittels Gelbtafeln bonitiert. Die Schadschwelle für die Grüne Rebzikade liegt je nach Generation bei 3-5 Tieren/Blatt. Das Rebzikadenmonitoring wird außerdem durch Prognosemodelle der Versuchsstation der Hochschule Geisenheim abgedeckt, von der Offizialberatung stichprobenartig kontrolliert und in Warndienstmeldungen in der Region kommuniziert. Der mittlere zeitliche Aufwand betrug ca. 9 Minuten/Boniturtermin (min. 1 Minute; max. 25 Minuten).

Rhombenspanner wurden in den Jahren 2011 bis 2017 überwacht. Rhombenspanner stellten insbesondere in den letzten Projektjahren (2016-2018) kein Problem dar, da der Rebaustrieb in einem sehr kurzen Zeitraum erfolgte und sich somit dem Schädling keine Nahrungsgrundlage bot. Nur im Jahr 2015 wurde der Schädling in jedem Betrieb bonitiert. Der mittlere zeitliche Aufwand betrug im Durchschnitt der Jahre ca. 16 Minuten/Boniturtermin (min. 5 Minuten; max. 30 Minuten). Bei rund 8 % der durchgeführten Rhombenspanner-Bonituren wurde auch der Befall durch Dickmaulrüssler und Eulenraupen mit kontrolliert.

Der Einbindige und der Bekreuzte Traubenwickler wurden während des gesamten Projektzeitraumes überwacht, denn sie zählen zu den Hauptschädlingen im Weinbau. Die Kontrollen erfolgten vor allem auf Flächen, welche nicht mit Pheromonen verwirrt wurden, und auf Flächen auf welchen ein Nachweis der Wirksamkeit der Verwirrung nötig war. Die Traubenwicklerbekämpfung erfolgt in manchen Gebieten durch Insektizide, in vielen Anbaugebieten jedoch mittels Verwirrungsverfahren. Da die Bekämpfung mittels Insektiziden auf einer Kontaktwirkung beruht, d. h. der oralen Aufnahme durch die Larve, ist der richtige

Behandlungszeitpunkt von großer Bedeutung (KORTEKAMP et al., 2019). Die Überwachung erfolgte mittels Pheromonfallen und visueller Kontrollen. Die Befallseinschätzung der Traubenwicklerlarven erfolgte nach den entsprechenden Schadschwellen für das 1. Larvenstadium, dem Heuwurm, (25 Würmer/100 Gescheine) und das 2. Larvenstadium, dem Sauerwurm (5 Würmer/100 Trauben). Insgesamt wurden im Projektzeitraum 1.730 Traubenwicklerbonituren durchgeführt. Der mittlere zeitliche Aufwand lag bei ca. 15 Minuten/Boniturtermin (min. 5 Minuten; max. 270 Minuten).

Milbenbonituren erfolgten jährlich an rund einem Boniturtermin. In den Jahren 2016 und 2018 erfolgten keine Milbenbonituren. Während des Projektes wurden insgesamt 193 Milbenbonituren durchgeführt, mit einem Zeitaufwand von im Durchschnitt 17 Minuten/Boniturtermin (min. 2 Minuten; max. 90 Minuten). Bei den visuellen Kontrollen wurde der Befall durch Spinnmilben, Blattgallmilben und z. T. Kräuselmilben überwacht. Hierbei wurden vor allem gefährdete Lagen und Flächen mit Vorjahresbefall bonitiert. Das Auftreten der Roten Spinnmilbe führte vereinzelt zu Problemen, weshalb die Kontrolle der Wintereier nach Schadschwellen (50 Eier/Auge) von Bedeutung war. Die Milbenbonituren dienten außerdem der Evaluierung der Spritzfolge im Hinblick auf deren Raubmilbenschonung. Der Spinn- und Kräuselmilbenbefall konnte auf den meisten Flächen dank einer hohen Raubmilbenpopulation natürlich reguliert werden und erreichte nur selten die Schadschwelle. Das Auftreten der Kräuselmilbe ist vor allem in Neuanlagen ein Problem aufgrund der fehlenden Gegenspieler. Hier sind im ersten Standjahr dann prophylaktische Behandlungen nötig. Die Anwendung der ölhaltigen Akarizide kommt nur bei Vorjahresbefall und vor Austrieb in Frage. Begleitende Maßnahmen wie die Übertragung von Raubmilben aus Ertragsanlagen durch Holz bzw. Ausbruchstriebe sorgen erst nach 1 bis 2 Jahren für eine ausreichende Etablierung der Raubmilben.

Unkrautbonituren sind im Weinbau nicht üblich. Die Unkrautbonituren, welche im Rahmen des MuD durchgeführt wurden, fanden in den Jahren 2014, 2015 und verstärkt 2016 und 2017 statt. Ziel der Bonituren war die Feststellung des Unkrautbesatzes vor dem Hintergrund der Demonstration verschiedener mechanischer Unterstockbearbeitungsmethoden. Der mittlere zeitliche Aufwand lag bei ca. 15 Minuten je Boniturtermin. Der in Tab. 36 aufgeführte Wert von 5 Minuten ist der über die Jahre (2011-2018) gemittelte zeitliche Aufwand. Während des Projektes wurden insgesamt 54 Unkrautbonituren durchgeführt.

Bestandskontrollen wurden in zwei Betrieben im Jahr 2017 an zwei Terminen im August nach einem Hagelereignis durchgeführt. Diese sind in Tab. 36 nicht aufgeführt. Das Hagelereignis am 01.08.2017 betraf ca. 70 - 80 ha Weinanbaufläche im Rheingau. Das Monitoring nach den Extremwettereignissen führten die Betriebe selbst durch. Es konnte beobachtet werden, dass Starkregenereignisse, Trocken- und Hitzeperioden tendenziell jährlich zunahmen.

Pilzkrankheiten wurden jährlich und pro Anlage an durchschnittlich 11 Boniturterminen bonitiert. Der Gesamt-Zeitaufwand belief sich jährlich und pro Anlage auf im Durchschnitt 251 Minuten (4 Stunden, 11 Minuten). Während des Projektes wurden insgesamt 2062 Pilzbonituren durchgeführt. Damit nahm die Überwachung der Krankheiten den zweitgrößten Anteil am Befallsmonitoring ein.

Entsprechend der Warndienstaufrufe und Befallsprognosen wurde in den Anlagen bonitiert. Es wurde der Triebzuwachs seit der letzten Behandlung gemessen und das Auftreten von Pilzinfektionen kontrolliert. Im Jahr 2018 wurden Botrytisbonituren nur vor der Lese durchgeführt, da es in der Vegetationsperiode zu keiner Infektion kam und weitere Bonituren überflüssig gewesen wären.

Im Frühjahr wurde mit den Pilzbonituren begonnen. Meist wurden ab März die Krankheiten Roter Brenner, Schwarzfleckenkrankheit und Echter Mehltau überwacht. Ab Mai wurden immer häufiger Bonituren auf Echten Mehltau (Oidium) und Falschen Mehltau (Peronospora) durchgeführt. Bei warmer Witterung und schneller Blüte (2016, 2018) wurde bereits im Juni damit begonnen, Botrytis zu bonitieren. In der Mitte der Saison, im Juli, lag der Fokus auf den Bonituren von Echtem und Falschem Mehltau. In einzelnen Fällen fanden Bonituren auf Botrytis, Roter Brenner und Schwarzfleckenkrankheit statt. Ab August wurden Botrytisbonituren und Bonituren auf Essigfäule immer häufiger. Neben diesen wurden weiterhin Bonituren auf Echten und Falschen Mehltau durchgeführt. Im September wurden fast ausschließlich Botrytisbonituren durchgeführt. Im Oktober waren es neben diesen auch Bonituren auf Esca-Virosen, Stiellähme, Schwarzholzkrankheit sowie Echten Mehltau.

Die Winzerinnen und Winzer bonitierten Pilzbefall nicht exakt, sondern nur Befall/kein Befall beim Begehen der Reihen.

Auch Traubenwickler wurden im größeren Umfang nicht bonitiert. Die Flugüberwachung erfolgte mit Lockstofffallen (Pheromonfallen) zur Kontrolle des Zuflugs von Motten. Der Pflanzenschutzdienst leitet von den ermittelten Fangzahlen den Befallsdruck in der Region ab und gibt diesen über den Warndienst an die Winzerinnen und Winzer weiter. Zudem hängten die Winzerinnen und Winzer Essigfallen aus, um den Flug der Kirschessigfliege in den entsprechenden Zeiträumen zu kontrollieren. In den gefährdeten Lagen erfolgten Feldbegehungen, von welchen aus auf das Befallsrisiko der Anlagen geschlossen wurde. Das Schaderregerauftreten ist stark standortabhängig, außerdem konnte oft vom Vorjahresbefall ausgegangen und abgeleitet werden.

Tab. 36. Zeitlicher Aufwand für das Schaderregermonitoring in den Demonstrationsflächen im Weinbau (2011-2018) Boniturtermine: mittlere Anzahl Boniturtermine gesamt und je Kategorie je Anlage und Jahr. Boniturzeit: mittlere Boniturzeit gesamt und je Schaderregerkategorie je Anlage und Jahr in Minuten

	Boniturtermine [Tage]					**Boniturzeit [min]**				
Jahr	**Schädlinge**	**Milben**	**Krankheiten**	**Unkräuter**	**gesamt**	**Schädlinge**	**Milben**	**Krankheiten**	**Unkräuter**	**gesamt**
2011	23,1	4,9	2,9	0,0	26,1	553,3	94,6	40,4	0,0	688,3
2012	19,5	1,0	5,2	0,0	20,3	226,3	13,3	70,8	0,0	310,4
2013	31,4	2,5	8,3	0,0	33,5	659,9	82,7	218,5	0,0	961,1
2014	16,2	0,7	10,3	0,0	19,2	406,1	6,3	188,4	0,4	601,2
2015	12,1	1,4	14,6	0,1	19,3	301,9	15,5	286,8	2,1	606,3
2016	5,4	0,0	13,9	0,5	15,8	87,3	0,0	359,8	2,5	449,6
2017	8,2	0,3	14,0	1,5	17,1	114,0	6,0	405,9	27,7	553,6
2018	2,6	0,0	8,2	0,0	9,5	42,7	0,0	238,4	0,0	281,1
MW 2011-2018	12,7	1,0	10,9	0,3	18,7	270,1	17,9	250,9	4,5	556,5

9.3. Entscheidungsgrundlagen

Die genutzten Entscheidungsgrundlagen für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben für Weinbau der Jahre 2011 bis 2018 stellt Abb. 81 dar. Es ist zu sehen, dass im Verlauf des Projektes ein größeres Vertrauen zu den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern aufgebaut wurde. Das **Monitoring der Projektbetreuung** wurde im Projektverlauf zunehmend als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen angegeben. In den Jahren 2011 bis 2015 hatte das „Monitoring Projektbetreuung“ rund 2 % bis 5 % Anteil an der Gesamtanzahl Nennungen. Ab 2016 betrug der Anteil 19 % bis 27 %. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden oft mit der Projektbetreuung abgesprochen und geplante Arbeitsschritte bzgl. der angestrebten Pflanzenschutzstrategien des MuD wurden in den Ablauf der Betriebe integriert.

Die Offizialberatung, „**Beratung PSD**“, wurde von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern z. T. wegen deren Doppelfunktion als Beraterinnen und Berater oder der engen Abstimmungen mit den Kolleginnen und Kollegen des Pflanzenschutzdienstes abgedeckt, eine klare Trennung ist zu der Entscheidungsgrundlage „Monitoring Projektbetreuung“ also nicht möglich. Dennoch zeigte sich insbesondere im ersten Projektjahr der Phase I (2012), in den ersten zwei Projektjahren der Phase II (2014, 2015) sowie im letzten Projektjahr, dass aufgrund des noch geringen Vertrauens in die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bzw. bei Abwesenheit der Projektbetreuung (2018, RP) die Offizialberatung wieder häufiger als Entscheidungsgrundlage angegeben wurde und rund 30 % (2012), 12 % (2014), 11 % (2015) und 14 % (2018) der Gesamtanzahl Nennungen ausmachte.

Die Nennungen von **Warndienst und Prognosemodell** nahmen im Projektzeitraum im Durchschnitt der Jahre (2011-2018) 66 % der Gesamtanzahl Nennungen für Bekämpfungsentscheidungen ein. In den Anbauregionen

der Demonstrationsbetriebe wurden in der Saison wöchentlich sowie nach Bedarf Warndienstmeldungen herausgegeben. Diese beinhalteten die aktuelle Wetterprognose mit für den Weinbau essentiellen Hinweisen zum Infektionsdruck der wichtigsten pilzlichen und tierischen Schaderreger sowie Empfehlungen zu Pflanzenschutz, Düngung und Arbeiten im Weinberg. Die herausgegebenen Informationen basierten auf allen bekannten Prognosemodellen und den Erfahrungen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Beraterinnen und Beratern.

Hierfür greift der amtliche Pflanzenschutzdienst auf die Befallsprognosen der Hochschule Geisenheim sowie auf VitiMeteo zu, welche sämtliche Prognosemodelle und Wetterdaten für den Weinbau zur Verfügung stellen. Es werden Simulationsmodelle für die wirtschaftlich bedeutendsten Krankheiten und Schädlinge bereitgestellt. Die verfügbaren Prognosemodelle prognostizieren den Befallsdruck anhand von Entwicklungsstadien der Reben und Witterungsdaten (z. B. Niederschlagsmengen, vorherrschende Blattnässe). Die Betriebe nutzten den Warndienst und z. T. auch Vitimeteo selbstständig als Entscheidungshilfe für Pflanzenschutzmittelbehandlungen gegen Peronospora, Oidium, Botrytis und Schadinsekten. Prognosemodelle zeigten während des Projektes jedoch auch Infektionen an obwohl in den Anlagen keine Primärinfektionen stattgefunden hatten. Ein ganz wichtiger Baustein in der Rebschutz-Beratung ist die Nutzung des Wetterfaxes der Offizialberatung sowie die Gruppenberatungen in den Betrieben vor Ort. Da das Wetterfax und die Betriebsberatung in der Region z. T. durch die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer geleistet wurden, ist die Trennung von **„Monitoring Projektbetreuung“** und „Warndienst/ Prognosemodell“ nicht immer eindeutig möglich.

Die **Erfahrungswerte** der Winzerinnen und Winzer nahmen im Durchschnitt der Jahre 15 % Anteil an der Gesamt-Anzahl Nennungen ein. Im ersten Projektjahr 2011 betrug der Anteil sogar rund 37 %. Im Laufe des Projektes nahm der Anteil routine- und erfahrungsbasierter Entscheidungen ab und die Bonituren der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer sowie die Empfehlungen der Offizialberatung in Form von Warndienstmeldungen wurde häufiger als Entscheidungsgrundlage für Pflanzenschutzmaßnahmen angegeben. Das **Monitoring des Betriebes** (0,2 %) und **„Beratung Handel“** (0,1 %) wurden am wenigsten als Behandlungsentscheidung genannt. Privatberatung wurde in den Anbauregionen angeboten, über deren Einfluss und Präsenz kann jedoch keine Angabe gemacht werden.

Die Betriebsleiterinnen und Bertriebsleiter gaben an, dass indirekte und direkte Befallsermittlungen u. a. mittels Fallen schon vor ihrer Teilnahme am Projekt durchgeführt wurden. Hierfür wurden auch Schadschwellen herangezogen und zum Teil selbstständig die Befallsprognosen aus Prognosemodellen recherchiert. Die Betriebe stützten sich nach eigenen Angaben bei ihren Pflanzenschutzentscheidungen auf die Empfehlungen der Offizialberatung, auf eigene Erfahrungswerte sowie (während des Projektes) auf die Empfehlungen der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer. Des Weiteren wurden die Entscheidungen durch Aspekte des Naturschutzes und den Austausch mit Berufskolleginnen und -kollegen beeinflusst. Die genannten Einflussgrößen waren die von den Betrieben am höchsten priorisierten und werden auch nach Projektende deren Pflanzenschutzstrategien maßgeblich beeinflussen. Die Beratung durch die Projektbetreuung ist davon natürlich ausgenommen. Nach Ende des Projektes werden die Betriebe weiter durch die Offizialberatung, durch den Warndienst-Service, aber auch durch Gruppenberatungen unterstützt. Der Bedarf der Betriebe ist diesbezüglich sehr unterschiedlich. Einige Betriebe haben schon vor Projektbeginn die Offizialberatung inkl. Gruppenberatungen für sich genutzt und stehen seither im engen Kontakt mit dieser. Andere Betriebe verfolgen eine eigene Pflanzenschutzstrategie, zu welcher die Empfehlungen der Offizialberatung lediglich hinzugezogen werden. Größere Betriebe haben z. T. eigene Beraterinnen und Berater.

Zu beachten ist, dass in dieser Auswertung die Entscheidungsgrundlagen, die eine Nicht-Behandlung zur Folge hatten, beispielsweise Schädlingsbonituren, keine Berücksichtigung finden.

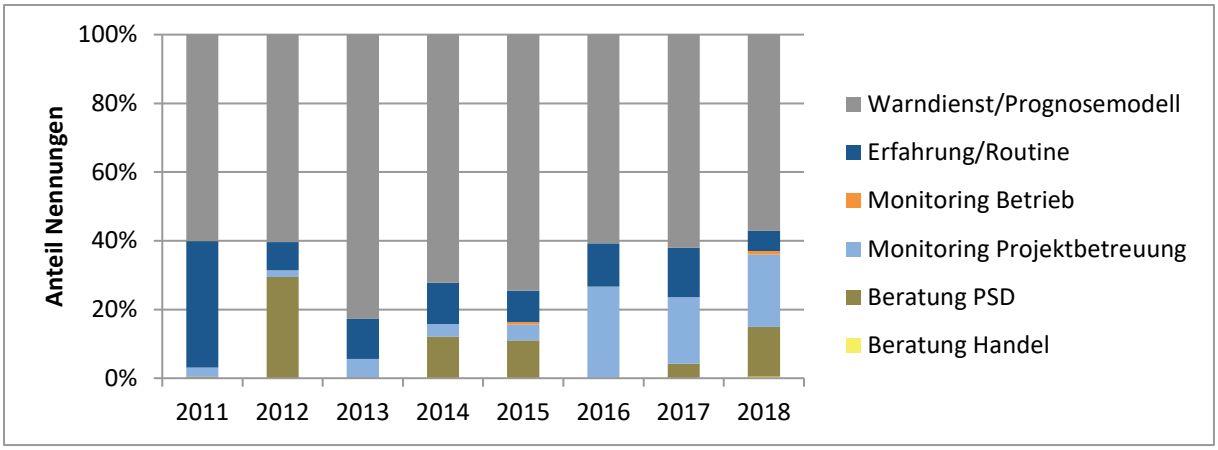


Abb. 81. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen im Weinbau [%], 2011-2018

9.4 Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen

Die Demonstrationsbetriebe für Weinbau lagen in Baden (zwei Betriebe Phase I), Rheinhessen, Nahe, Pfalz (zwei Betriebe Phase I und fünf Betriebe Phase II) und im Rheingau (drei Betriebe Phase II). Die in Kapitel Datengrundlage beschriebenen Unterschiede zwischen den Betrieben schlagen sich auch in den Behandlungsintensitäten nieder.

Im Weinbau bezieht die Berechnung des Behandlungsindex zusätzlich die Recyclingrate von Recyclinggeräten wie Tunnelspritzen mit ein. Bei der Recyclingtechnik wird die bei der Applikation nicht angelagerte Spritzbrühe aufgefangen und erneut dem Pflanzenschutzgerätekreislauf zugeführt. Drei Betriebe setzten die Recyclingtechnik jährlich auf ihren Flächen ein. In Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze bzw. der Dichte der Laubwand ließen sich so bei Applikationen Einsparungen von bis zu 56 % erzielen.

Außerdem werden bei der behandelten Fläche auch Teilflächenbehandlungen, welche z. B. nur den Bereich der Traubenzone betreffen, berücksichtigt. Herbizide werden oft als Reihenbehandlungen im Unterstockbereich, d. h. auf nur 1/3 der Fläche ausgebracht.

$$\text{Behandlungsindex (BI)} = \frac{\text{reale Aufwandmenge PSM}}{\text{max. zugelassene Aufwandmenge PSM}} \text{ X } \frac{\text{behandelte Fläche}}{\text{Gesamtfläche}} \text{ X Recyclingrate}$$

Der mittlere Behandlungsindex (Gesamt-BI) im Weinbau betrug im Durchschnitt 16,4 (Gesamt-BI_{min}=6,9; Gesamt-BI_{max}=27,6) und wies jährlich eine große Streuung der Einzelwerte auf (SD: 2,0-8,0). Diese ist auf die situations- und flächenspezifischen Behandlungen der Demonstrationsbetriebe zurückzuführen. Im Weinbau wurde der Gesamt-BI vorrangig durch die vielen Fungizidanwendungen beeinflusst. Diese hatten im Durchschnitt der Jahre etwa 91,9 % Anteil am Gesamt-BI. Die Anwendungen von Pheromonen, Insektiziden und Herbiziden nahmen 3,5 %, 2,3 % und 1,9 % Anteil am Gesamt-BI ein. Akarizide und Wachstumsregulatoren nahmen nur 0,3 % bzw. 0,1 % Anteil am Gesamt-BI ein. Der Mittelwertvergleich der Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe und der Vergleichsbetriebe in der DIPS-Region Weinbau zeigte, dass die Demonstrationsbetriebe im Untersuchungszeitraum tendenziell und auch signifikant niedrigere Behandlungsintensitäten vorwiesen (Abb. 82). Die Jahre, in denen sich die BI der Demonstrationsbetriebe und Vergleichsbetriebe signifikant unterschieden werden nachfolgend vor dem Hintergrund der Jahreswitterung und des Schaderregersauftretens vorgestellt und diskutiert.

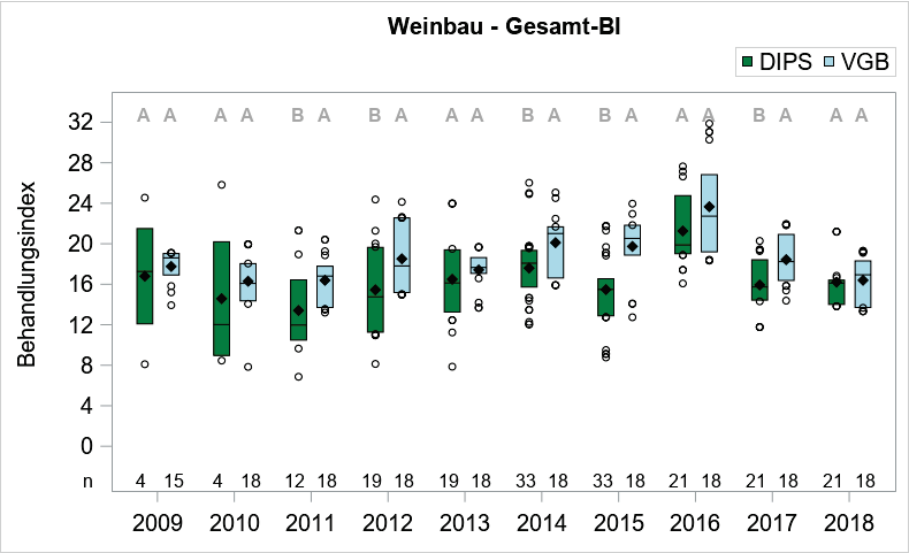


Abb. 82. Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau. Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Das Jahr **2011** war das erste Projektjahr der Demonstrationsbetriebe in Phase I und zeichnete sich durch trockene Witterung, moderate Temperaturen und viele Niederschläge zum Saisonende aus. Die Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe waren mit einem Gesamt-BI von 13,2 signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (MW Gesamt-BI_{VGB}=16,7). In diesem Jahr war die Infektionsgefahr für Peronospora eher gering, der Oidiumdruck war jedoch hoch und zum Ende der Saison stiegen der Botrytis- und Essigfäuledruck durch die Niederschläge an. In einem Demonstrationsbetrieb wurde trotz Botrytizidbehandlung geringer Botrytisbefall festgestellt. In den Demonstrationsbetrieben erfolgten dennoch durchschnittlich 2 Fungizidbehandlungen weniger als in den Vergleichsbetrieben. Ein Betrieb arbeitete mit einem Tunnelspritzgerät mit einer Recyclingrate von bis zu 49 % und sparte so zusätzlich Fungizide ein. Auf Akarizidbehandlungen wurde in den Demonstrationsbetrieben komplett verzichtet. Außerdem arbeitete in dem Jahr bereits ein Demonstrationsbetrieb auf allen Demonstrationsflächen herbizidfrei.

Im Jahr **2012** war der Gesamt-BI der Demonstrationsbetriebe mit einem Wert von 15,4 signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (MW Gesamt-BI_{VGB}=19,2). Die Demonstrationsbetriebe führten durchschnittlich eine Fungizid-, eine Akarizid- und eine Insektizidbehandlung weniger durch als die Vergleichsbetriebe. Auch 2012 verzichteten die Demonstrationsbetriebe komplett auf Akarizidbehandlungen.

Im Jahr **2014** betrug der Gesamt-BI der Demonstrationsbetriebe (4 Betriebe Phase I, 8 Betriebe Phase II) 17,6 und war signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (MW Gesamt-BI_{VGB}=20,9). Fünf Betriebe arbeiteten in ihren Demonstrationsanlagen herbizidfrei. Auch die Behandlungsintensitäten der Akarizide waren in den Demonstrationsbetrieben tendenziell geringer als in den Vergleichsbetrieben. Außerdem erfolgten im Durchschnitt der Schläge in den Demonstrationsbetrieben rund 1,5 Fungizidbehandlungen weniger als in den Vergleichsbetrieben. Die explosionsartige Massenvermehrung der Kirschessigfliege verursachte große Schäden und Ertragseinbußen, sie schürte die Angst unter den Winzerinnen und Winzern und in den Demonstrationsbetrieben wurden vergleichsweise viele Insektizidbehandlungen durchgeführt.

Im Jahr **2015** hatte der Gesamt-BI der Demonstrationsbetriebe einen durchschnittlichen Wert von 15,9 und war signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (MW Gesamt-BI_{VGB}=19,7). Die Behandlungsintensitäten für Herbizide, Akarizide und Fungizide waren signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben. In den Demonstrationsbetrieben wurden keine Akarizide angewendet.

Im Jahr **2017** schädigten Spätfröste im April die Reben in ihrer sensibelsten Phase und führten zu Ertragsausfällen und „Froststarre“, d. h. Entwicklungsstagnationen der Triebe. Eine Bandbreite verschiedener phänologischer Entwicklungsstadien, die zur gleichen Zeit auftrat, erschwerte die folgenden Arbeiten (Rebschutz, Laubarbeiten, Lese etc.). Doch insbesondere nach Spätfrost ist der Erhalt der Blatt- und

Traubengesundheit von besonderer Bedeutung. Nur so besteht eine Möglichkeit, noch akzeptable Erträge zu erzielen und dass genügend Gescheine für das nächste Jahr ausgebildet werden (GÖLLES, 2019). Das Blütewetter war sehr gut, so dass die natürliche Verrieselung fast ausblieb und das Zeitfenster für strukturlockernde Maßnahmen sehr eng war. Kompakte Trauben waren die Folge. Peronospora spielte bis in den Sommer hinein keine große Rolle, erst die Spätinfektionen richteten bei zu früher Abschlussspritzung Schäden an. Oidium stellte das ganze Jahr über ein Problem dar, konnte aber durch enge Spritzabstände und konsequente Spritzfolgen kontrolliert werden. Der frühe Reifebeginn bei Hagel, Hitze und Regen im Spätsommer sowie Schädlinge und Quetschungen der Trauben führten zu Ertragsausfällen, Totalausfällen sowie zu Folgeschäden durch Botrytis und Essigfäule. Einzelne Betriebe, unterschiedlicher Regionen, zeichneten sich durch besonders niedrige Behandlungsintensitäten aus und wendeten aufgrund standortbedingt niedrigem Befallsdruck weniger Pflanzenschutzmittel an als andere Betriebe. Der Gesamt-BI der Demonstrationsbetriebe betrug im Durchschnitt der Schläge 16,6 und war signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (MW Gesamt-BI_{VGB}=18,6). Ein Grund dafür waren die drastischen Herbizideinsparungen durch die Anwendung mechanischer Unterstockbearbeitungsmaßnahmen. Außerdem wendeten die Vergleichsbetriebe im Durchschnitt mehr Fungizide und Wachstumsregler an.

Ein Betrieb betreibt Steillagenweinbau in Querterrassen und hatte aufgrund seiner betriebsspezifisch hohen Reduktionsziele in allen Jahren deutlich niedrigere Behandlungsintensitäten als die restlichen Demonstrationsbetriebe. Der Gesamt-BI des Betriebes betrug im Durchschnitt der Jahre (2014-2018) und Schläge 10,3. Der Gesamt-BI war damit um einen Wert von 7 niedriger als in den anderen Demonstrationsbetrieben. Aufgrund der erschwerten Befahrbarkeit der Steillagen war der Betrieb bemüht, die Anzahl Überfahrten gering zu halten (MW 7 Überfahrten/Jahr). Außerdem war der Betriebsleiter risikobereit, reizte die Bekämpfungsschwellenwerte aus und verzichtete auf einzelne Fungizidbehandlungen. Der Betrieb entwickelte zusammen mit einer Maschinenbaufirma einen Prototyp zur Unterstockbearbeitung in Querterrassen, um zukünftig komplett herbizidfrei arbeiten zu können (Kapitel 5.5.1.3. Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzverfahren). Aufgrund der hohen Spezifität dieses Betriebes wurde er nicht in die BI-Auswertung einbezogen.

Im Folgenden werden die Einflussgrößen auf den Behandlungsindex genauer, nämlich je Pflanzenschutzmittelkategorie, und ebenfalls im Vergleich mit den Vergleichsbetrieben vorgestellt und diskutiert.

Anwendung von Fungiziden in den Demonstrationsbetrieben

Der Gesamt-BI in den Demonstrationsbetrieben für Weinbau wurde maßgeblich durch die Fungizidbehandlungen gegen Peronospora, Oidium und Botrytis beeinflusst. Im Weinbau werden Peronospora und Oidium in der Regel gemeinsam in einer Tankmischung und auf Grundlage von Prognosemodellen vorbeugend appliziert. Die amtlichen Warndienstservices ermitteln die regionale Befallssituation und geben Warndienstmeldungen heraus. Die Winzerinnen und Winzer verfolgen diese und kontrollieren ihre Flächen entsprechend.

Im Untersuchungszeitraum betrug der Fungizid-BI in den Demonstrationsbetrieben im Durchschnitt der Jahre 15,1 (2009-2018), mindestens 5,9 (2011) und maximal 24,6 (2016). Fungizide wurden je nach Befallsdruck und Pflanzenschutzstrategie mit mindestens 4 Überfahrten, maximal 14 Überfahrten und im Durchschnitt rund 9 Überfahrten ausgebracht. Die angewendeten Fungizide haben z. T. Zusatzwirkungen gegen Roter Brenner, Phomopsis und Schwarzfäule. Die Mittel unterscheiden sich in Wirkungsmechanismen, -sicherheit, -dauer und dem Preis. Es wurden Kontakt-Wirkstoffe, kurative Wirkstoffe und tiefenwirksame, systemische Wirkstoffe angewendet. Dabei wurden Wirkstoffgruppenwechsel zur Resistenzvorbeugung durchgeführt. Insbesondere spezifisch wirkende Mittel, welche i. d. R. an einer bestimmten Stelle im Stoffwechsel des Pilzes angreifen, sind zwar sehr effizient, unterliegen aber auch einem hohen Resistenzrisiko.

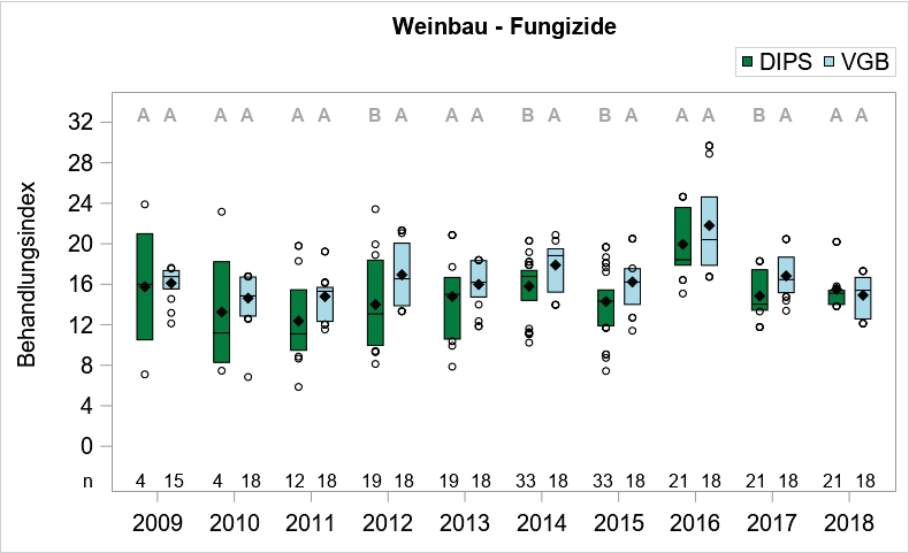


Abb. 83. Fungizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau. Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Der Vergleich zweier Pflanzenschutzstrategien (Anwendung Kontaktmittel vs. tiefenwirksame Mittel) zur Peronospora-Bekämpfung in einem Weinbaubetrieb im Rheingau ergab, dass Kontaktfungizide bei moderater Witterung zu Beginn der Saison, ohne Perioden mit Dauerniederschlägen während empfindlicher Rebstadien, ausreichend wirken. Kontaktfungizide wirken auf der Blattoberfläche über den Kontakt mit dem auskeimenden Pilz und müssen daher schon vor einer Pilzinfektion auf dem Blatt vorhanden sein. Damit der Spritzbelag nicht durch das Rebenwachstum aufreißt und ungeschützte Bereiche entstehen, muss der Spritzbelag alle 10 bis 12 Tage und in wüchsigen Phasen alle 8 Tage erneuert werden. Außerdem sind Kontaktfungizide nicht regenfest und können schneller abgewaschen werden als tiefenwirksame, systemische Fungizide. Letztere dringen in das Gewebe ein und verlagern sich in der Rebe, dadurch können sie auch den Zuwachs schützen. In anfälligen Phasen, um die Blüte, mit raschem Blatt- und Triebwachstum, mussten oft zusätzlich phosphorige/systemische Mittel eingesetzt werden.

Peronospora (*Plasmopara viticola*) zählt zu den Hauptschaderregern im Weinbau. Der Schadpilz überwintert mit Wintersporen im Boden oder im Reblaub, von wo aus im Frühjahr, bei mindestens 8 °C Bodentemperatur und ausreichender Bodenfeuchte, Primärinfektion ausgehen. Die Sporangien werden durch Niederschläge auf die grünen Rebteile befördert und dringen dann über die Spaltöffnungen in die Rebe ein. Der amtliche Rebschutzdienst informiert ab wann die Keimfähigkeit der Wintersporen erreicht ist, d. h. ab wann Primärinfektionen erwartet werden können. Sobald mindestens 10 mm Regen innerhalb von 2 bis 3 Tagen niedergegangen sind, bei einer Lufttemperatur von mindestens 10 °C und einer Trieblänge von 10 cm muss von einer Primärinfektion ausgegangen werden. Diese werden durch Ölflecke an den Blättern sichtbar. Ab diesem Zeitpunkt müssen die Winzerinnen und Winzer vor Ablauf der Inkubationszeit (innerhalb der nächsten 4 Tage) ihre Rebflächen behandeln, um eine Zweitinfektion zu verhindern. Zweitinfektionen erfolgen bei Temperaturen zwischen 6 und 30 °C, unter feuchten Bedingungen. Die Spritzungen und Spritzabstände richten sich nach dem Witterungsverlauf sowie dem Neuzuwachs und der Wirkungsdauer der eingesetzten Fungizide. Bei für Peronospora günstigen Witterungsbedingungen kommt es zu weiteren Infektionen und zur epidemieartigen Ausbreitung der Krankheit. Zwischen Ausbruch und Neuinfektion vergehen unter günstigen Bedingungen nur 4 Stunden. Bei gewittrigen Starkregen im Sommer treten Boden- und Blattinfektionen nebeneinander auf.

Im Gegensatz zu Peronospora benötigt **Oidium** (*Erysiphe necator*) kein tropfendes Wasser zur Verbreitung. Der Echte Mehltau wird durch die Nebenfruchtform *Oidium tuckeri* hervorgerufen und ist eine weitere bedeutende Pilzkrankheit im Weinbau. Die Überwinterung erfolgt als Myzel am Rebholz. Mit Beginn des Knospenwachstums breiten sich die Hyphen aus, d. h. der Befall ist ab Austrieb möglich. An den befallenen Trieben („Zeigertrieben“) entsteht eine große Anzahl Konidien, welche durch den Wind verbreitet, auf grünes

Rebgewebe gelangen und dort bei Temperaturen ab 5 °C und ab 40 % rel. Luftfeuchte Hyphen bilden, welche in das Gewebe der Blätter eindrigen und damit schädigen. Hochdruckwetterlagen, wie ein warmes Frühjahr und anhaltende Hitzeperioden im Sommer im Entwicklungszeitraum von der Blüte bis Erbsengröße der Beeren sind sehr riskant, denn sie erhöhen das Risiko für Oidiuminfektionen. Durch Oidiumbefall können Beeren aufplatzen und ein sekundärer Befall durch Schaderreger wie Botrytis kann erfolgen. Weiterhin gibt es negative Effekte auf die Weinqualität, die Assimilationsleistung und folglich die Versorgung der Pflanze. Um auch den Neuzuwachs der Reben vor Oidiumbefall zu schützen sind Spritzungen in kurzen Abständen nötig. Der Einsatz von hochpotenten Mitteln im Zeitraum der Blüte und ständiger Wirkstoffgruppenwechsel führten in den Betrieben zu einer erfolgreichen Bekämpfung von Oidium. Die Abschlussbehandlungen richteten sich nach dem Stand der Rebenentwicklung und dem Auftreten der Rebkrankheiten während der jeweiligen Vegetationsperiode (BLEYER, 2017).

Die Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe waren in den Jahren 2012, 2014, 2015 und 2017 signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (Abb. 83). Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab, dass der Behandlungsindex der Fungizide signifikant von den Faktoren Jahr und Betrieb beeinflusst wurde ($p<0,05$). Aufgrund der standort- und situationsspezifischen Fungizidanwendungen, die sowohl von Faktoren wie der Witterung, der Höhenlage und damit dem Mikroklima der Flächen sowie der Sorte und der Wirtschaftsweise des Betriebes abhingen, wurde eine starke Streuung der Einzelwerte festgestellt. Eine Demonstrationsfläche war beispielsweise durch die Nähe zum Rhein besonders durch Befall mit Oidium gefährdet. Die Streuung der Werte deutet auf situations- und flächenspezifische Behandlungen hin, welche vermutlich auch den engen Absprachen mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern zu verdanken sind. Nachfolgend werden die Jahre mit signifikanten Unterschieden zwischen VGB und DIPS beschrieben sowie die Extremjahre 2016 und 2018.

Im Jahr **2012** gingen neben den Daten der Weinbetriebe aus Phase I auch die Vorherjahre der acht Weinbetriebe aus Phase II ein. Die feuchte und warme Witterung im Frühjahr und Frühsommer begünstigte Peronospora-Infektionen und die heißen Sommermonate ließen den Oidiumdruck ansteigen. Pflanzenschutzmaßnahmen gegen Peronospora und Oidium wurden auf Grundlage von Prognosemodellen und den amtlichen Warndienstmeldungen termingerecht durchgeführt. Die gute Wasserversorgung führte zu kompakten und z. T. aufplatzenden Beeren. Außerdem kam es im Spätsommer verbreitet zu Sonnenbrandschäden. Auch Botrytis stellte ein Problem dar. Hier kamen jedoch die positiven Einflüsse von mechanischen Entblätterungsmaßnahmen zur Botrytisvermeidung zum Tragen. Zwei Betriebe nutzten Recyclinggeräte mit Recyclingraten zwischen 8 bis 49 % je Behandlung. Die Demonstrationsbetriebe führten im Durchschnitt eine Fungizidbehandlungen weniger durch als die Vergleichsbetriebe (MW F-BI_{VGB}=17,5; MW F-BI_{DIPS}=14,0).

Im Jahr **2014** waren nach der Blüte, in der verregneten zweiten Jahreshälfte, einige Flächen kaum befahrbar und erosionsgefährdet. Die Infektionsbedingungen für Peronospora bauten sich rasch auf. Der frühe Vegetationsstart und günstiges Blütewetter, eine schnelle Blüte, d. h. wenig Behandlungszeit für die Winzerinnen und Winzer, führten wegen der resultierend geringen Verrieselung und damit der Entwicklung kompakter Trauben zur Abquetschung während der Reifephase und starkem Botrytisbefall. Die mechanischen Entblätterungsmaßnahmen zahlten sich wieder aus und die Demonstrationsbetriebe verzeichneten durchschnittlich 2 Fungizidbehandlungen weniger als die Vergleichsbetriebe (MW F-BI_{VGB}=18,6; MW F-BI_{DIPS}=15,7).

Im Jahr **2015** ereigneten sich lange und extreme Trockenperioden. Es kam kaum oder gar nicht zu Peronospora-Infektionen. Dagegen stieg der Infektionsdruck des wärme- und trockenheitliebenden Pilzes Oidium ab der Blüte enorm an. Regenfälle im September führten bei kompakten und lockerbeerigen Trauben zu Abquetschungen und Aufplatzen, Botrytis fand viele Eintrittspforten. Trauben mit hohem Mostgewicht blieben von Botrytis unbeschadet und entwickelten im milden Oktober Edelfäule und hochwertige Weinqualitäten.

Der Fungizid-BI der Demonstrationsbetriebe war mit einem Wert von 14,6 signifikant geringer als in den Vergleichsbetrieben (MW F-BI_{VGB}=15,8). In den Demonstrationsbetrieben zeigten sich sogar weitere Reduktionspotentiale, denn rund 3 % der durchgeführten Fungizidbehandlungen wurden vom Land als unnötig

oder kritisch als Überdosierungen bewertet. Grund dafür war u. a., dass in der ersten Jahreshälfte weder das Peronospora-Prognosemodell, noch die Freilandbeobachtungen, Primärinfektionen feststellten. Viele Winzerinnen und Winzer fingen jedoch in der ersten Maihälfte an, zu behandeln und somit wurden 1 bis 2 unnötige Fungizidbehandlungen durchgeführt (Kapitel 5.5.5. Notwendiges Maß).

Das Jahr **2016** war das schwerste Peronospora-Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Behandlungsintensitäten waren sowohl in den Demonstrations- als auch Vergleichsbetrieben sehr hoch. Primärinfektionen mit Peronospora fanden schon sehr früh, zum Teil schon Anfang Mai, statt. Die Wintersporen wurden durch die heftigen Niederschläge vom Boden auf die Triebe und Blätter befördert. Durch anhaltende Niederschläge und günstige Temperaturen fanden stetig, in Abständen weniger Tage neue Infektionen statt. Der permanente Regen ließ kaum geregelte Arbeitsabläufe zu, so dass Applikationen verschoben, unterbrochen und wiederholt werden mussten. In Abhängigkeit der Rebsorte und des Standortes kam es in einzelnen Anlagen zu Starkbefall mit Peronospora. In anfälligen Rebsorten wie Müller-Thurgau wurden Symptombilder von Peronospora festgestellt, wie sie vorher noch nie gesehen wurden. Im Jahr 2016 wurde eine Rebfläche mit Müller-Thurgau an 14 Terminen mit insgesamt 27 Fungiziden behandelt. Alle Behandlungen entsprachen dem notwendigen Maß. Im Durchschnitt wurden in 2016 Fungizide in den Demonstrationsbetrieben mit 11 Überfahrten ausgebracht. Die Behandlungsintensität der Fungizide betrug in den Demonstrationsbetrieben durchschnittlich 20,1 und in den Vergleichsbetrieben 22,3. Die maximal zugelassene Aufwandmenge der Fungizide wurde zur Vorbeugung von Resistenzentwicklungen nicht oder nur auf Empfehlung der Pflanzenschutzberatung sowie bei Botrytizidanwendungen reduziert.

Das Jahr **2017** war durch Spätfröste im April und daraus resultierenden Ertragseinbußen gezeichnet. Auch kam es zu Hagelunwettern im Laufe des Jahres in einigen Anbauregionen (Nahe, Rheinhessen, Rheingau). Die Lese setzte schon früh ein, so dass ab August geerntet werden konnte. Der Fungizid-BI in den Demonstrationsbetrieben betrug 15,3 und in den Vergleichsbetrieben 17,0.

Im extrem trocken-heißen Jahr **2018** stellte Peronospora kein Problem dar, denn wegen der geringen Niederschläge kam es zu keinen Infektionen. Auch Botrytis stellte 2018 kein Problem dar. Die Trauben waren bis zur Ernte gesund. Eine angemessene Belüftung der Traubenzone reichte aus. Der hohe Oidium-Druck in diesem Jahr, welcher schon zu Beginn der Saison hoch war, konnte durch konsequente Spritzungen unter Kontrolle gehalten werden, so dass keine oder nur geringfügige Schäden an den Reben auftraten. Fungizide wurden mit durchschnittlich nur 8 Überfahrten ausgebracht. Der Fungizid-BI betrug in den Demonstratiosnbetrieben 15,4 und in den Vergleichsbetrieben 15,1. Zu beachten bleibt, dass in heißen Jahren bestimmte Fungizide nicht mehr anwendbar sind, da Mittel wie beispielsweise Kumar und VitiSan Blattverbrennungen verursachen können. Vor dem Hintergrund des Klimawandels muss dies bei der Mittelwahl in trocken-heißen Jahren mitberücksichtigt werden.

Generell ist das Reduktionspotential bei der Anwendung von Fungiziden im Weinbau aufgrund der vielen prophylaktischen Behandlungen gering. Der Einsatz von Kontaktmitteln in Jahren mit moderatem Peronosporabefall erwies sich als effektiv.

Im Jahr 2018 hätten Pflanzenschutzmittelanwendungen durch langfristigere Prognosemodelle für das Wetter eingespart werden können. Diese sind jedoch derzeit nicht verfügbar. Da nicht alle Wetterereignisse, die von Prognosemodellen angezeigt werden auch tatsächlich eintreten, da die Ursachen bei der Krankheitsentstehung und –ausbreitung vielfältig sind, sollte zukünftig an der Präzision der Prognosemodelle gearbeitet werden. Dies ist insbesondere wegen der kleinräumig unterschiedlichen Wetterereignisse sinnvoll. Unabhängig von der Langfristigkeit der Prognosen können engmaschigere Wetterstationen und Sensoren dazu beitragen mehr Daten zu generieren, um die Prognosesicherheit der Prognosesysteme weiter zu verbessern. Durch die gezielteren Behandlungen ließen sich weitere Einsparpotentiale im Pflanzenschutz erschließen. Dies ließe sich z. B. durch die Installation lokaler Wetterstationen in den einzelnen Rebflächen realisieren.

Botrytizide

Trauben-Botrytis tritt jährlich in unterschiedlicher Intensität auf. Entscheidend für einen Befall sind Witterungsverhältnisse zum Zeitpunkt der Reife sowie die Traubenbeschaffenheit. Kompakte Trauben begünstigen das Abdrücken der Trauben, so dass Eintrittspforten für Botrytis entstehen. In Lagen mit feuchtwarmer Witterung im Spätsommer und Herbst ist die Botrytisanfälligkeit der Reben erhöht. Reben in höheren Lagen haben einen kleinen Entwicklungsrückstand und sind damit weniger Botrytis anfällig. Zum Teil werden im Herbst Trauben hängen gelassen und es wird auf späten Botrytisbefall gehofft, um zum Jahresende edelsüßen Wein ernten zu können. Der Anteil der Botrytizide am Fungizid-BI ist generell sehr gering, kann aber durch Teilflächenbehandlungen und mechanische Entlaubungsmaßnahmen weiter reduziert werden. In den Jahren 2009, 2011 und 2012 nahmen Botrytizide rund 1 % am Fungizid-BI ein, dieser Anteil nahm im Projektverlauf ab (Abb. 84). Das letzte Projektjahr, 2018 war das Jahr mit dem geringsten Botrytisbefall. Nur sieben der insgesamt zwölf Demonstrationsbetriebe wendeten Botrytizide an. Vier Demonstrationsbetriebe behandelten in den Jahren 2011, 2013, 2014, 2015 und 2016 lediglich 33 % bis 60 % der Laubwandteilfläche bzw. die Traubenzone. Die Anwendung von Botrytiziden wird oft kritisch gesehen, da sie beim Austreten des Traubensaftes keine Wirkung zeigen. Aus diesem Grund werden nichtchemische Verfahren zur Vorbeugung und Bekämpfung von Botrytisbefall zunehmend bevorzugt (Kapitel 5.5.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen). Auch im Hinblick auf die Vorbeugung von Resistenzentwicklungen sind diese zu bevorzugen.

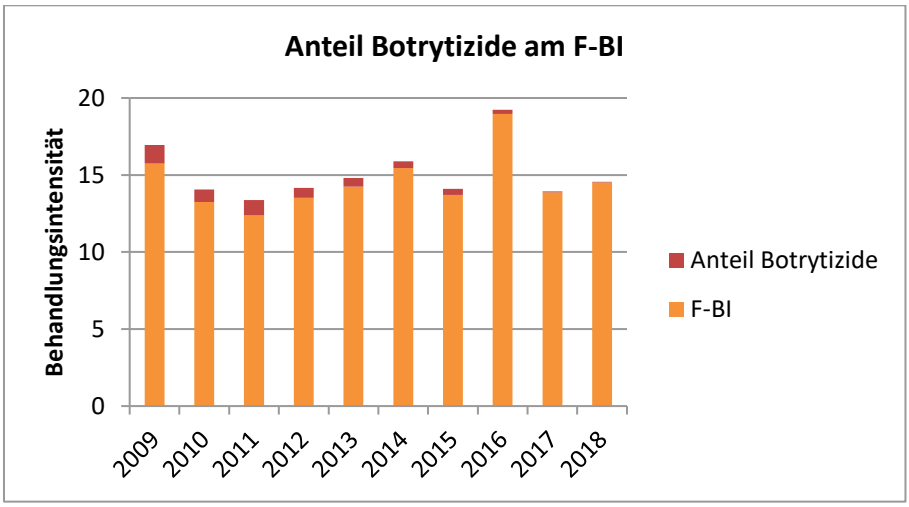


Abb. 84. Anteil Botrytizide am Fungizid-Behandlungsindex (F-BI) der Demonstrationsbetriebe im Weinbau [%]. (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018).

Anwendung von Wachstumsregulatoren in den Demonstrationsbetrieben

Der Behandlungsindex der Wachstumsregler, auch Bioregulatoren genannt, betrug in den Demonstrationsbetrieben im Mittel der Jahre und Schläge 0,01 (Abb. 85). Wachstumsregler wurden in den Jahren 2013, 2014 und 2017 zur Auflockerung der Traubenstruktur, zur Vermeidung von Botrytis und Essigfäule in vier Demonstrationsbetrieben insgesamt 6-mal angewendet. Im Durchschnitt der Behandlungen wurde die maximal zugelassene Aufwandmenge zu 90,2 % ausgeschöpft und 52,8 % der Fläche behandelt.

Da die Applikation der Bioregulatoren, Regalis und GIBB3, zwischen Blühbeginn (BBCH 61) und Vollblüte (BBCH 65) erfolgen soll und GIBB3 möglichst im Stadium der Vollblüte (65), wenn 50 % der Blütenkäppchen abgeworfen sind, appliziert werden soll (PETGEN, 2009), kann der optimale Applikationszeitraum in heißen Jahren wie 2018 sehr kurz sein. Außerdem ist für den Einsatz von Bioregulatoren entscheidend, ob es sich um einen kompakten Klon handelt und ob dieser nicht bevorzugt durch Ausbrechen vor der Blüte oder durch Teilentblätterung in der Blüte ausgedünnt werden kann (Kapitel 5.5.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen). Der Vergleich der Wachstumsregler-BI mit denen der Vergleichsbetriebe zeigte kaum Unterschiede. Der Einsatz von Wachstumsregulatoren gilt in der Praxis als Ausnahme.

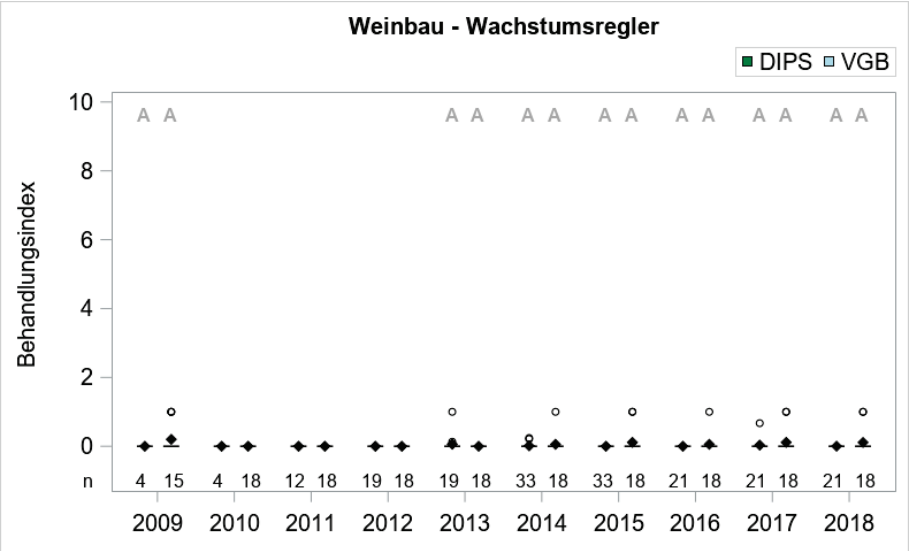


Abb. 85. Wachstumsregler-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau.
Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Insektiziden in den Demonstrationsbetrieben

Die Behandlungsintensität der Insektizide betrug im Durchschnitt der Schläge und Jahre (2009-2018) 0,4 (I-BI_{min}=0; I-BI_{max}=4,8) und unterschied sich jährlich nicht signifikant von den Insektizid-BI der Vergleichsbetriebe (Abb. 86). Insektizidanwendungen wurden je nach Schädlingsauftreten durchgeführt und richteten sich vorrangig gegen den Einbindigen und Bekreuzten Traubenwickler sowie gegen Rhombenspanner, Ohrwurm, Springwurm, Rebzikade und ab 2014 auch gegen die Kirschessigfliege. Im Projektverlauf wurden nur 54,3 % der Demonstrationsflächen mit Insektiziden behandelt. Im Jahr 2009, welches Vorherjahr der Betriebe aus Phase I war, und im Jahr 2018 wurden keine Insektizide angewendet. Von den behandelten Rebflächen wurden 69 % einmalig und 31 % der Flächen mehrfach mit Insektiziden behandelt. Die durchschnittliche Anzahl Überfahrten lag auf den behandelten Flächen bei 1,5. Im Jahr 2014 erfolgten auf drei Rebflächen jeweils 5 Überfahrten mit Insektiziden. Die vielen Behandlungen waren gerechtfertigt, sie richteten sich nach den Befallsermittlungen aus Bonituren und erfolgten im notwendigen Maß. Im Projekt, insbesondere im Jahr 2011, stellten die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer dennoch fest, dass intensive Bonituren auch zu zusätzlichen Insektizidbehandlungen führten, da ein bis dato unauffälliger Schädlingsbefall durch das Monitoring sichtbar gemacht wurde.

Im Jahr 2014 war der Insektizid-BI in den Demonstrationsbetrieben vergleichsweise hoch und betrug im Durchschnitt der Schläge 0,9. Insbesondere die frühen Sorten (u. a. Frühburgunder, Müller-Thurgau) wurden in den warmen Septembertagen von Schädlingen (Wespen, Ameisen, Mäusen etc.) befallen, so dass sich Fäulnis ausbreiten konnte und Essigfliegen sowie die Kirschessigfliege angelockt wurden, welche zusätzlich Massenvermehrungen und Essigfäule nach sich zogen. In späten Sorten kam es Mitte September in Folge starker Niederschläge zum Aufplatzen der Beeren und zu Botrytisbefall. Eine Anlage fiel 2014 durch einen besonders hohen Insektizid-BI von 4,8 auf. Die Behandlungen richteten sich gegen Knospenschädlinge sowie gegen die Kirschessigfliege. Da die Kirschessigfliege bis zu dem Zeitpunkt noch keine Bedeutung im Weinbau in Deutschland hatte, lagen kaum Erkenntnisse zu einer wirksamen Bekämpfungsstrategie vor. Die explosionsartige Massenvermehrung des Schädlings verursachte große Schäden sowie Ertragseinbußen und schürte die Angst unter den Winzerinnen und Winzern. Bei den Vergleichsbetrieben war der Insektizid-BI im nächsten Jahr 2015, mit 0,7 vergleichsweise hoch. In beiden Jahren, 2014 und 2015, richtete sich der Großteil der Behandlungen gegen die Kirschessigfliege. Aus diesem Grund wurde 2014 bundesweit von allen Forschungs- und Beratungsstellen ein Monitoring betrieben. Der Einbindige und der Bekreuzte Traubenwickler gelten als Hauptschädlinge im Weinbau und lassen sich zum einen durch die Pheromonverwirrung und zum

anderen, auf Flächen, welche für die Traubwicklerverwirrung ungeeignet sind, mit Insektiziden bekämpfen. Ab Mitte Juli fliegt die 2. Generation der Traubenwickler in die Weinberge, um an den Rebstöcken und Trauben ihre Eier abzulegen. Das Zeitfenster zur Bekämpfung der Larven ist sehr klein. Dies erschwerte auch im Projektzeitraum die genaue Terminierung der Behandlungen (Kapitel 5.5.5. Notwendiges Maß). Damit die Bekämpfung künftig noch besser gelingt, arbeiten Forscherinnen und Forscher des Julius Kühn-Instituts an einer Eiablage-Karte. Mit deren Hilfe sollen Winzerinnen und Winzer über ein Smartphone den Zeitpunkt des Auftretens und die Schwere des Schädlingsbefalls leichter und genauer als bisher bestimmen können (RID et al., 2019).

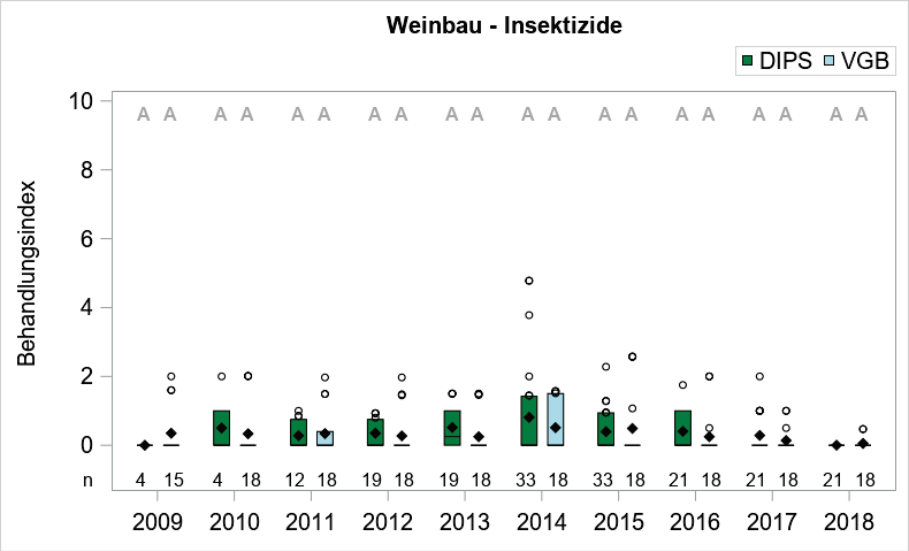


Abb. 86. Insektizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau. Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Die Im Projektzeitraum applizierten Insektizide waren breitwirksame Mittel wie Mimic und Steward, welche gegen Traubenwickler, Rhombenspanner, Springwurm und z. T. gegen Rebzikaden (Steward) wirksam sind. Zur gezielten Traubenwicklerbekämpfung wurden GLADIATOR, Runner sowie das biologische Insektizid Xentari (Wirkstoff: *Bacillus thuringiensis sp. kurstaki*) angewendet. Gegen die Kirschessigfliege und weitere Rebschädlinge wurde das ebenfalls im Ökoweinbau zugelassene Insektizid SpinTor angewendet. Aufgrund seiner Einstufung als B1-Mittel, d. h. bienengefährlich, ist die Anwendung kritisch zu sehen. Der Einsatz von SpinTor war jedoch zum Zeitpunkt der Anwendung gerechtfertigt, da keine alternativen Insektizide zur Bekämpfung der Kirschessigfliege zugelassen waren. Das Angebot verfügbarer Insektizide ist im Weinbau sehr gering und es stehen seit den letzten Jahren immer weniger Wirkstoffe zur Verfügung. Viele Mittel werden für Notfallsituationen (Artikel 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009) oder Lückenindikationen (Artikel 51 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009) genehmigt, so dass es im Weinbau zunehmend schwierig ist das Resistenzmanagement umzusetzen und tierische Schädlinge ausreichend zu bekämpfen.

Die Untersuchung des Einsparpotentials im Bereich der Insektizide durch die Pheromonverwirrung von Traubenwicklern in den Demonstrationsbetrieben ergab, dass die Behandlungsintensitäten der Insektizide auf Flächen mit Traubenwicklerverwirrung im Vergleich zu Flächen ohne Pheromonverwirrung deutlich geringer waren (Abb. 87). Ab dem zweiten Projektjahr (2012) bis 2017 unterschieden sich die Insektizid-BI der beiden Varianten („verwirrt“, „nicht verwirrt“) signifikant. Die Insektizid-BI auf den nicht verwirrten Flächen betrugen durchschnittlich 0,8 (s: 0,9), mit Werten bis maximal 4,8 (2014). Die Insektizid-BI auf verwirrten Flächen betrugen rund 0,1 mit deutlich geringeren Streuungs-Werten (s: 0,3). Auf den nicht verwirrten Flächen wurden im Zeitraum 2009 bis 2018 insgesamt 81 Insektizidanwendungen durchgeführt, von welchen 81,2 % der Maßnahmen (66 Behandlungen) gegen Traubenwickler (Einbindiger, Bekreuzter) gerichtet waren. Auf den mit Pheromonen verwirrten Flächen erfolgten im Untersuchungszeitraum insgesamt nur 10 Insektizidbehandlungen. Von diesen richteten sich nur 2 Behandlungen gegen Traubenwickler. Dies zeigt, dass

die regionalen Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen zur Förderung der Pheromonverwirrung und das Bestreben der Winzerinnen und Winzer für eine flächendeckende Pheromonverwirrung Anwendergemeinschaften zu bilden, Insektizide im Weinbau einsparen können. Es bleibt zu beachten, dass der Befallsdruck durch Schädlinge auch stark standortabhängig und in Fällen wie bei der Kirschessigfliege sortenabhängig ist. Des Weiteren wird mit der Anwendung von RAK 1+2 auch, die in einigen Jahren auftretende, dritte Generation Traubenwickler bekämpft, während auf nicht verwirrten Flächen Insektizide angewendet werden müssen (Kapitel 5.5.1. Anwendung nichtchemischer, biologischer und vorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen).

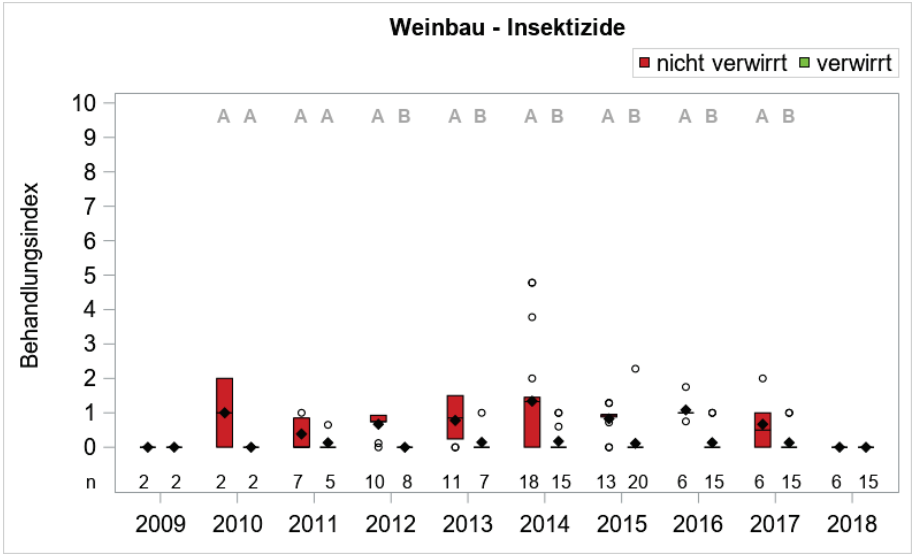


Abb. 87. Insektizid-Behandlungsintensität der mit Pheromonen verwirrten und der nicht verwirrten Flächen der Demonstrationsbetriebe im Weinbau.
Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Pheromonen in den Demonstrationsbetrieben

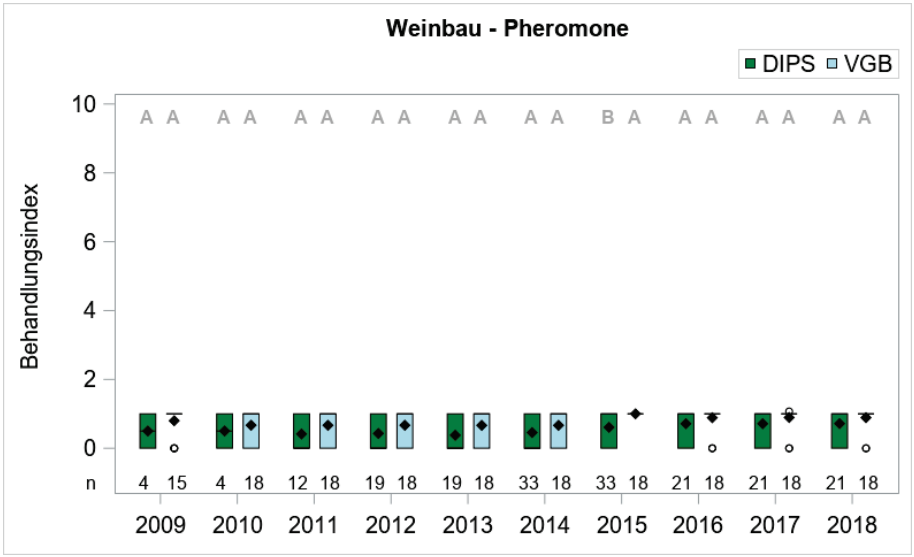


Abb. 88. Pheromon-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau.
Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Die Pheromonverwirrung des Bekreuzten und Einbindigen Traubenwickler mit RAK 1+2 erfolgte in den Demonstrationsbetrieben immer auf der ganzen Fläche. Dieses biotechnologische Verfahren wurde in den Vergleichsbetrieben in den Jahren 2009, 2015, 2016, 2017, 2018 auf fast allen Flächen angewendet. In den

Demonstrationsbetrieben war dies nicht immer möglich. Im Jahr 2015 verwirrten die Vergleichsbetriebe signifikant mehr Flächen als die Demonstrationsbetriebe (Abb. 89). Im Projektverlauf wurden jedoch Rebflächen, welche zuvor nicht verwirrt wurden, aber generell geeignet waren, mit Pheromonen ausgestattet. So konnte der durchschnittliche Anteil verwirrter Rebflächen von 50 % (2009-2015) auf 75 % (2016-2018) gesteigert werden. Welche Einsparpotentiale für Insektizide die Pheromonverwirrung mit sich bringt, wird unter „Anwendung von Insektiziden in den Demonstrationsbetrieben“ beschrieben.

Anwendung von Akariziden in den Demonstrationsbetrieben

Der mittlere Behandlungsindex der Akarizide (2009-2018) betrug 0,1. Akarizide wurden nur in insgesamt 8 Fällen, in den Jahren 2009, 2013, 2014 und 2016 zur Bekämpfung von Kräusel-, Spinnen und Blattgallmilben auf den Flächen zweier Betriebe angewendet (Abb. 89). Die maximal zugelassene Aufwandmenge wurde bei allen Behandlungen zu 100 % ausgeschöpft und jeweils die gesamte Fläche behandelt. Auf allen anderen Flächen konnten während des gesamten Untersuchungszeitraumes die natürlich vorkommenden Raubmilbenpopulationen zur Schädlingsregulierung beitragen. Im Projektverlauf wurden die Spritzfolgen durch den eingeschränkten Einsatz raubmilbenschädigender Schwefelbehandlungen verbessert.

Der Vergleich der jährlichen Akarizid-BI der Demonstrationsbetriebe mit denen der Vergleichsbetriebe zeigte einen signifikanten Unterschied im Jahr 2009, welcher wegen der geringen Anzahl Flächen (n=4) und Behandlungen (n=1) in den Demonstrationsbetrieben vernachlässigt werden kann. Im Jahr 2014 waren die Akarizid-BI der Demonstrationsbetriebe tendenziell geringer als in den Vergleichsbetrieben (MW A-BI_{VGB}=0,2; MW A-BI_{DIPS}=0,1). Hier bestand sogar weiteres Einsparpotential, denn nicht alle Akarizidbehandlungen waren nach Expertenmeinung notwendig (Kapitel 5.5.5. Notwendiges Maß). Auch im Jahr 2015 unterschieden sich die Akarizid-BI der Vergleichsbetriebe (MW A-BI_{VGB}=1,5; s=1,5) signifikant von denen der Demonstrationsbetriebe (MW A-BI_{DIPS}=0). Ein Grund für die dauerhaft niedrigeren Akarizid-BI in den Demonstrationsbetrieben können die Bonituren auf den Rebflächen gewesen sein (Kapitel 5.5.2. Monitoring im Weinbau), die den Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern einen umfassenden Überblick über ihre Anlagen und Sicherheit gaben.

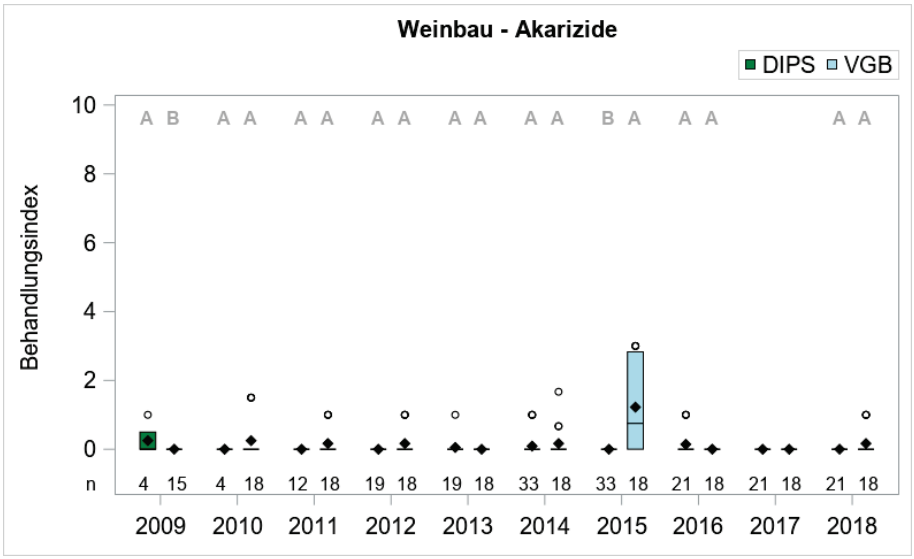


Abb. 89. Akarizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau. Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Anwendung von Herbiziden in den Demonstrationsbetrieben

Die Herbizidanwendungen erfolgten überwiegend auf Teilflächen sowie mit reduzierter Aufwandmenge. Im Vorauflauf wurden Herbizide auf 1/3 der Fläche und zur Entfernung von Stocktrieben auf ganzer Fläche angewendet. Diese Behandlungen nahmen rund 14,9 % Anteil an allen Herbizidanwendungen ein. Die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide hatte 68,6 % Anteil an allen Herbizidbehandlungen (insgesamt 188 Herbizidanwendungen in den Projekt- und Vorherjahren). Glyphosathaltige Mittel wurden vorrangig zur

Reihenbehandlung im Frühjahr auf rund 30,1 % der Fläche, also auf Teilflächen, ausgebracht. Während vor Projektbeginn und im ersten Projektjahr (2009-2011) die maximal zugelassene Aufwandmenge noch zu rund 70 % ausgeschöpft wurde, konnte ab 2012 eine abnehmende Tendenz bei den Aufwandmengen für Glyphosat beobachtet werden. In den letzten zwei Projektjahren wurden nur noch rund 18,8 % (2017) und 10 % (2018) der zugelassenen Aufwandmenge glyphosathaltiger Herbizide auf den Flächen ausgebracht. Mit der aufflammenden Glyphosat-Debatte zeigten sich die Winzerinnen und Winzer bestrebt ihren Weinbau noch umweltschonender auszurichten.

„Abbrenner"-Herbizide bzw. das zu diesem Zweck einzig zugelassene Kontaktherbizid Basta wurde während der Saison vorrangig auf der ganzen Fläche ausgebracht und dabei die Aufwandmenge zu rund 89,4 % ausgeschöpft. Diese Behandlungen nahmen jedoch nur rund 16,5 % Anteil an allen Herbizidanwendungen ein. Seit Juli 2017 besteht für Basta ein Anwendungsverbot.

Insgesamt konnte im Projektverlauf eine abnehmende Tendenz bei der Anwendung von Herbiziden in den Demonstrationsbetrieben beobachtet werden, zum einen bei der Betrachtung der jährlichen Behandlungsindices der Herbizide und zum anderen bei der Betrachtung der Anzahl herbizidfreier Flächen. Ab dem Jahr 2014 war der durchschnittliche Herbizid-BI in den Demonstrationsbetrieben jährlich signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben (Abb. 90). Der Herbizid-BI der Demonstrationsbetriebe betrug im Durchschnitt der Rebflächen 0,3 (2009, 2010, 2011), 0,7 (2012, 2013), 0,5 (2014). Ab 2014 nahmen die Herbizid-BI drastisch ab und betrugen durchschnittlich 0,2 (2015), 0,1 (2016, 2017), 0,0 (2018). Die Herbizid-BI der Vergleichsbetriebe waren höher und betrugen im Durchschnitt der Rebflächen 0,3 (2009), 0,4 (2010), 0,5 (2011, 2012, 2013), 0,9 (2014), 0,7 (2015, 2016), 0,5 (2017) und 0,3 (2018). In den Demonstrationsbetrieben wurde im Zeitraum 2009 bis 2013 auf rund 25 % und 26,3 % der Rebflächen herbizidfrei gearbeitet. Ab 2014 stieg der Anteil herbizidfreier Flächen auf 48,5 % (2014), 39,4 % (2015), 81 % (2016, 2017) und schließlich 85,7 % im letzten Projektjahr (2018). Zwei Demonstrationsbetriebe arbeiteten vor und auch während ihrer Projektzeit auf allen Flächen herbizidfrei. Die Anzahl Betriebe, die im ganzen Betrieb auf Herbizide verzichteten stieg bis zum Projektende an: 3 Betriebe (2014, 2015), 5 Betriebe (2016), 6 Betriebe (2017), 7 Betriebe (2018).

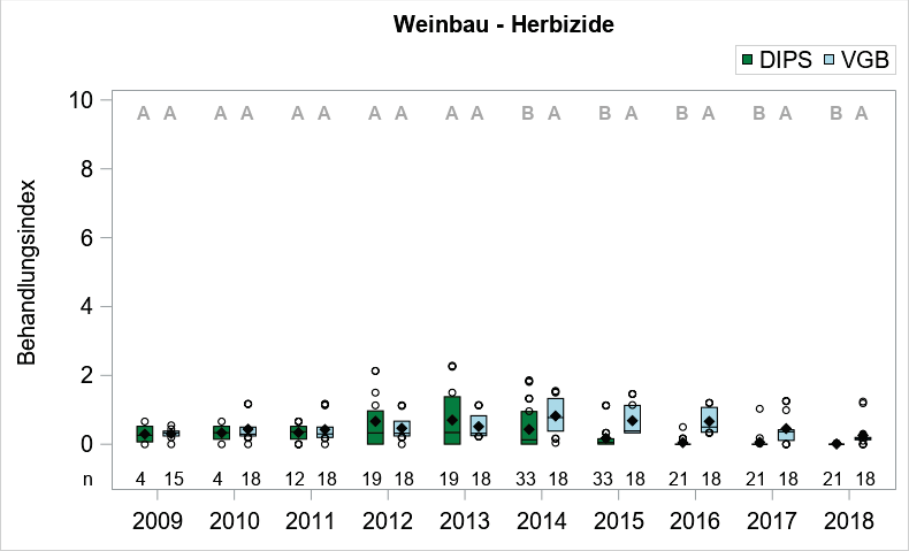


Abb. 90. Herbizid-Behandlungsintensität der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau. Mittelwert der Flächen je Jahr (Vorherjahre 2009/10 bzw. 2012/13 und Demonstrationsflächen 2011-2015 bzw. 2014-2018), ungleiche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen DIPS und VGB (Tuckey-Test α=0,05).

Dieses Ergebnis deckt sich mit der statistischen Auswertung der Herbizid-BI. Die einfaktorielle Varianzanalyse identifizierte den Faktor „Betrieb", und damit die individuellen Bestrebungen und Ausstattungen (Arbeitskräfte, maschinelle Ausstattung etc.) zur Herbizid-Reduktion sowie flächenspezifische Faktoren (z. B. Höhenlage, Relief), als signifikante Einflussgröße auf den Herbizid-BI (p-Wert>0.0001). Doch auch der Faktor „Jahr" (u. a. Jahreswitterung) konnte als signifikante Einflussgröße identifiziert werden (p-Wert=0.0033). Beispielsweise traten wegen der enormen Sommertrockenheit 2018 kaum bekämpfungswürdige Unkräuter auf und die

Nutzung alternativer Bekämpfungsmethoden war je Betrieb unterschiedlich umsetzbar. In nassen Jahren wie 2016 waren einige Flächen kaum befahrbar.

Auswertung der Restflächen

Die mittleren Behandlungsintensitäten der Referenzflächen „Restbetrieb“ unterschieden sich jährlich nicht signifikant von denen der Demonstrationsflächen (Tukey-Test, α=0,05). Grund dafür ist, dass die Betriebe ihre Pflanzenschutzstrategie an einzelnen Stellschrauben optimiert, diese aber nicht grundlegend verändert haben. Änderungen wie z. B. die Verbesserung der Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Mittelwahl werden durch den Indikator Behandlungsindex nicht abgebildet.

9.5. Notwendiges Maß

Die Auswertung der Einhaltung des Notwendigen Maßes erfolgte ab dem Projektjahr 2013, da in Projektphase I die Informationen zur „Bewertung Land“ je Pflanzenschutzmittelanwendung nicht oder unvollständig übermittelt wurden. Zum Teil lag es an der verspäteten Besetzung der Projektbetreuung.

Die Anwendung von Wachstumsreglern und Pheromonen erfolgte immer im notwendigen Maß. Beide Kategorien erscheinen nicht in der Grafik (Abb. 91).

Im Durchschnitt der Jahre 2013 bis 2018 bewerteten die Pflanzenschutzexperten der Pflanzenschutzdienste der Länder bei 99,4 % der Pflanzenschutzmittelanwendungen die Einhaltung des notwendigen Maßes. Von diesen wurden 5,3 % der Anwendungen kritisch kommentiert. In den Jahren 2013, 2016, 2017 und 2018 erfolgten alle Pflanzenschutzmittelanwendungen im notwendigen Maß. Unnötige Maßnahmen erfolgten im ersten Projektjahr der Phase II, 2014 (2,0 %), sowie 2015 (0,6 %).

In den letzten Projektjahren 2016, 2017 und 2018 entsprachen alle Fungizidanwendungen dem notwendigen Maß. In den Jahren 2014 und 2015 haben einzelne Betriebe unnötige Netzschwefel- und Botrytizidbehandlungen auf ihren Demonstrationsflächen durchgeführt. Im Projektverlauf wurden die Spritzfolgen der Betriebe raubmilbenschondender gestaltet und Netzschwefel im notwendigen Maß angewendet. Die Botrytizidbehandlungen wurden ebenfalls auf das notwendige Maß zurückgeführt. Auch der Anteil kritischer Kommentare nahm im Projektverlauf dank der intensiven Betreuung der Betriebe von 6,1 % (2014) und 6,9 % (2015) auf 2,8 % (2018) ab. Die kritischen Kommentare betrafen nicht ausgeschöpfte Reduktionspotentiale (2013-2014), nicht optimale Mittelwahl (2013-2015), Überdosierungen der Aufwandmengen (2013-2018), zu starke Reduktionen der Aufwandmengen (2013-2017) und zu späte Maßnahmen (2015).

Die im Projektzeitraum durchgeführten Insektizidanwendungen entsprachen in allen Jahren, außer 2015 (zwei unnötige Behandlungen), zu 100 % dem notwendigen Maß. Die zwei unnötigen Insektizidbehandlungen im Jahr 2015 richteten sich gegen Traubenwickler und wurden auf einer nicht verwirrten Fläche jenes Betriebs durchgeführt, welcher in der Auswertung der Insektizid-BI mit einem hohen Wert von 3,8 auffiel. Kritische Kommentare wurden 2014, bei etwa 21,6 % der Behandlungen, geäußert. Die Kommentare betrafen zu starke Reduktionen der Aufwandmengen, zu späte Insektizidanwendungen und nicht ausgeschöpfte Reduktionspotentiale.

Akarizide wurden nur in den Jahren 2013, 2014 und 2016 angewendet. Die insgesamt sieben Behandlungen entsprachen überwiegend dem notwendigen Maß. Nur im Jahr 2014 wurden in einem Betrieb drei unnötige Akarizidbehandlungen durchgeführt, welche sich gegen Kräuselmilben richteten.

Herbizidmaßnahmen wurden in fast allen Jahren, außer 2014 (3 unnötige Maßnahmen), im notwendigen Maß und ohne kritische Kommentare durchgeführt. Die unnötigen Maßnahmen wurden auf den drei Demonstrationsflächen eines Betriebs mit dem „Abbrenner“-Herbizid Basta mit voller Aufwandmenge auf ganzer Fläche durchgeführt. Der Betrieb hat sich im Projektverlauf verbessert und ab 2016 sogar auf allen Demonstrationsflächen herbizidfrei gearbeitet.

Es lässt sich feststellen, dass der Anteil unnötiger Maßnahmen zu Beginn des Projektes niedrig war und im Projektverlauf weiter reduziert werden konnte. Die unnötigen Maßnahmen betrafen oft einzelne Betriebe,

welche auf mehreren Flächen Fehlentscheidungen trafen. Diese Betriebe konnten durch die intensive Beratung sensibilisiert werden und sich im Projektverlauf verbessern.

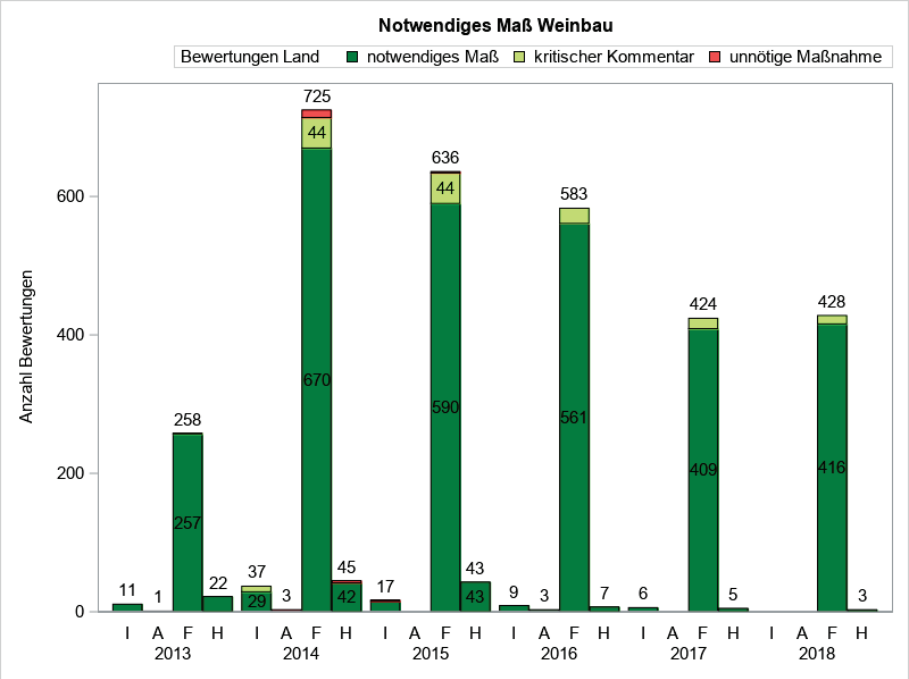


Abb. 91. Einhaltung des notwendigen Maßes bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau. 2013-2018, Anzahl Bewertungen Land je Pflanzenschutzmittelkategorie I: Insektizide, A: Akarizide, F: Fungizide, H: Herbizide.

9.6. SYNOPS-GIS Risikobewertung

Im folgenden Kapitel wird das von den Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Naturhaushalt ausgehende Umweltrisiko vorgestellt, welches mit SYNOP-GIS berechnet wurde. Die Berechnungsmethoden sind detailliert in DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018 zusammengefasst. Die Risikoindizes werden für die verschiedenen Nicht-Ziel-Kompartimente wie Oberflächengewässer, Saumbereiche und Boden getrennt berechnet. In der Auswertung sind alle Demonstrationsbetriebe vertreten, die in der DIPS-Region Wein im Zeitraum 2011 bis 2018 am Projekt teilnahmen sowie alle Vergleichsbetriebe in der DIPS-Region (Abb. 92). Zu beachten gilt, dass die Rebflächen der Betriebe in unterschiedlichen Naturräumen (z. T. Gewässer und Nichtzielflächen in und an der Fläche) lagen.

Im Weinbau lagen das chronische aquatische Risiko und das akute aquatische Risiko der Pflanzenschutzmittelapplikationen in den Jahren 2011-2018 für die Demonstrationsbetriebe und Vergleichsbetriebe überwiegend im niedrigen und sehr niedrigen Risikobereich (ETR<1). Ein Großteil der Pflanzenschutzmittelanwendungen ist somit als unkritisch zu bewerten. Ein geringer Teil der Pflanzenschutzmaßnahmen wurde jedoch als riskant (ETR>1, >gelbe Linie) bewertet und einzelne Maßnahmen überschritten die Grenze als hoch riskant (ETR>10, >rote Linie) bewertet zu werden.

Zu beachten ist, dass die aquatischen Risikowerte eine sehr hohe Variationsbreite aufweisen, da die flächenspezifischen Bedingungen wie Entfernung zum Gewässer, Bodentyp, Hangneigung, Niederschlagsereignisse zwischen den Rebflächen in den jeweiligen Lagen ebenfalls sehr unterschiedlich waren.

Pflanzenschutzmittel, die in den Spritzfolgen als akut aquatisch riskant (ETR>1) und hoch riskant (ETR>10) bewertet wurden waren ausschließlich Herbizide, welche den Wirkstoff Flazasulfuron beinhalteten. Der Wirkstoff weist niedrige Toxizitätswerte für die Referenzorganismen Lemna (LC_{50}=0,00004) und Algen (LC_{50}=0,014) auf. Herbizide, welche Flazasulfuron enthielten, wurden von den Demonstrationsbetrieben in den Jahren 2011 bis 2014 und von den Vergleichsbetrieben in allen Jahren (2011-2018) angewendet. Im Jahr 2014 wurde Flazasulfuron in 50 % der Vergleichsbetriebe eingesetzt in den anderen Jahren dagegen nur in 25 % bzw. 30 % der Betriebe. Dies erklärt den höheren Risikowert bei den Vergleichsbetrieben im Jahr 2014. Das akut

aquatische Risiko durch Insektizide wurde sowohl bei den Demonstrationsbetrieben als auch Vergleichsbetrieben als niedrig und für die Fungizide als sehr niedrig bewertet.

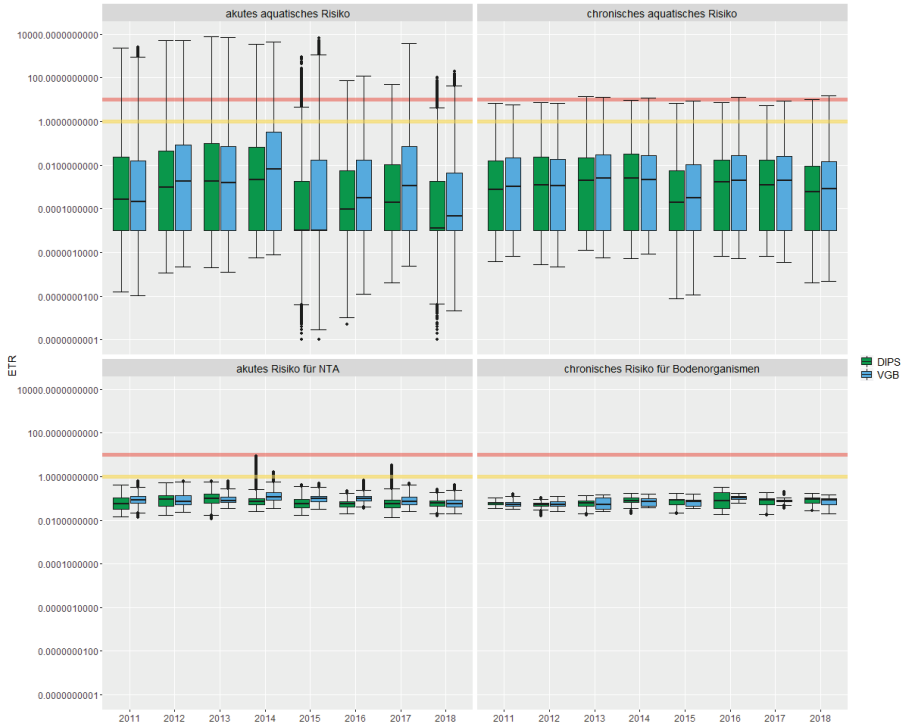


Abb. 92. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) im Weinbau in den Jahren 2011-2018.

Das akute Risiko für Nichtzielorganismen in Saumbiotopen (akutes Risiko für NTA) lag in den Demonstrationsbetrieben und in den Vergleichsbetrieben in allen Jahren überwiegend im niedrigen Risikobereich (ETR<1). Vereinzelt wurden Werte im mittleren Risikobereich erreicht. Pflanzenschutzmittel, die in den Spritzfolgen als akut riskant für NTA (ETR>1) bewertet wurden, waren Insektizide mit dem Wirkstoff Spinosad. Diese wurden in den Demonstrations- und Vergleichsbetrieben zur Bekämpfung von Drosophila-Arten in den Jahren 2014 (DIPS, VGB) und 2017 (DIPS) angewendet. Im Jahr 2014 trat die Kirschessigfliege erstmals schädigend im deutschen Weinbau auf, so dass der zu dem Zeitpunkt unberechenbare Schädling verstärkt mit Insektiziden bekämpft wurde. Der Wirkstoff Spinosad wird sowohl im Ökolandbau als auch im integrierten Weinbau angewendet und weist sehr hohe Toxizitätswerte für Bienen (LD_{50oral}=0,057) auf. Das akute Risiko für Nichtzielorganismen in Saumbiotopen durch Herbizide und Fungizide lag bei den Demonstrationsbetrieben und Vergleichsbetrieben in allen Jahren in einer niedrigen Risikokategorie.

Das chronische Risiko für den Regenwurm (chronisches Risiko für Bodenorganismen) aller Spritzfolgen in den Demonstrations- und Vergleichsbetrieben wurde während des gesamten Untersuchungszeitraumes als sehr niedrig (ETR<1), also unkritisch, bewertet.

9.7. Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS

Die ersten vier Demonstrationsbetriebe für Weinbau traten 2011 dem Projekt bei (Phase I). Im Jahr 2014, d. h. mit Beginn der zweiten Projektphase, kamen acht weitere Weinbetriebe hinzu (Phase II). Die Auswertung der Checklisten erfolgt aufgrund der Überarbeitung der ersten Checklisten-Version erst ab 2013. Die Auswertung umfasst bei den Betrieben 1 bis 4 das dritte Projektjahr 2013 bis Ende der Projektphase I (2015). Bei den Betrieben 5 bis 9 lagen die Checklisten für das Vorherjahr (2013) bis 2018 vor. Die Checklistenauswertung der Betriebe 10 bis 12 umfasst die Projektjahre 2014 bis 2018, also ohne Vorherjahre.

In der folgenden Auswertung werden die einzelbetrieblichen Bewertungen der Umsetzung der JKI-Leitlinien zum IPS betrachtet (Abb. 93). Die Auswertung der Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des IPS zeigte während der gesamten Projektzeit einen überwiegend stetigen Anstieg des Niveaus auf welchem die Betriebe

den IPS umsetzten. Die Verbesserungspotentiale bei der Umsetzung des IPS wurden unterschiedlich stark ausgenutzt. Die Entwicklungsspannen der Weinbetriebe im Untersuchungszeitraum 2013 (bzw. 2014) bis 2018 betrugen 3,8 % (B1), 3,2 % (B2), 5,4 % (B3), 3,8 % (B4), 6,6 % (B5), 6,6 % (B6), 7,6 % (B7), 3,2 % (B8), 10,8 % (B9), 13,9 % (B10), 15,2 % (B11) und 7,3 % (B12). Die Umsetzung der Forderungen der einzelnen Checklistenabschnitte wird nachfolgend genauer erläutert.

Mit dem Einstieg in das Demonstrationsvorhaben richteten die Betriebe ihren Pflanzenschutz nach den Anforderungen der JKI-Leitlinien zum IPS im Weinbau aus und verbesserten, wenn nötig, die Informationsbeschaffung durch u. a. häufigere Besuche von Fachveranstaltungen und Weiterbildungen oder der regelmäßigen Beziehung des Warndienst-Services (**Abschnitt A**).

Bei der Umsetzung befallsvorbeugender Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt B**) demonstrierten einzelne Betriebe (Betriebe 10 und 11), dass ein verbessertes **Laubwandmanagement** in ungünstigen Lagen sowie in kompakten Klonen, die Probleme des Anbausystems, nämlich die höhere Anfälligkeit für Pilzkrankheiten wie Botrytis, ausgleichen kann. Alle Betriebe achteten darauf, dass die Laubwand ihrer Rebanlagen locker gestaltet war und eine gute Durchlüftung stattfand (z. T. Entlaubungsmaßnahmen in allen Anlagen). In einigen Anlagen wurden zur Botrytisvorbeugung sogar Trauben geteilt (Spätburgunderanlage des Betriebes 3).

Im Hinblick auf die **Bodenbearbeitung** und das **Begrünungsmanagement** gab es in vielen Betrieben zu Projektbeginn noch Verbesserungspotentiale. Bei der situations- und standortangepassten Bodenbearbeitung und Begrünung gilt es abzuwägen, wie hoch die Erosionsgefahr durch die Substitution der Herbizidbehandlungen durch Bodenbearbeitungsgänge wäre und welche Wasserkonkurrenz eine Gassenbegrünung für die Rebe darstellen könnte. Zur Vorbeugung von Wassermangel wurden zu Projektbeginn z. T. Gassen mittels Herbizidbehandlungen offengehalten und auch Gassenbehandlungen durchgeführt. Ein Betrieb musste die Anzahl seiner Bodenbearbeitungsgänge aufgrund von Erosionsgefahr sogar reduzieren. Im Projektverlauf wurden die Betriebe dahingehend sensibilisiert, auf routinemäßige Herbizidbehandlungen zu verzichten und situations- und standortangepasste Bodenbearbeitung zu betreiben. Beispielsweise wurde mehr Unkrautbesatz toleriert und Verfahren der mechanischen Bodenbearbeitung kamen zum Einsatz. Alle Betriebe verfügten im Projekt über eine Rollhacke bzw. haben sich eine angeschafft. Weitere Unterstockbearbeitungsgeräte kamen zum Einsatz (Kapitel 5.5.1.3. Nichtchemische und biologische Pflanzenschutzverfahren). Die Nutzung mechanischer Unkrautbekämpfungsverfahren war einzelnen Betrieben in Phase I jedoch zu kostenintensiv. Die Herbizidstrategien wurden dennoch bei einigen Betrieben aus Projektphase I durch mechanische Unkrautbekämpfungsverfahren ergänzt, so dass entweder auf Herbizidbehandlungen verzichtet werden konnte oder bei z. B. feuchter Witterung, wenn die mechanische Bearbeitung nicht möglich war, Herbizidbehandlungen durchgeführt wurden. Insbesondere in Projektphase II bewiesen die teilnehmenden Winzerinnen und Winzer großes Interesse an mechanischen Alternativen zur Unterstockbearbeitung und ersetzten Herbizidbehandlungen zunehmend. Zum Projektende arbeiteten insgesamt 8 der 12 Weinbetriebe auf allen Flächen herbizidfrei. Einigen Betrieben gelang der Herbizidverzicht durch den Einsatz mechanischer Unkrautbekämpfungsverfahren witterungsbedingt nur in einzelnen Jahren.

Kaum Spielraum und Potential zur Verbesserung des IPS lässt die **Sortenwahl** im Weinbau. Bei Neupflanzungen richtet sich die Sortenwahl vorrangig nach dem Absatzmarkt und dem in der Weinregion üblichen Sortenspiegel. Die in den Regionen bekannten und von den Verbrauchern nachgefragten Sorten werden also bevorzugt. So ist der Rheingau für seinen Riesling bekannt, während die Weinregionen in Rheinhessen, Nahe und Pfalz sowohl Traditionssorten wie Riesling und Spätburgunder, aber auch Trendsorten wie z. B. Chardonnay anbauen, hier also mehr Spielraum bei der Sortenwahl gegeben ist. In Baden werden Spätburgunder, Grauburgunder, Dunkelfelder und Portugieser bevorzugt angebaut. Der Sortenspiegel in den Demonstrationsbetrieben weist überwiegend resistente bis mittelanfällige und vereinzelt anfällige Sorten auf. Für PiWi-Sorten fehlt noch immer die Verbraucherakzeptanz. Nur ein Betrieb baute pilzwiderstandsfähige Rebsorten wie Merzling an. Die Wahl der Unterlagen und Rebsorten wird oftmals mit der Offizialberatung abgesprochen. Außerdem erfolgt ein Umdenken in Richtung des Anbaus lockerbeeriger Klone, da die Qualität im Fokus steht. Die Standzeit der Reben einer Anlage beträgt ca. 30 Jahre, weshalb positive Sorteneigenschaften nur zeitverzögert genutzt werden können. Daher gilt es zu beachten, dass die Sortenwahl

in der Dauerkultur Wein unflexibel ist. Die Bewertung der Sortenwahl war aus diesem Grund schwierig, so dass alle Betriebe 5 von 6 Punkten erhielten und nur bei dem Anbau resistenter Weinsorten und der gezielten Wahl lockerbeeriger Klone volle Punktzahl bzw. 5,5 Punkte vergeben wurden.

Die **Düngung** erfolgte überwiegend bedarfsgerecht. Auf einzelnen Rebflächen wurde jedoch am Rande der Obergrenze sehr viel gedüngt. Dies begünstigte sehr wüchsige Anlagen sowie Botrytisbefall aufgrund der hohen Stickstoffversorgung. Im Projektverlauf verbesserten sich einzelne Betriebe. Hierzu wurden im 3- bis 5-jährigen Turnus Bodenuntersuchungen durchgeführt und es wurden zusätzlich jährlich Stickstoffbilanzen erstellt und die Düngung an diese angepasst.

Individuelle Handlungsspielräume zur weiteren Optimierung des IPS in den Betrieben zeigten sich bei der Nützlingsschonung und -förderung (**Abschnitt C**). Durch den reduzierten Einsatz von Netzschwefel konnten die Betriebe ihren Pflanzenschutz raubmilbenschonender umsetzen. Auch wurden die raubmilbenschonenden Spritzfolgen in Phase II durch Milbenbonituren von den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern überprüft und bestätigt. Weitere Verbesserungspotentiale wurden durch die Ausweitung der **Begrünungsflächen** in den Anlagen genutzt. Das Begrünungsmanagement konnte in vielen Betrieben in Richtung flexibles Begrünungsmanagement optimiert werden. Ziel eines flexiblen Begrünungsmanagements ist das Wohlergehen der Rebe sowie ein maximaler Schutz vor Bodenerosion (ERHART, 2016). Darüber hinaus ermöglichen Begrünungsmaßnahmen bei richtiger Anwendung die Bildung von Dauerhumus (MÜLLER, 2016). Im Projektverlauf wurden Terrassenbegrünungen, Fahrgassenbegrünungen, Winterbegrünungen in offenen Gassen sowie natürliche Begrünungen gefördert. Die so entstandenen Biotope können die Biodiversität in den Rebanlagen enorm erhöhen (HÖNIG & GLOY, 2016). Für die Dauerbegrünung in den Fahrgassen wurden u. a. artenreiche Saatmischungen wie die „Wolff-Mischung“ gewählt, welche u. a. stickstoffbindende Leguminosen beinhaltet. Für die Winterbegrünung wurden beispielsweise Raps, Senf, Roggen und Gras-Klee-Gemische eingesät. Die Neuanlage von landwirtschaftlichen Strukturelementen wurde jedoch kaum umgesetzt, da die Winzerinnen und Winzer auf die Flurbereinigung des Landes keinen Einfluss nehmen.

Des Weiteren beteiligten sich die Betriebe im Rahmen ihrer Möglichkeiten an **Agrarumweltprogrammen.** In Projektphase I standen den teilnehmenden Betrieben einer Anbauregion allerdings keine Agrarumweltprogramme zur Verfügung, zudem lagen die Betriebe außerhalb des „Pheromonverwirrung-Gebiets“. Die anderen teilnehmenden Betriebe beteiligten sich an Programmen zur Förderung von Steillagen (HIAP), Förderung des Pheromoneinsatzes (HALM, PAULA) sowie Förderung des kontrolliert umweltschonenden Weinbaus (KUW). Zudem beteiligten sich einige Betriebe am Netzwerk Partnerbetrieb Naturschutz, als Leitbetrieb zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und an der Organisation von Anwendergemeinschaften für die Pheromonverwirrung. Das regional unterschiedlich große Angebotsspektrum von Agrarumweltprogrammen stellte sich als systembedingtes Defizit heraus.

Bezüglich der Befallsüberwachung und Nutzung von Entscheidungshilfen (**Abschnitt D**) konnten sich einzelne Betriebe im Projektverlauf verbessern indem Bonituren und Schadschwellen stärker als Entscheidungshilfe für oder gegen Behandlungen herangezogen wurden. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter haben ihre Anlagen genau im Blick und kontrollieren bei den regelmäßigen Durchfahrten den Gesundheits- und Entwicklungsstand der Reben. Genaue Bonituren, wie sie die Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer durchführen, können aufgrund des Arbeitsumfangs nicht geleistet werden. Dennoch führten einige Betriebe vor und auch nach dem Projekt die Befallseinschätzung nach Schadschwellen durch. Die Betriebe stehen im engen Kontakt mit der Pflanzenschutzberatung, beziehen Warndienstmeldungen (inkl. Prognosen aus Vorhersagemodellen), die Telefonberatung, Gruppenberatungen und recherchieren z. T. eigenständig die Befallsprognosen aus Prognosemodellen für die Region oder auch zusätzlich für angrenzende Regionen. Punktabzüge gab es, wenn die Winzerinnen und Winzer ihre Anlagen nur gelegentlich, in größeren Zeitabständen, und bei der Durchfahrt kontrollierten. Aber auch zu große Risikobereitschaft führte zu Punktabzügen.

Bei der Anwendung nichtchemischer und chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt E**) wird aus den z. T. stagnierenden Punktzahlen zwischen den Jahren und zwischen den Betrieben ersichtlich, dass die Umsetzung der nichtchemischen Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Umfang der

Pflanzenschutzmittelbehandlungen jährlich sehr unterschiedlich ausfiel. Die Nutzung verschiedener Maßnahmen hing außerdem von der Witterung und dem Schaderregerauftreten ab. So ist der Einsatz mechanischer Unterstockbearbeitungsgeräte nur sinnvoll, wenn die Flächen befahrbar und nicht erosionsgefährdet (Steillagenweinbau) sind, und ein entsprechendes Unkrautauftreten vorliegt. Die Betriebe konnten über die Jahre Erfahrungen mit nichtchemischen Maßnahmen sammeln und schlussendlich einzelne Methoden betriebsspezifisch etablieren.

Bei den Pflanzenschutzmittelanwendungen gab es im Hinblick auf die Mittelwahl Punktabzüge, wenn Überdosierungen ausgebracht und nützlingsschädigende Mittel wie z. B. Netzschwefel angewendet wurden. Der Wirkungsgrad stand bei der Mittelwahl im Vordergrund. Auch bei der Umsetzung des Antiresistenzmanagements gab es Verbesserungen. Im Projektverlauf wurden die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter durch die intensive Pflanzenschutzberatung sensibilisiert. Das notwendige Maß wurde zunehmend eingehalten und Traubenzonenbehandlungen sowie Reduktionen von Aufwandmengen nach den Empfehlungen der Offizialberatung umgesetzt. Die Optimierungspotentiale waren jährlich sehr unterschiedlich. Für den Vergleich der mittleren Behandlungsintensitäten der Demonstrationsbetriebe mit denen der Vergleichsbetriebe wurden ebenfalls Checklistenpunkte vergeben. Einzelne Demonstrationsbetriebe wiesen in allen Jahren geringere Behandlungsintensitäten als die Vergleichsbetriebe auf, andere stagnierten jährlich und nur zwei Betriebe hatten in allen Jahren höhere Behandlungsintensitäten als die Vergleichsbetriebe. Insgesamt waren die mittleren BI der Demonstrationsbetriebe bei 70 % der Checklistenbewertungen geringer als in den Vergleichsbetrieben.

Die in den Betrieben eingesetzten Pflanzenschutzgeräte wiesen Abdriftminderungen von 50 bis 95 % auf. Im Rahmen des Projektes haben sich drei Betriebe neue Pflanzenschutztechnik zugelegt. Somit waren zum Projektende sieben Betriebe mit Pflanzenschutzgeräten mit 90 %-iger Abdriftminderung, 3 Betriebe mit Recyclingtechnik, nämlich Tunnelspritzgeräten (95 %-ige Abdriftminderung), und 3 Betriebe mit Gerätekombinationen mit 75 %-iger Abdriftminderung ausgestattet. Die Recyclingtechnik hat zwar die beste Abdriftminderung, doch das Gerät ist kostspielig und kann wegen seines großen Platzbedarfs im Vorgewende nicht auf allen Rebflächen eingesetzt werden. Auf den Flächen, auf denen es zum Einsatz kommt, sind die Pflanzenschutzmittelanwendungen jedoch deutlich effizienter, sparsamer und zielgerichteter. Auf großen Betrieben rechnet sich das Gerät außerdem schnell über die Recyclingrate.

Bei der Kontrolle der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen und der Dokumentation von Befallsermittlung/Pflanzenschutzmaßnahmen (**Abschnitt F**) bestand bei fast allen Betrieben Nachholbedarf. Die Wirksamkeit der Pflanzenschutzmaßnahmen wird kontrolliert, jedoch in den meisten Fällen nicht dokumentiert. Auch Befallsbeobachtungen und Empfehlungen des Warndienstes bzw. von Prognosemodellen wurden nur von wenigen Betrieben im vollen Umfang vermerkt.

Alle Betriebe haben bei der Lagerung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln alle erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der besonderen Sorgfaltspflicht ergriffen (**Abschnitt G).**

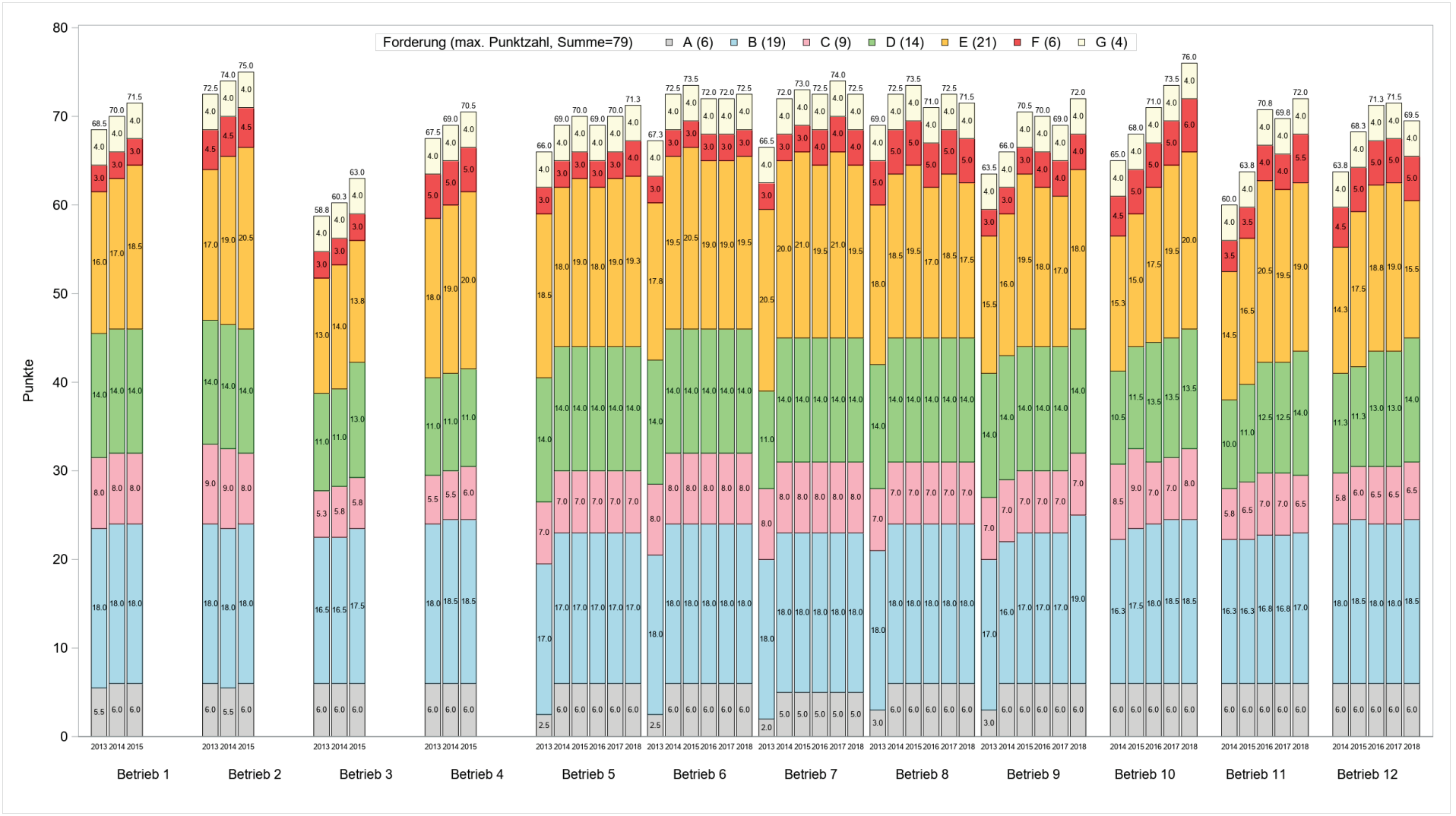


Abb. 93. Auswertung der Checklisten im Weinbau, Vorherjahr 2013 und Projektjahre 2013-2018, Beschreibung der Abschnitte (Forderung) A-G in Kapitel 4, Tab. 10.

9.8. Zusammenfassung Weinbau

Im Projektzeitraum 2011 bis 2018 nahmen insgesamt 12 Betriebe im Weinbau am Modell- und Demonstrationsvorhaben teil. Die Untersuchungen im Weinbau umfassten die Anwendung vorbeugender, nichtchemischer und biologischer Verfahren, die zeitlichen Aufwendungen der Schaderregerüberwachung, die Entscheidungsgrundlagen denen Pflanzenschutzmittelanwendungen zu Grunde lagen, die Intensität der Pflanzenschutzmittelanwendungen (Behandlungsindex) und die Einhaltung des notwendigen Maßes sowie die Auswertung der Checklisten zur Bewertung der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes in den Weinbetrieben. Der Fokus der Projektarbeit lag auf der Erprobung nichtchemischer, alternativer Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Optimierung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch den Ausbau des Monitorings und der Nutzung von Entscheidungshilfesystemen.

Die Auswertung der vorbeugenden und nichtchemischen Pflanzenschutzmaßnahmen zeigte, dass die Wahl der Rebsorten stark vom Markt bestimmt wird. Aus diesem Grund wurden auf über 60 % der Demonstrationsflächen Traditionssorten (Riesling, Spät- und Grauburgunder) mit geringer bis mittlerer Anfälligkeit für Peronospora, Oidium und Botrytis angebaut. Pilzwiderstandsfähige Sorten gelten nach wie vor als vom Verbraucher wenig akzeptiert. Je nach Region gibt es jedoch einen Trend zum bevorzugten Anbau lockerbeeriger Klone, welche eine geringere Botrytisanfälligkeit aufweisen als kompakte Klone. Die Weinbetriebe erprobten mechanische Unterstockbearbeitungsgeräte und integrierten diese in ihren Pflanzenschutzstrategien, um in Abhängigkeit von der Witterung und den Standortbedingungen (u. a. Bodengefüge, Hangneigung) Herbizidanwendungen zu ersetzen. Die Demonstrationsbetriebe sammelten im Unterstockbereich viele Erfahrungen und zeigten mit der Entwicklung eigener Prototypen Innovationsgeist. Der zusätzliche personelle und finanzielle Aufwand beim Einsatz mechanischer Unterstockbearbeitungsverfahren kann jedoch nicht in jedem Weinberg geleistet werden. Der Anteil herbizidfreier Rebflächen nahm dennoch von ursprünglich 25 % (2011) auf über 80 % der Demonstrationsflächen (2016, 2017, 2018) zu. Die zur Traubenwicklerbekämpfung eingesetzten *B.t.*-Präparate konnten im Wirkungsvergleich mit herkömmlichen Insektiziden nicht überzeugen. Grenzen der Anwendung waren die Wirkungsdauer und die Abwaschbarkeit der *B.t.*-Präparate. Die Traubenwicklerverwirrung mit RAK 1+2, ein biotechnologisches Verfahren, wird bereits flächendeckend in einigen Weinanbauregionen angewendet. Einige Weinbetriebe organisieren regionale Anwendergemeinschaften für eine großflächige Traubenwicklerverwirrung, denn auf Kleinflächen ist diese Methode nicht sinnvoll. Des Weiteren erprobten die Betriebe verschiedene Methoden zur Entblätterung. Es kamen verschiedene Entlaubungsgeräte zum Einsatz sowie die händische Entlaubung und es wurden Varianten ein- und/oder beidseitiger Entlaubung verglichen. Die verbesserte Durchlüftung der Laubwand zahlte sich im Jahresverlauf oftmals durch einen geringen Pilzdruck aus und beugte außerdem in betroffenen Sorten einem Kirschessigfliegenbefall vor. Auch wurden Verfahren zur Traubenausdünnung von einzelnen Betrieben getestet. Die Ertragsreduktion führt zu geringerem Botrytisbefall und höheren Lesegutqualitäten, weshalb diese Maßnahme vornehmlich im Premium-Segment zum Einsatz kommt. Zur Bekämpfung der Kirschessigfliege wurden Kulturschutznetze angeschafft, welche auch zukünftig auf betroffenen Flächen eingesetzt werden und zur Einsparung von Insektiziden beitragen werden.

Die Auswertung des zeitlichen Aufwands zur Schaderregerüberwachung im Weinbau ergab, dass im Weinbau pro Jahr und Rebfläche rund 19 Boniturtermine nötig waren, um den Entwicklungs- und Gesundheitszustand der Reben zu überwachen. Der Aufwand für die Schädlingsbonituren belief sich auf rund 4 ½ Stunden pro Jahr und Rebfläche und stellte zusammen mit den Krankheitsbonituren (rund 4 Stunden pro Jahr und Rebfläche) den größten zeitlichen Aufwand im Monitoring dar. Des Weiteren wurden Milben-, Unkrautbonituren und Bestandskontrollen (auf Hagelschäden) durchgeführt. Die Boniturzeiten bilden nicht den in der Weinbaupraxis notwendigen Monitoringaufwand ab. Vielmehr bildet das umfangreiche Befallsmonitoring, insbesondere im Bereich der Schädlinge, die Beratungsleistung der amtlichen Rebschutzdienste ab, welche u. a. die Beschreibung und Überwachung invasiver Schädlinge übernimmt. Die Weinbaubetriebe haben ihre Flächen dennoch genau im Blick und verwendeten Werkzeuge zu Befallsermittlungen (Schadschwellen, Fallen) sowie Prognosemodelle und das Beratungsangebot des Pflanzenschutzdienstes. Dies konnte durch die Auswertung der Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen bestätigt werden. Auch nach Ende des Projektes werden sich die Betriebe bei ihren Pflanzenschutzentscheidungen auf die eigenen Kontrollen der Flächen, die Empfehlungen des Pflanzenschutzdienstes, Warndienstmeldungen und Prognosemodelle berufen.

Die Untersuchung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau ergab, dass der Gesamt-Behandlungsindex vorrangig durch die Fungizidanwendungen (91,9 %) beeinflusst wurde. Fungizide wurden im Durchschnitt mit 9

Überfahrten ausgebracht. Vordergründig bekämpft wurden die Hauptschaderreger Peronospora, Oidium und Botrytis. Der Fungizid-BI lag im Durchschnitt zwischen 15,9 (2011) und 24,6 (2016). Einzelne Betriebe sparten durch Traubenzonenbehandlungen Fungizide ein oder auch durch den Einsatz von Recyclingtechnik (bis zu 56 % der realen Aufwandmenge). Weitere Einsparpotentiale könnten durch präzisere Prognosemodelle und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen erschlossen werden, z. B. mit dem Anbau lockerbeeriger Klone und die Laubwandentblätterung. Durch den Anbau lockerbeeriger Klone können zudem Anwendungen von Wachstumsreglern, welche jedoch nur 0,1 % des Gesamt-BI ausmachten, eingespart werden (MW W-BI=0,01). Akarizidanwendungen, welche mit 0,3 % ebenfalls einen geringen Anteil am Gesamt-BI ausmachten, können durch eine raubmilbenschonende Spritzfolge eingespart werden (MW A-BI=0,1). Weitere Reduktionspotentiale zeigten sich bei der Anwendung von Herbiziden. Herbizidanwendungen machten rund 1,9 % des Gesamt-BI aus. Der Herbizid-BI der Demonstrationsbetriebe betrug im Durchschnitt der Jahre bei 0,4. Die Herbizid-BI der Demonstrationsbetriebe waren ab 2014 signifikant niedriger als in den Vergleichsbetrieben. Die Demonstrationsbetriebe ergänzten ihre Herbizidstrategien durch mechanische Unterstockbearbeitungsverfahren und konnten so Herbizide einsparen. Zum Ende des Projektes arbeiteten 8 Betriebe auf ihren Flächen herbizidfrei. Insektizid- und Pheromonbehandlungen, welche vorrangig zur Traubenwicklerbekämpfung durchgeführt wurden, machten rund 3,5 % bzw. 2,3 % des Gesamt-BI aus. Durch die Traubenwicklerverwirrung mittels RAK-Verfahren konnten nachweislich Insektizidanwendungen eingespart werden. Auf nichtverwirrten Flächen wurden im Durchschnitt rund eine und maximal vier Insektizidanwendungen zusätzlich durchgeführt.

Die Einhaltung des notwendigen Maßes wurde im Projektverlauf dank der intensiven Beratung der Betriebe zunehmend verbessert. Rund 99 % der Pflanzenschutzmittelanwendungen entsprachen dem notwendigen Maß (2013-2018). Die anfänglichen Unsicherheiten bei der Anwendung von Akariziden, Fungiziden, Insektiziden und Herbiziden nahmen ab.

Die Auswertungen der Checklisten zur Bewertung der einzelbetrieblichen Umsetzung der JKI-Leitlinien zum IPS ergaben, dass die Betriebe jährlich sehr unterschiedliche Optimierungspotentiale aufwiesen. Im Projektverlauf verbesserten sich tendenziell alle Betriebe mit Entwicklungsspannen von 3,2 bis 15,2 %. Besonders im Bereich Laubwandmanagement, Bodenbearbeitung (Reduktion routinemäßiger Herbizidbehandlungen) und Ausweitung der Begrünungsflächen verbesserten sich die Betriebe. Des Weiteren wurden sie bzgl. regelmäßiger Befallskontrollen nach Schadschwellen sensibilisiert. Es wurden alternative Pflanzenschutzverfahren getestet und nach Möglichkeit in die betriebsübliche Pflanzenschutzstrategie integriert. Pflanzenschutzgeräte mit höheren Abdriftminderungsraten wurden von einzelnen Betrieben angeschafft. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wurde im Hinblick auf das Antiresistenzmanagement und die Nützlingsschonung verbessert. Systembedingte Defizite zeigten sich bei der Sortenwahl (s. o.) und dem regionalen Angebot von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen. Dieser Katalog könnte zukünftig durch Maßnahmen wie z. B. den Einsatz von Kulturschutznetzen, die Umsetzung eines flexiblen Begrünungsmanagements zur Biodiversitätförderung und Vorbeugung von Bodenerosion ergänzt werden. Im Projektzeitraum 2011 bis 2018 zeigte sich, wie flexibel der Weinbau auf unterschiedliche und teilweise extreme Jahreswitterung (u. a. „Kirschessigfliegenjahr“ 2014, „Peronospora-Jahr“ 2016, 2017 mit Spätfrösten im April, das extrem heiß-trockene Jahr 2018) und auf das entsprechende Schaderregerauftreten reagieren muss. Die amtlichen Rebschutzdienste werden diesbezüglich zukünftig mit der Anpassung der regionalen Pflanzenschutzstrategien und der Schädlingsüberwachung ausgelastet sein. Parallel dazu sollte intensive Forschungsarbeit geleistet werden.

9.9. Forschungs- und Förderungsbedarf

In den Demonstrationsbetrieben für Weinbau gab es Bestrebungen, die Herbizidanwendungen durch den Einsatz mechanischer Unkrautbekämpfung zu reduzieren. In den durch die Witterung unterschiedlich geprägten Projektjahren stellte sich heraus, dass es kein Universalgerät für die mechanische Unterstockbearbeitung gibt und ein Bedarf in der Entwicklung und Beurteilung verschiedener Verfahren besteht. Die Gerätehersteller kombinieren inzwischen sich ergänzende Geräte in riesige Anbaurahmen um das „Universalgerät“ zu erschaffen. Diese Gerätekombinationen werden immer größer und schwerer, was im Hinblick auf die Stockbelastung und Erosionsgefahr kritisch zu sehen ist. Bisher gibt es keine, alle Geräte umfassenden Untersuchungen zu der Wirkungsweise der verschiedenen Komponenten, wie u. a. Rollhacke, Fingerhacke oder Bürsten, bei unterschiedlichen Böden und Bodenfeuchtigkeit, als Einzelgeräte oder in Kombination, in Steillagen oder auch in Seitenhangneigungen. Zukünftig sollten Anstrengungen in der Forschung unternommen werden, um die praktische Anwendung, aber auch die Umweltverträglichkeit bezüglich

des Kraftstoffverbrauchs, der CO_2-Bilanz, der Erosionsgefährdung (vor allem bei Hangneigungen), der Stockbelastung und der Bodenbelastung durch die Überfahrten und des Bodenlebens zu untersuchen und zu bewerten. Eine wirtschaftliche Betrachtung der verschiedenen Methoden, auch im Vergleich zu Herbizidanwendungen sollte dem angeschlossen sein.

Die Winzerinnen und Winzer sind es aus Zeiten der Bandspritzung mit einem Herbizid gewohnt, mit einem Gerät bei fast allen Witterungsbedingungen und Bodenverhältnissen fahren zu können. Die Herbizid-Spritzen unterlagen auch keinem großen Verschleiß. Bei der mechanischen Bearbeitung ist dies anders. Es werden mehrere Geräte benötigt und die Verschleißkosten sind nicht unerheblich. Deshalb ist es sinnvoll, dies wissenschaftlich zu untersuchen, um den Winzerinnen und Winzern Empfehlungen geben zu können. Da jeder Weinberg unterschiedliche Bedingungen aufweist, ist es für die Winzerinnen und Winzer schwierig, die passende Methode für die herbizidfreie oder zumindest herbizidreduzierte Bearbeitung zu finden. Dies bedarf daher wissenschaftlicher Unterstützung.

Züchtungsbedarf

Die Sortenwahl im Weinbau hängt stark vom Markt, d. h. von den Absatzwegen und den Verbraucherpräferenzen ab. Die Widerstandsfähigkeit der Sorten gegenüber Schaderregern spielt dem gegenüber eine eher untergeordnete Rolle. Aus diesem Grund besteht Forschungsbedarf zur Züchtung vermarktungsfähiger, robuster Sorten. Die verfügbaren pilzwiderstandsfähigen Sorten und Sorten mit geringer Anfälligkeit sollten darüber hinaus durch neue Vermarktungsstrategien und Verbraucheraufklärung stärker am Markt positioniert werden. Die Unterlagenwahl wird sich langfristig nach Eigenschaften wie Trockenresistenz und Schaderregertoleranz richten. Die Züchtungsforschung sollte in dem Bereich entsprechend ausgerichtet werden.

Forschungsbedarf bei Entscheidungshilfen

Die Pflanzenschutzberatung einschließlich des daran angeschlossenen Warndienstes wurde am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Demonstrationsbetrieben im Weinbau genannt. Insbesondere für die meist prophylaktischen Fungizidanwendungen, aber auch für die Terminierung der Insektizidanwendungen sind die Warndienstmeldungen unerlässlich. Die Empfehlungen basieren auf Wetterdaten des örtlichen Wetterstationsnetzes, Prognosemodellen und dem Befallsmonitoring der Beratung. Ein engeres Netz an Wetterstationen und Sensoren im Weinberg könnte mehr Daten generieren, die Berechnungs- bzw. Prognosesysteme verbessern bzw. exakter arbeiten lassen und dazu beitragen, durch gezieltere Behandlungen weitere Einsparpotentiale im Pflanzenschutz zu erschließen.

Auch im Bereich der Überwachung invasiver Schädlinge sollten weiterhin Anstrengungen in der Forschung und Beratung unternommen werden. Neben der Reblaus und der Kirschessigfliege treten im deutschen Weinbau mittlerweile weitere invasive Schädlinge mit z. T. unbekanntem Schadpotential auf. Der Monitoringaufwand in den Anbauregionen sowie die Identifikation, Beschreibung und Kontrolle invasiver Schaderreger ist aufwendig und wird regional von der Offizialberatung der Länder geleistet. Auf Grund der starken Auslastung der Beratung wäre es zudem wünschenswert, die Entwicklung neuer Methoden zur Schädlingsüberwachung voranzutreiben. Hierzu zählt z. B. die Weiterentwicklung von Drohnen für diesen Bereich.

Forschungsbedarf Pflanzenschutzmittel, Pflanzenschutztechnik und Dokumentation

Im Projektzeitraum 2011 bis 2018 zeigte sich wie flexibel der Weinbau auf unterschiedliche und teilweise extreme Jahreswitterungen und auf das entsprechende Schaderregerauftreten reagieren musste. Auch zukünftig sind Veränderungen im Schaderregerauftreten, im Schaderregerspektrum (u. a. invasive Arten) und bei der Populationsdynamik, sowie bei der Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel und den Anwendungszeiträumen zu erwarten. Vorhaben wie das „Experimentierfeld DigiVine“ zur Förderung des Precision Farmings im Weinbau und das EU-Interreg V Projekt Invaprotect zum Schutz der Reben vor invasiven Schaderregern tragen bereits zur Bearbeitung einzelner zentraler Forschungsschwerpunkte bei. Die angewandte Forschung sollte darüber hinaus die Anpassung der Pflanzenschutzstrategien im Weinbau forcieren. Darin eingeschlossen werden sollten die Prüfung insektizider Wirkstoffe an invasiven Schädlingen sowie die Entwicklung neuer Fungizide. Die Applikationstechnik sollte dahingehend verbessert werden, dass die selektive Applikation von Pflanzenschutzmitteln weiterentwickelt wird und neue Applikationssysteme entwickelt werden, die die Anlagerung auf den Blättern verbessern und die Abdrift vermindern. Die am Markt bereits erhältlichen innovativen Applikationstechniken, welche schon einer Vielzahl der Anforderungen entsprechen, sollten in Praxisbetrieben erprobt und bewertet werden (z. B. Irstea „BLISS“ ein Air-Blade-Sprühsystem aus Frankreich und der Rebenschirm, ein Abdrift- und Recyclingschirm für Hang- und Steillagen).

Darüber hinaus wäre es nach Angaben der Offizialberatung wünschenswert, die Digitalisierung der Anwendung und die Dokumentation von Pflanzenschutzmittelanwendungen weiterzuentwickeln.

10. Ökonomische Auswertung

10.1. Auswirkungen der Umsetzung des IPS in den Demonstrationsbetrieben Ackerbau auf die Wirtschaftlichkeit des betrieblichen Pflanzenschutzes

10.1.1. Herangehensweise und Datengrundlage

Die Höhe der Pflanzenschutzkosten in landwirtschaftlichen Betrieben wird von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind dabei die Betriebsgröße, die Unternehmensform (AOUADI et al., 2015), die strategischen Ziele eines Betriebes (BRODT et al., 2006) oder auch die Produktionsbedingungen in einer Region (ROßBERG et al., 2007; ZIESEMER & HEILMANN, 2008; ANDERT et al., 2016) zu nennen. Hinzu kommen noch die innerhalb eines Jahres regional und lokal unterschiedlichen Wetterlagen (FREIER et al., 2015a) und das daran geknüpfte Spektrum an relevanten Schadorganismen.

Diese komplexe und unterschiedliche Ausgangssituation der am Modellvorhaben teilnehmenden Betriebe war eine Herausforderung bei der Bewertung des Nutzens der durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen. Durch den großen Umfang und die detaillierte Dokumentation des Pflanzenschutzes war es aber möglich, wichtige ökonomische Kennzahlen für die Kulturen Winterraps, Wintergerste und Winterweizen zu berechnen. So wurden im Rahmen einer Kosten-Leistungsrechnung die Pflanzenschutzkosten (PSK) und die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) je Anbauperiode und Hektar bestimmt. Durch die Analyse der Daten auf verschiedenen Auswertungsebenen (Kultur, CEPI (Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau), Betriebsgröße und Bundesland), konnten spezifische Einflüsse auf die Kostenstruktur des Pflanzenschutzes aufgezeigt werden.

Ein Vergleich mit den PSK ausgewählter Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz ermöglicht es, die Auswirkungen der Umsetzung des IPS im Rahmen des Modell- und Demonstrationsvorhabens auf die Wirtschaftlichkeit des betrieblichen Pflanzenschutzes genauer zu analysieren. Außerdem wurden Projektberichte von Landwirtinnen und Landwirten und Projektpartnerinnen und Prpjektpartnern analysiert, um jene Faktoren zu identifizieren, die den Umsetzungsgrad des IPS in den Betrieben positiv oder negativ beeinflussten.

Im ersten Schritt der ökonomischen Bewertung wurden die Leistung des Produktionsverfahrens, die Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) sowie die Arbeitserledigungskosten und die Monitoringkosten je Anbaujahr bestimmt. Anhand der genannten Kostenkomponenten wurden folgende Kenngrößen berechnet:

Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK): Preis Pflanzenschutzmittel

** Aufwandmenge Pflanzenschutzkosten (PSK) = Arbeitserledigungskosten + Monitoringkosten + PSMK*

Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) = Leistung - PSMK - Arbeitserledigungskosten – Monitoringkosten

Diese Kenngrößen konnten sowohl für einen Schlag, einen einzelnen Betrieb, ein Bundesland oder die Gesamtheit der Demonstrationsflächen berechnet werden. Aus Gründen der Anonymisierung wurde eine betriebsbezogene Darstellung der Ergebnisse ausgeschlossen. Die Ergebnisse wurden anschließend nach betrieblichen Kriterien (Betriebsgröße), Zuordnung zu einem CEPI-Cluster und Art der Grundbodenbearbeitung analysiert. Im Nachfolgenden werden die wichtigsten Elemente der Kosten-Leistungsrechnung und die der Berechnung zugrundeliegenden Datenquellen erläutert.

Bei der Berechnung der Kennzahlen für die einzelnen Projektjahre war die unterschiedliche Datengrundlage zu beachten. Die Datengrundlage für das Jahr 2012 bildeten lediglich Demonstrationsflächen aus einem Bundesland. Hier kamen regionale Besonderheiten besonders stark zur Geltung. Im Jahr 2013 kamen Demonstrationsflächen aus drei weiteren Bundesländern hinzu. In die Jahre 2014 bis 2016 gingen Daten aus allen teilnehmenden Demonstrationsbetrieben bzw. Bundesländern in die Auswertung ein. Im Jahr 2017 gingen Daten aus sechs Bundesländern, und im Jahr 2018 Daten aus drei Bundesländern in die Bewertung mit ein.

Zur Berechnung der Leistung je Anbauperiode, Hektar und Kultur wurden Ertragsdaten und Erzeugerpreise herangezogen. Als Datenquelle für die Erträge dienten die im Projekt erhobenen schlagbezogenen Erträge. Bei den Demonstrationsflächen für die keine Ertragszahlen vorlagen, wurden Erträge der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder als Datenquelle herangezogen (Tab. 37). Die Erzeugerpreise wurden den von der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI) veröffentlichten Marktbilanzen für Getreide, Ölsaaten und Futtermittel entnommen.

Tab. 37. Datengrundlage zur Berechnung der Leistung des Produktionsverfahrens in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB)

	DIPS	VGB	Einheit
Erzeugerpreis	AMI* (2011-2018)	AMI* (2011-2018)	€/t
Ertrag	DIPS-Daten, VGB-Daten, Statistische Ämter des Bundes und der Länder**		t/ha

* AMI: Marktbilanzen der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft

** Erträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte

Zur Berechnung der Kosten wurden zunächst die Direktkosten der chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen je Hektar Schlagfläche berechnet (Tab. 38). Diese lassen sich über die verwendeten Pflanzenschutzmittel, die Aufwandmenge der eingesetzten Pflanzenschutzmittel und die behandelte Schlagfläche ermitteln. Die Berechnung der Pflanzenschutzmittelpreise erfolgt auf der Grundlage der entsprechenden jährlichen Preislisten von diversen Agrarhandelsunternehmen.

Tab. 38. Berechnungsgrundlage der Kosten für Pflanzenschutzmittel (PSM) in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB)

Direktkosten PSM/a/ha	**Datenquelle DIPS**	**Datenquelle VGB**	**Einheit**
Angewendete PSM	DIPS-Daten	VGB-Daten	
Preis PSM	JKI – Pflanzenschutzmittel Datenbank		€/kg bzw. l
Aufwandmenge je ha	DIPS-Daten	VGB-Daten	kg bzw. l/ha
Zinsansatz	3%		€/ha

Im nächsten Schritt wurden die Arbeitserledigungskosten berechnet (Tab. 39). Diese umfassen Kosten, die bei der Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen anfallen. Hierzu zählen die Lohnkosten sowie die fixen Maschinenkosten (Abschreibung, Versicherung, Steuern, Wartung) und die variablen Maschinenkosten (Betriebsstoffe, Reparatur). Soweit keine Daten über die in den Betrieben eingesetzte Pflanzenschutztechnik vorhanden waren, wurde den Betrieben in Abhängigkeit ihrer Betriebsgröße (DIPS-Projekt) eine bestimmte Pflanzenschutztechnik zugeordnet (KTBL, 2012, 2014, 2016, 2018). Bei der Berechnung der Maschinenkosten je Jahr war die Anzahl der Überfahrten je Jahr und Schlag entscheidend. Diese wurden mithilfe der DIPS-Daten ermittelt.

Als letzte Kostenkomponente wurden die Kosten für den Monitoring-Prozess berechnet. Der Zeitaufwand des Monitoring-Prozesses ergibt sich aus der Vorbereitung der Bonituren (Informationsbeschaffung durch z. B. Warndienste und Prognosemodelle), dem Zeitaufwand für die Durchführung der Bonitur und dem Zeitaufwand für die Auswertung der Ergebnisse.

Die Kosten für nichtchemische Maßnahmen konnten nicht in die Kosten-Leistungsrechnung auf Flächenebene einbezogen werden, da diesbezüglich keine schlagbezogenen Daten vorlagen.

Tab. 39. Berechnungsgrundlage der Arbeitserledigungskosten für die Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und die Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB)

Arbeitserledigungskosten/ Pflanzenschutzmaßnahme	**Datenquelle DIPS**	**Datenquelle VGB**	**Einheit**
Maschinenkosten	KTBL+ DIPS-Daten		€/ha
Arbeitskosten	KTBL+ DIPS-Daten		€/ha
Überfahrten	DIPS-Daten	VGB-Daten	Überfahrten/a
Zinsansatz	Zinsansatz für das gebundene Kapital		€/ha

10.2. Ergebnisse der Leistungsrechnung

10.2.1. Erträge auf den Demonstrationsflächen und den Flächen aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz

Die erzielten Erträge je Schlag bestimmen neben den Erzeugerpreisen die Erlöse. Die Höhe des Ertrags wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Von den agronomischen Faktoren sind u. a. die Sortenwahl, die Fruchtfolgegestaltung, die Düngung, eine adäquate Bodenbearbeitung und die Pflanzenschutzstrategie von Bedeutung. Daneben spielen auch die Ackerzahl und Wetterbedingungen im Anbaujahr eine entscheidende Rolle.

Tab. 40. Mittlere Ackerzahlen der Demonstrationsflächen in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS), den Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) und den Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB)

	DIPS	Rest	VGB
Wintergerste	54,5	52,24	59,36
Winterraps	54,95	52,56	56,62
Winterweizen	57,22	56,87	59,24

Die häufigsten witterungsbedingten Gründe für Ertragsminderungen waren bis zum Jahr 2018 Hagelschäden, gefolgt von Schäden durch Nässe und Überflutungen. 2018 kam es dann zu Ertragsrückgängen aufgrund von Trockenheit.

Ein weiterer wichtiger ertragsbestimmender Standortfaktor ist die Qualität des Bodens. Die Maßzahl hierfür ist die Ackerzahl. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Erträgen und der Ackerzahl (Abb. 94). Um die Erträge der Vergleichsbetriebe und die der Demonstrationsbetriebe einzuordnen, wurden zunächst die Ackerzahlen der untersuchten Betriebe verglichen (Tab. 40). Die Vergleichsbetriebe wiesen im Schnitt leicht höhere Ackerzahlen auf. Dies resultiert bei den Kulturen Winterweizen und Winterraps aus den geringeren Ackerzahlen der Demonstrationsbetriebe aus Bundesland A.

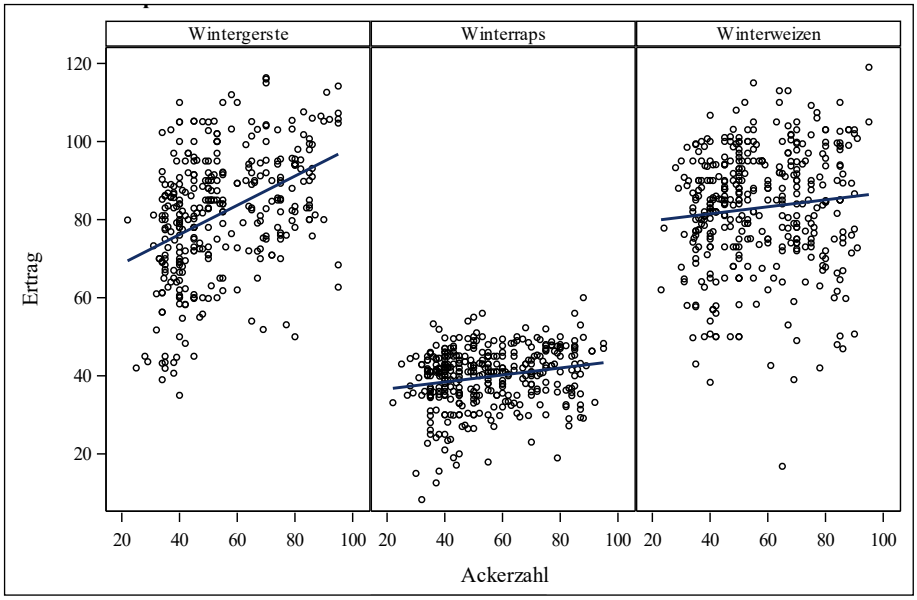


Abb. 94. Zusammenhang zwischen Ackerzahl und Ertrag (dt/ha) in Wintergerste, Winterraps und Winterweizen auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in den Jahren 2012-2018.

Der Vergleich der Ertragsentwicklung im Winterweizen zwischen den Demonstrationsflächen, den Vergleichsbetrieben und den Ertragsdaten der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Jahren 2012 bis 2018 zeigte, dass alle Demonstrationsflächen im Jahresvergleich eine parallele Entwicklung aufwiesen (Abb. 95). Die Ertragswerte der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder basierten auf den Landkreisen, in denen die Demonstrationsbetriebe beheimatet sind, und wurden entsprechend der Anzahl an untersuchten Demonstrationsflächen gewichtet. Die im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben in Bundesland A relativ niedrigen Ackerzahlen spiegelten sich bei den Erträgen kaum wider. Über den gesamten Projektverlauf waren die Erträge der Demonstrationsflächen im Winterweizen um 0,34 dt/ha geringer als die der Vergleichsbetriebe. In der Wintergerste waren die Erträge der Demonstrationsflächen um 1,73 dt/ha und im Winterraps um 0,39 dt/ha höher als

in den Vergleichsbetrieben. Große Unterschiede gab es im Jahr 2015. In diesem Jahr waren die Erträge bei den Demonstrationsflächen in allen drei Kulturen höher als in den Vergleichsbetrieben. Im Winterweizen betrug die Differenz im Jahr 2015 3,34 dt/ha und im Winterraps 1,43 dt/ha. Hier waren besonders viele Vergleichsbetriebe von Hagelschäden betroffen.

Abb. 95. Vergleich der Ertragsentwicklung auf den Demonstrationsflächen und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) mit den Ertragsdaten der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. (regionale Tiefe: Landkreise und kreisfreie Städte) in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Jahren 2012 bis 2018.

Die Qualität der Sorten hat ebenfalls einen Einfluss auf die Höhe der Erträge (Tab. 41). Eliteweizen wies insgesamt deutlich geringere Erträge als die Weizensorten anderer Qualitätskategorien auf. Über alle Demonstrationsflächen waren dies bei E-Weizensorten ca. 7,0 dt/ha weniger Ertrag als bei Qualitätsweizensorten, 13,7 dt/ha weniger als bei Brotweizensorten und 12,8 dt/ha weniger als bei Futterweizensorten. Insgesamt war die Ackerzahl der Qualitätsweizenflächen um 8,2 Punkte höher als die der E-Weizen Flächen, der Ertrag war um 7,1 dt/ha höher. Betrachtet man nur die Region, die den höchsten Anteil an E-Weizensorten aufwies, zeigte sich, dass hier die Ackerzahlen der Flächen mit Qualitätsweizen sogar deutlich niedriger waren, als die der Flächen mit E-Weizen. Trotzdem wurden beim Qualitätsweizen deutlich höhere Erträge (10,4 dt/ha) erzielt.

Tab. 41. Durchschnittliche Erträge von Winterweizen und Wintergerste (dt/ha) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), den Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) und der Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) unterteilt nach den Qualitäten (E-, A-, B-, C-Weizen) der Sorten bzw. Braugerste und Futtergerste in den Jahren 2012-2018, (n = Anzahl Flächen)

	Erträge in dt/ha Winterweizen				**Erträge in dt/ha Wintergerste**	
	E	**A**	**B**	**C**	**Braugerste**	**Futtergerste**
DIPS	75,62 (n=77)	82,75 (n=212)	89,34 (n=9)	88,45 (n=1)	73,04 (n=11)	82,22 (n=322)
Rest	78,64 (n=28)	80,08 (n=43)	83,44 (n=28	78,47 (n=3)	65,87 (n=5)	80,29 (n=72)
VGB	79,67 (n=85)	82,25 (n=128)	86,28 (n=109)	84,73 (n=40)	69,9 (n=2)	79,91 (n=310)

10.2.2. Potentielle Erzeugerpreise im Projektzeitraum

Im Rahmen des Projektes wurde keine systematische Ermittlung der tatsächlichen Vermarktungswege und der tatsächlich erzielten Preise vorgenommen. So bleibt unberücksichtigt, ob das Getreide innerbetrieblich als Viehfutter verwendet oder außerhalb des Betriebes vermarktet wurde. Es wurden auch keine Daten über die Qualität des Ernteguts und den Vermarktungszeitraum erhoben. Dementsprechend konnten nicht die tatsächlich erzielten Erlöse berechnet werden, sondern es wurden die potentiell erzielbaren Erlöse anhand potentieller Erzeugerpreise berechnet.

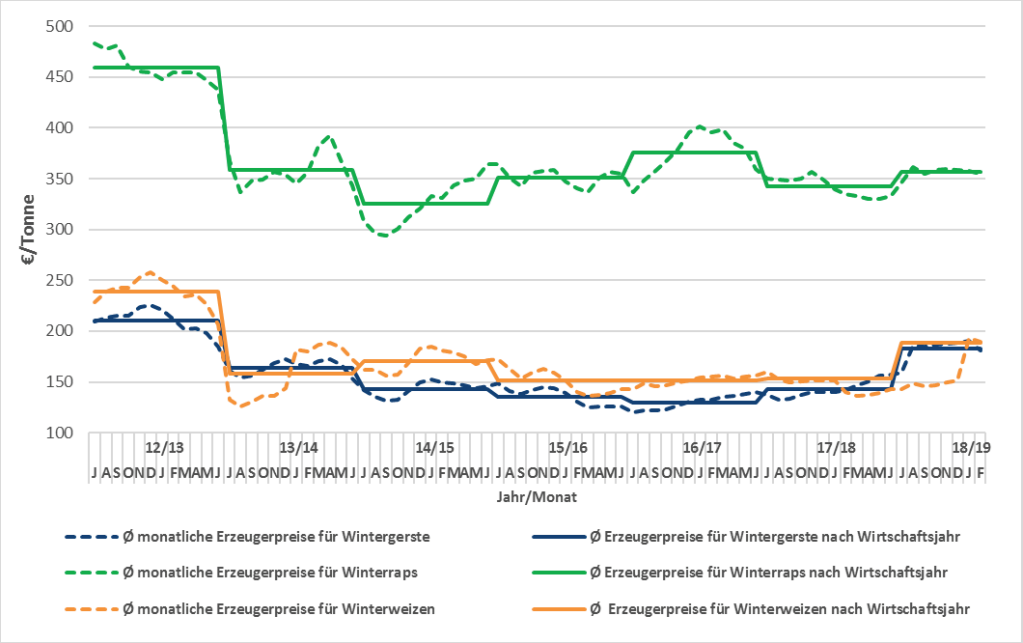


Abb. 96. Monatlicher Durchschnitt bzw. Durchschnitt je Wirtschaftsjahr der Erzeugerpreise für Wintergerste (Futtergerste), Winterweizen und Winterraps, in den Jahren 2012/13 bis 2018/19 in Euro je Tonne (Quelle: AMI-Marktbilanzen, 2016 und 2019).

Der Einfluss des Vermarktungszeitpunktes auf den Erzeugerpreis unterschied sich hinsichtlich der Kulturen (Abb. 96). In Bezug auf die Futtergerste betrug der Unterschied vom jährlichen Durchschnittspreis zum Monatspreis maximal 13 % und im Schnitt ca. 4,3 % je Monat. Beim Winterraps waren es maximal ca. 12 % und im Schnitt ca. 3,3 % je Monat. Beim Winterweizen variierten die Monatswerte im Schnitt um 7,5 % im Vergleich zu den Jahreswerten und im Maximum sogar um über 24 %. Dies verdeutlicht, wie entscheidend die Möglichkeit einer zeitlich variablen Vermarktung von Winterweizen für die Wirtschaftlichkeit des Anbaus ist.

Da der Zeitpunkt der Vermarktung und die damit verbundenen Kosten für die Einlagerung unbekannt waren, wurde auf die jährlichen Durchschnittspreise je Wirtschaftsjahr zurückgegriffen. Als Grundlage für die Berechnung der Erzeugerpreise dienten die AMI-Marktbilanzen (AMI, 2016; AMI, 2019).

Neben dem Vermarktungszeitraum ist die Qualität des Ernteguts entscheidend (Tab. 42).

Weizen wird in verschiedene Qualitätsklassen eingeteilt. Dabei unterscheidet man zwischen E-, A-, B- und C-Weizen. Elite-Weizen (E) weist die besten Backeigenschaften auf. A-Weizen ist „Qualitätsweizen“, der sich durch hohe Protein- und Sedimentationswerte auszeichnet. Demgegenüber weisen B-Weizensorten (Brotweizen) und C-Weizen (Futterweizen) geringere Qualitätsmerkmale auf. Die Einstufung in eine bestimmte Qualitätskategorie hängt von den tatsächlich erreichten Werten hinsichtlich der Qualitätsmerkmale ab.

Tab. 42. Durchschnittliche Erzeugerpreise für Winterweizen, unterteilt nach Qualitätseinstufungen in den Jahren 2011/12 bis 2018/19 Preisdifferenz (Δ) zwischen den verschiedenen Qualitätseinstufungen für Wintergetreide in Euro je Tonne (Quelle: AMI-Marktbilanzen, verschiedene Jahrgänge).

Wirtschaftsjahr		**11/12**	**12/13**	**13/14**	**14/15**	**15/16**	**16/17**	**17/18**	**18/19**
Winterweizen									
Qualitätsweizen (A)	€/t	194,0	238,5	180,0	170,5	151,3	151,2	153,7	188,2
Erzeugerpreisdifferenz									
Δ A Weizen - E Weizen	€/t	-5,80	-7,16	-10,8	-15,3	-12,1	-9,1	-6,15	-5,65
Δ A Weizen - B Weizen	€/t	4,80	3,35	2,41	9,06	3,68	3,04	2,84	2,43
Δ A Weizen - C Weizen	€/t	8,73	7,80	5,78	19,68	6,96	7,16	5,11	3,50
Wintergerste									
Futtergerste	€/t	185,6	210,1	164,1	143,2	135,6	129,7	142,7	182,9
Δ Futtergerste-Braugerste	€/t	-40,2	-13,9	-25,0	-34,6	-32,5	-43,7	-45,5	-35,5

Eine Sorte, die als E-Weizen-Sorte gekennzeichnet wird, kann also nicht zwangsläufig als Weizen der Qualitätskategorie E-Weizen vermarktet werden. Nur wenn die geforderten Qualitätskriterien auch tatsächlich erreicht werden, kann der Weizen zu einem höheren Preis vermarktet werden.

In vielen Regionen Deutschland wird auch deshalb auf den Anbau von E-Weizensorten verzichtet. In Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westphalen spielt der Anbau von Eliteweizen keine große Rolle. In Thüringen hingegen werden sehr viele E-Weizensorten angebaut.

Dies spiegelte sich auch auf den Demonstrationsflächen wieder (Abb. 97). 24 % der angebauten Sorten fallen in die Kategorie E-Weizen, die Flächen mit E-Weizen Sorten sind jedoch sehr ungleich auf die teilnehmenden Bundesländer verteilt. Umgekehrt war der Anbau von Futterweizen in Gebieten mit hohem Tierbesatz von größerer Bedeutung. So wurde nur in den Demonstrationsbetrieben aus Bundesländern mit hohem Viehbesatz Futterweizen in nennenswerten Umfang angebaut.

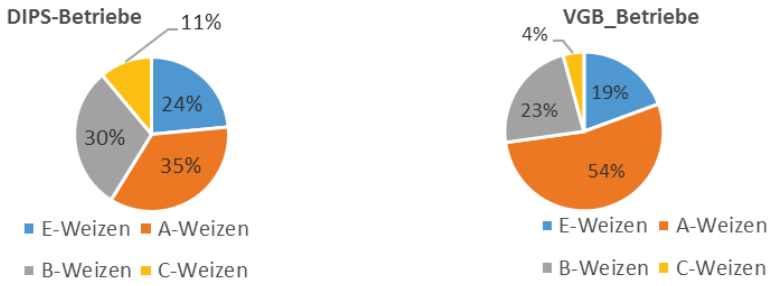


Abb. 97. Prozentuale Anteile der Qualitätseinstufungen E-, A-, B- und C-Weizen der in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und in Betrieben aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) angebauten Winterweizensorten.

Winterbraugerste (KWS Joy, KWS Liga und Wintermalt) wurde nur auf 3 % der Flächen angebaut. Die Preisentwicklung im Projektzeitraum wies für alle Kulturen und Qualitäten Gemeinsamkeiten auf. Nachdem in den Jahren 2011/2012 und 2012/2013 im Vergleich zum langjährigen Schnitt hohe Erzeugerpreise erzielt werden konnten, kam es zur Ernte 2013 zu einem Preisrückgang. In den folgenden Jahren blieben die Preise auf diesem Niveau. Hinsichtlich des Wintergetreides ist seit Beginn des Wirtschaftsjahrs 2018/2019 ein deutlicher Preisanstieg zu erkennen (Abb. 96).

10.2.3 Potentielle Erlöse im Projektzeitraum

Als Kenngröße für die ökonomische Bewertung des Pflanzenschutzes der Demonstrationsbetriebe wurde die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) verwendet. Dazu wurden zunächst die potentiellen Leistungen bzw. die Erlöse bestimmt (Abb. 98). Durch die Berücksichtigung der spezifischen Erträge und Erzeugerpreise der untersuchten Sorten bzw. Qualitäten der angebauten Kulturen wurde eine bestmögliche Vergleichbarkeit geschaffen. Da es sowohl bei den Betrieben des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz als auch den Demonstrationsbetrieben keine systematische Erfassung der Vermarktungswege bzw. des Vermarktungszeitpunktes gab, wurde auf die Berechnung von Lager- bzw. Trocknungskosten verzichtet, und es wurden jährliche Durchschnittspreise zur Berechnung der Erlöse verwendet. Die Preisunterschiede hinsichtlich der Qualitäten der abgebauten Sorten wurden bei der Berechnung berücksichtigt. Grundsätzliche ackerbauliche Zusammenhänge (witterungsbedingte jährliche Schwankungen, Ertragspotential des Bodens, Sortenwahl) spiegelten sich bei den Werten der Demonstrationsflächen ebenso wider wie bei den Flächen der Vergleichsbetriebe, so dass grundsätzlich von einer Vergleichbarkeit der Erlöse ausgegangen werden kann.

Abb. 98. Entwicklung der mittleren Erlöse auf den Demonstrationsflächen, den Restflächen der Demonstrationsbetriebe und den Flächen der Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB)
nach Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps in den Jahren 2012 bis 2018.

In den drei hier untersuchten Kulturen wurden im Jahr 2012 die höchsten Erlöse erzielt. Beim Wintergetreide konnten aufgrund des Preisrückgangs zu Beginn des Jahres 2013 die höheren Erträge der Jahre 2013-2015 und 2017 nicht in höhere Erlöse umgesetzt werden, sondern es kam zu einem Erlösrückgang. Mit der Ernte 2018 begannen die Preise für Wintergetreide wieder anzusteigen. Durch den der Trockenheit geschuldeten Ertragsrückgang konnten aber auch in diesem Jahr mit dem Winterraps keine höheren Erlöse erzielt werden. Zwischen den Bundesländern gab es erhebliche Unterschiede, die von Jahr zu Jahr stark variierten.

Die Erlöse im Wintergetreide ergaben hinsichtlich der Qualitätskriterien der angebauten Sorten ein sehr heterogenes Bild (Tab. 43). Die geringeren Erträge von E-Weizen wurden durch die höheren Erzeugerpreise weitestgehend ausgeglichen. Bei den Restflächen konnten bei den E-Weizensorten sogar die höchsten Erlöse erzielt werden. Bei den Demonstrationsflächen waren die Erlöse der B-Weizensorten am höchsten. Hinsichtlich der Flächen der Vergleichsbetriebe nahmen die A-Weizensorten den Spitzenrang ein. Die Anbauentscheidung für eine bestimmte Sorte bzw. Qualität hängt neben der Eignung des Standortes für eine bestimmte Qualität insbesondere von der Nachfrage der lokalen Vermarkter bzw. Verarbeiter (Mühlen etc.) ab.

Beim Winterraps war der Preisrückgang zu Beginn des Jahres 2013 von einer tendenziell negativen Ertragsentwicklung begleitet. Während im Wintergetreide 2015 noch sehr gute Erträge erzielt wurden, konnten im Winterraps 2015 nur durchschnittliche Erträge realisiert werden. In den Jahren 2016 und 2017 waren die Erträge insgesamt ebenfalls unterdurchschnittlich. Im Trockenjahr 2018 waren sie sogar sehr schlecht, was sich auch in den Erlösen widerspiegelte. Zwischen 2013 und 2018 wurden durchschnittlich im Schnitt nie über 1.500 Euro je Hektar erzielt.

Tab. 43. Durchschnittliche Erlöse (€/ha) auf den Flächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), den Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) und den Flächen der Betriebe aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) unterteilt nach Qualität der Sorten (E-, A-, B-, C-Weizen) in den Jahren 2012 -2018

Kultur		**Winterweizen**				**Wintergerste**	
Qualität		**E**	**A**	**B**	**C**	**Braugerste**	**Futtergerste**
DIPS	€/ha	1.339	1.366	1.415	1.335	1.363	1.197
		(n=77)	(n=212)	(n=91)	(n=17)	(n=11)	(n=322)
Rest		1.406	1.302	1.302	1.315	1.296	1.174
		(n=28)	(n=43)	(n=28)	(n=3)	(n=5)	(n=72)
VGB		1.393	1.396	1.361	1.287	1.566	1.158
		(n=85)	(n=128)	(n=109)	(n=40)	(n=2)	(n=310)

10.3. Ergebnisse der Kostenrechnung

10.3.1. Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK)

Die Datengrundlage zur Berechnung der Kosten für Pflanzenschutzmittel (PSM) je Hektar und Anbauperiode bildeten die im Demonstrationsprojekt erhobenen Daten zu den angewendeten Pflanzenschutzmitteln und Aufwandmengen. Neben der Aufwandmenge ist der Preis des Pflanzenschutzmittels in dem Jahr der Anwendung der bestimmende Faktor zur Berechnung der PSMK. Hierzu wurden Preislisten verschiedener Agrarhandels- und Dienstleistungsunternehmen wie u. a. Agravis, Wurth, Schweiger, Agrolandis oder Roth Agrarhandel untersucht. Zur Berechnung der PSMK je Hektar und Anbauperiode wurde für jedes auf der Fläche angewendete Pflanzenschutzmittel der Listenpreis je Einheit mit der Aufwandmenge je Hektar und dem Flächenanteil des behandelten Schlages am ganzen Schlag multipliziert.

Um eine einheitliche Berechnung gewährleisten zu können, wurden für die PSM-Preise jeweils die Preise für die kleinste Gebindegröße gewählt. Rabatte im Rahmen von Sonderangeboten oder Mengenrabatte blieben ebenso unberücksichtigt wie Online-Angebote. In der Praxis dürften die von den landwirtschaftlichen Betrieben gezahlten Preise unterhalb der Listenpreise liegen. Eine stichprobenartige Überprüfung anhand von Daten des LANDESBETRIEBS LANDWIRTSCHAFT HESSEN (2019) für die Jahre 2012 bis 2018 ergab, dass die PSM-Preise gemäß den Geschäftsabschlüssen der Landwirtinnen und Landwirte deutlich unter den Listenpreisen lagen (für Fungizide wurden durchschnittlich 24%, für Herbizide 19%, für Insektizide 22% und für Wachstumsregler 25% weniger bezahlt). Dabei ist zu beachten, dass die landwirtschaftlichen Betriebe in Hessen, verglichen mit der Mehrzahl der Demonstrationsbetriebe, geringere Betriebsgrößen aufweisen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2019). Der Effekt von Mengenrabatten könnte bei der Mehrzahl der Demonstrationsbetriebe dementsprechend größer sein.

Die Auswertung der PSMK erfolgte anhand verschiedener Größen, die im Projekt erfasst wurden. Dazu gehörten die Art der Bodenbearbeitung (Pflug bzw. pfluglose Bodenbearbeitung), der Betrieb der die Fläche bewirtschaftete, das Bundesland in dem der Betrieb lag, das Jahr bzw. die Anbauperiode, die Kultur und das CEPI-Cluster, in dem die

$$Kosten\ PSM_X\ je\ Hektar = Preis\ PSM_X\ in\ Euro\ je\ Einheit * Aufwandmenge\ des\ PSM_X\ in \frac{Einheit}{Hektar} * Anteil\ des\ mit\ PSM_X\ behandelten\ Schlages\ in\ Hektar$$

betreffende Fläche lag. Die Bedeutung dieser Einflussfaktoren für die Ergebnisse wurde anhand einer Varianzanalyse geprüft (Anl. 1). Dabei zeigte sich, dass alle PSM-Kategorien für die angebaute Kultur bzw. den Betrieb signifikante Effekte auf die PSMK aufwiesen. Ebenso verhielt es sich bei der Interaktion von Jahr und Bundesland. Die Bodenbearbeitung für sich betrachtet, wies nur einen signifikanten Effekt auf die Höhe der Kosten für Wachstumsregler auf. Das Anbaujahr hatte auf die Höhe PSMK in allen Pflanzenschutzkategorien bis auf die Insektizide einen signifikanten Effekt.

In Abb. 99 sind die PSMK zum einem nach Listenpreisen und zum anderen nach Listenpreisen abzüglich potentieller Rabatte berechnet, um den Einfluss möglicher Rabatte auf die PSMK zu verdeutlichen. Im Folgenden wurden die PSM-Kosten immer auf Basis der Listenpreise berechnet.

Der Winterraps unterschied sich sowohl bei der Höhe der PSMK als auch in der Gewichtung der einzelnen Pflanzenschutzmittelkategorien an den gesamten PSMK von den beiden Wintergetreidekulturen. Der Mittelwert der gesamten PSMK im Raps betrug über alle Demonstrationsflächen und Projektjahre 209 Euro je Hektar und Anbauperiode, das Maximum lag bei 305 Euro je Hektar und das Minimum bei 143 Euro je Hektar. Beim Winterweizen betrug der Mittelwert 181 Euro je Hektar und Anbauperiode, das Maximum lag bei 266 Euro je Hektar und das Minimum bei 98 Euro je Hektar. Bei der Wintergerste lagen die durchschnittlichen PSMK über alle Demonstrationsflächen und Projektjahre bei 160 Euro je Hektar und Anbauperiode. Das Maximum lag bei 242 Euro je Hektar und das Minimum bei 92 Euro je Hektar.

Während beim Wintergetreide die Fungizide den größten Anteil (45% Wintergerste bzw. 58% Winterweizen) an den PSMK hatten (Abb. 99), nahmen beim Winterraps die Herbizide den größten Anteil der PSMK ein (49%). Herbizide machten in der Wintergerste 35% und im Winterweizen 29% der gesamten PSMK aus. Insektizide hatten im Wintergetreide einen sehr geringen Anteil an den gesamten PSMK (Wintergerste 2% bzw. Winterweizen 3%). Im Winterraps waren es 11% der gesamten PSMK. Wachstumsregler machten in der Wintergerste 19% und im Winterweizen 9% der gesamten PSMK aus. Im Winterraps wurden alle Fungizide und Wachstumsregler, die bis zur Blüte angewendet worden waren, unter der Kategorie Wachstumsregler (19% der PSMK) zusammengefasst. Die Ausgaben für Pflanzenschutzmittel zur Schneckenbekämpfung spielten nur im Winterraps eine kleine Rolle (2%).

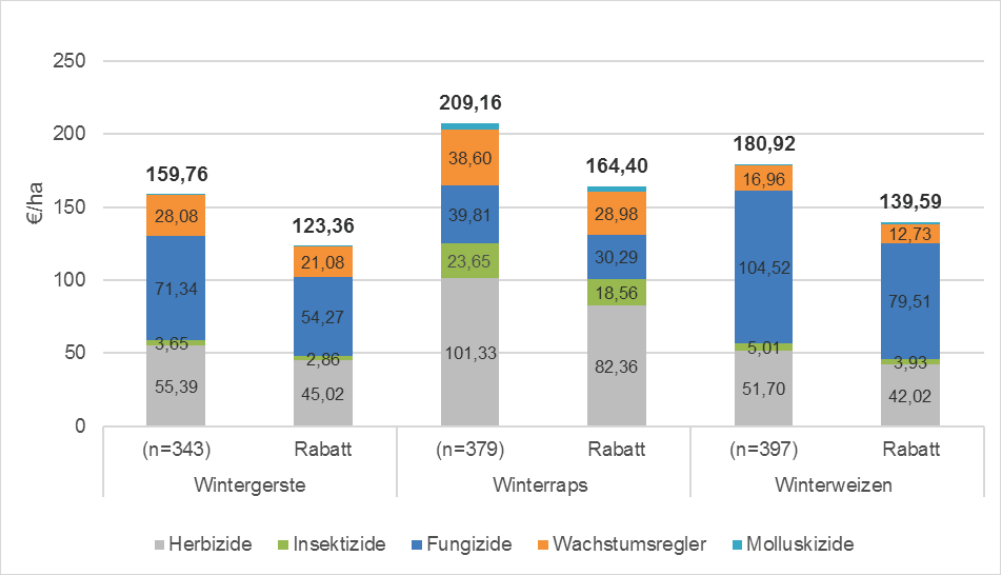


Abb. 99. Vergleich der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz in Euro je Hektar und Anbauperiode

berechnet nach Listenpreisen bzw. Listenpreisen abzüglich Rabatten, unterteilt nach Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und Pflanzenschutzmittelkategorien (Zeitraum 2012-2018, n = Anzahl Demonstrationsflächen).

10.3.1.1 Pflanzenschutzmittelkosten nach Kultur und Jahren

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der PSMK fällt bei allen Kulturen auf, dass die Jahre 2013 und 2014 die höchsten PSMK aufwiesen (Abb. 100). In diesen Jahren zeigten sich auch im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben die geringsten Einsparungen. Die Jahre 2016 und 2017 wiesen hingegen signifikant niedrigere PSMK auf. Die Faktoren, die für die unterschiedlichen PSMK in den Projektjahren verantwortlich waren, unterschieden sich in den einzelnen PSM-Kategorien.

Herbizide

Durch strengere Regularien bezüglich clomazonehaltiger Präparate wurden neue Herbizidstrategien implementiert (MEINLSCHMIDT, 2018), was zunächst zu einem Anstieg der Kosten führte. Außerdem setzte die Beratung durch die Projektbetreuung bei 12 von 17 Betrieben erst in der zweiten Jahreshälfte des Jahres 2014 ein, so dass von dieser Seite zunächst nur wenige Impulse zur Reduzierung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gegeben werden konnten. Vor allem beim Winterraps war nach dem Jahr 2013 ein Rückgang der Herbizidkosten zu beobachten. Im Erntejahr 2013 beliefen sie sich auf 120 Euro je Hektar und Anbauperiode. Bis 2018 kam es zu einem kontinuierlichen Rückgang auf 89 Euro je Hektar und Anbauperiode. Hinsichtlich der Wintergerste gab es einen starken Rückgang der Herbizidkosten von der Anbauperiode 2013 auf 2014 (minus 17 Euro je Hektar und Anbauperiode). In den Jahren 2013 bis 2018 lagen die Herbizidkosten auf einem ähnlich niedrigen Niveau. Beim Winterweizen war dieser Rückgang ebenfalls zu beobachten. Ein Grund für den Rückgang ist der vermehrte Verzicht auf Totalherbizide bei der Stoppelbearbeitung bzw. der Saatbettvorbereitung. So konnten Überfahrten und Kosten für Herbizide eingespart werden.

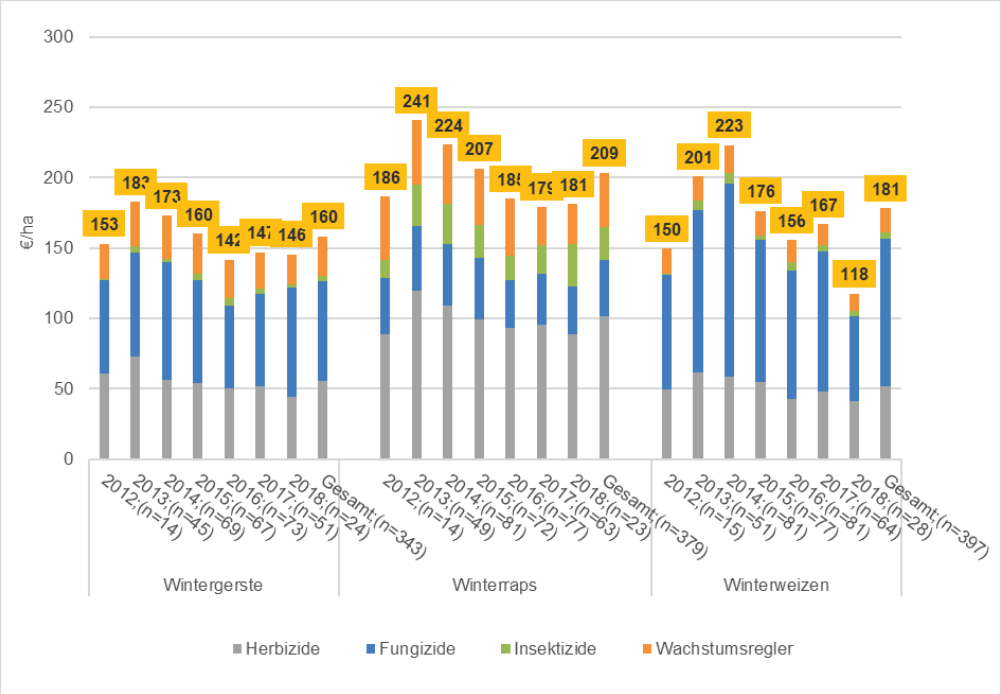


Abb. 100. Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Hektar und Anbauperiode und Pflanzenschutzmittelkategorie für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz unterteilt nach Kultur und Anbauperiode für die Jahre 2012-2018.

Fungizide und Wachstumsregler

Im Winterraps ähnelte der Kostenverlauf der angewendeten Fungizide dem der Herbizide. Der Höchstwert trat im Jahr 2014 auf (46 Euro je Hektar). Bis 2018 sank dieser Wert kontinuierlich bis auf 34 Euro je Hektar. Im Wintergetreide führte ein starker Infektionsdruck im Jahr 2013 durch *S. tritici* zu erhöhten PSM-Kosten. Ab den Jahren 2014 bzw. 2015 kam es verstärkt zu einem hohen Infektionsdruck durch Gelbrost, der teilweise auch bisher als resistent eingestufte Sorten betraf (MOHR, 2016, BUNDESSORTENAMT, 2018). Im Jahr 2014 stiegen die Fungizidkosten im Winterweizen auf rund 137 Euro je Hektar an. Vor allem in den Jahren 2016 bis 2017 lagen die Mittelwerte für die Fungizidkosten in

allen Kulturen größtenteils unterhalb des Durschnitts des Projektes. Für das Jahr 2018 sind außerdem die besonderen Wetterbedingungen zu beachten, die im Winterweizen den Befallsdruck durch pilzliche Schaderreger stark verminderten, so dass auf Fungizidmaßnahmen teilweise vollständig verzichtet werden konnte. Bei den Kosten für Wachstumsregler ist eine ähnliche Tendenz, wie bei den oben genannten Pflanzenschutzkategorien zu verzeichnen, allerdings ist diese weniger stark ausgeprägt.

Insektizide

Die Überwachung von Schadinsekten war neben den Bonituren nach pilzlichen Schaderregern ein essentieller Bestandteil des Projektes. Durch die intensiven Befallskontrollen und die Beratung der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer konnten PSMK eingespart werden. Besonders relevant sind Insektizide im Winterraps. Im Jahr 2013 stiegen die PSMK zunächst von 13 Euro je Hektar im Jahr 2012 auf 30 Euro je Hektar an, in den Jahren 2014 bis 2017 lagen sie im Schnitt dann bei ca. 23 Euro je Hektar und Anbauperiode.

10.3.1.2. Pflanzenschutzmittelkosten nach Bundesländern

Gerade beim Monitoring und der Umsetzung innovativer Maßnahmen spielte der Projektinput durch die Pflanzenschutzdienste eine große Rolle. Infolge unterschiedlicher Beratungsstrukturen und unterschiedlicher Beratungsschwerpunkte der Pflanzenschutzdienste sowie wechselnder Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer waren der Input der Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer und die durch sie angeregten Maßnahmen sehr unterschiedlich. Auch gibt es länderspezifische Strukturen in der privaten Beratung durch den Landhandel. Außerdem ähneln sich die teilnehmenden Betriebe aus einem Bundesland oft in Bezug auf Betriebsgröße und Betriebsstrukturen. Dies betrifft den institutionellen Aspekt, der die Höhe der PSMK bundeslandspezifisch beeinflusst.

Tab. 44. Prozentuale Veränderung der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
für die Kategorien Insektizide, Fungizide, Herbizide und Wachstumsregler je Bundesland im Vergleich zu den mittleren PSMK aller Demonstrationsflächen, unterteilt nach Kultur (2012-2018), Anzahl der Demonstrationsflächen (n)

	Bundesland	Anzahl	Herbizid-kosten	Fungizid-kosten	Insektizid-kosten	Wachstumsreglerkosten	PSMK
Wintergerste	F	n=36	-11 %	-9 %	65 %	-50 %	-15 %
	A	n=74	-6 %	3 %	-64 %	-13 %	0 %
	B	n=36	-8 %	0 %	63 %	-4 %	-2 %
	C	n=60	22 %	26 %	65 %	30 %	26 %
	D	n=41	9 %	7 %	0 %	-38 %	-3 %
	G	n=40	6 %	10 %	-16 %	34 %	13 %
	E	n=56	-9 %	-37 %	-10 %	15 %	-17 %
Winterraps	F	n=42	-12 %	-51 %	16 %	16 %	-7 %
	A	n=74	-3 %	7 %	1 %	-9 %	-3 %
	B	n=41	-7 %	-8 %	7 %	-50 %	-15 %
	C	n=65	4 %	13 %	-18 %	17 %	9 %
	D	n=40	-32 %	19 %	-34 %	-17 %	-18 %
	G	n=44	9 %	2 %	50 %	-15 %	6 %
	E	n=73	19 %	1 %	-6 %	27 %	12 %
Winterweizen	F	n=46	-23 %	1 %	6 %	-57 %	-10 %
	A	n=74	11 %	-7 %	-47 %	6 %	-2 %
	B	n=42	-12 %	-11 %	52 %	-7 %	-10 %
	C	n=72	7 %	21 %	62 %	-24 %	14 %
	D	n=45	23 %	8 %	-31 %	64 %	18 %
	G	n=43	-19 %	-18 %	-33 %	-2 %	-18 %
	E	n=75	-3 %	-16 %	-32 %	11 %	-11 %

Ein weiterer Aspekt waren die naturräumlichen Gegebenheiten innerhalb der Bundesländer. Ein Bundesland ist zwar hinsichtlich vieler wichtiger befallsbestimmender Faktoren im Vergleich zu den CEPI-Clustern nicht als einheitliches Gebiet zu sehen, es bestehen aber dennoch zwischen vielen Betrieben eines Bundeslandes Gemeinsamkeiten hinsichtlich der kostenbestimmenden Standortfaktoren.

Tab. 44 zeigt die prozentuale Veränderung der mittleren PSMK der Demonstrationsflächen der teilnehmenden Bundesländer im Vergleich zu den mittleren PSMK aller Demonstrationsflächen, die im selben Zeitraum Teil des Projektes waren. Der Vergleich der PSMK je Bundesland zeigte kein einheitliches Bild, vielmehr waren die Ergebnisse je nach Kultur und Pflanzenschutzkategorie sehr unterschiedlich.

Im Wintergetreide wies das Bundesland E im Mittel über alle Projektjahre hinweg geringere PSMK auf, als der Durchschnitt aller Demonstrationsflächen aus den Jahren 2013-2017. Dies ist vor allem auf die Reduktion der Kosten für Fungizide und in einem kleineren Umfang auf die Reduktion der Kosten für Insektizide und Herbizide zurückzuführen. Die Kosten für Wachstumsregler verkleinerten den Minderungseffekt. Hier lag das Bundesland E im Wintergetreide über dem Durchschnitt aller Demonstrationsflächen. Im Winterraps hingegen liegen die PSMK 12 % über dem DIPS-Durchschnitt. Hier waren die Kosten für Herbizide bzw. Wachstumsregler ausschlaggebend. Während des gesamten Projektverlaufes war eine kontinuierliche Tendenz hin zu niedrigeren PSMK zu erkennen (Abb. 101).

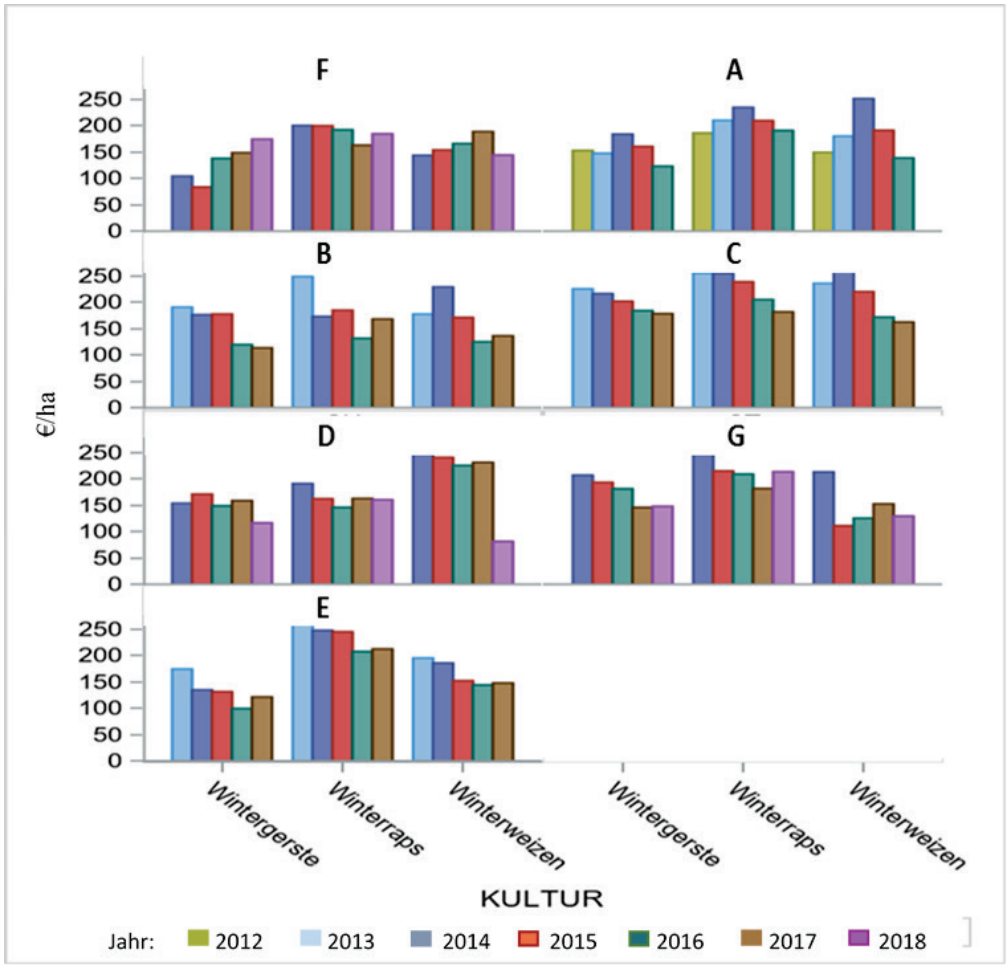


Abb. 101. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz im Projektzeitraum unterteilt nach Bundesländern (A bis G) und Kulturen und Jahren.

Wie im Bundesland E waren die PSMK im Bundesland G im Wintergetreide geringer und im Winterraps höher als der DIPS-Durchschnitt (2013-2017). Im Gegensatz zum Bundesland E lagen die Kosten für Wachstumsregler bei allen drei Kulturen unter dem Schnitt. Die Mehrkosten im Winterraps stammten zu einem großen Teil aus Mehrkosten für die Anwendung von Insektiziden. Während in der Wintergerste über den Projektzeitraum hinweg eine kontinuierliche Kostensenkung zu verzeichnen war, stellte sich die Situation im Winterraps und Winterweizen anders dar. Hier gab es jeweils im zweiten Projektjahr eine deutliche Kostensenkung, danach blieben die Kosten für Pflanzenschutzmittel auf einem gleichbleibenden Niveau (Winterraps) bzw. stiegen wieder an (Winterweizen).

Die Kosten für Pflanzenschutzmittel im Winterraps im Bundesland D lagen deutlich unter dem DIPS-Durchschnitt (2014-2018). Im Herbizid- bzw. Insektizid-Bereich lagen die Kosten über 30 % unter dem DIPS-Durchschnitt (2014-2018). Nur im Fungizid-Bereich waren die Kosten im Winterraps vergleichsweise höher. In der Wintergeste lagen die durchschnittlichen Kosten für Insektizide, Wachstumsregler und Herbizide ebenfalls unter dem DIPS-Durchschnitt (2014-2018), und die Kosten für Fungizide über dem DIPS-Schnitt. Im Jahr 2018, das durch eine sehr geringe Pflanzenschutzintensität im Winterweizen gekennzeichnet war, lagen die PSMK der Demonstrationsflächen aus dem Bundesland D deutlich über dem Schnitt. Durch die klimatischen Bedingungen wurde die Gefahr von Lager im Bundesland D als sehr hoch eingestuft. Lagerndes Getreide erhöht die Ernte- und Trocknungskosten und kann die Qualität des Ernteguts negativ beeinflussen. Der Einsatz von Wachstumsreglern wird in einigen Bundesländern von den Pflanzenschutzdiensten als Standardmaßnahme empfohlen (STROTMANN, 2019a, 2019 b), wohingegen der Einsatz von Wachstumsreglern in anderen Bundesländern mit anderen klimatischen Gegebenheiten nur bedingt empfohlen wird.

Die PSMK im Bundesland C waren, verglichen mit dem Projektdurchschnitt, relativ hoch. In allen drei Kulturen lagen sie über dem Projektdurchschnitt. Auffällig war der kontinuierliche Rückgang der Kosten ab dem Jahr 2015. Neben den

natürlichen Standardfaktoren und den betrieblichen Pflanzenschutzstrategien gab es auch projekt- bzw. betriebsspezifische Gründe für die relativ hohen PSMK.

Die PSMK in Bundesland B lagen bei allen drei Kulturen unter dem Projektdurchschnitt. Es wurden nur für die Kategorie Insektizide höhere PSMK berechnet. Neben den geringeren Kosten in der Kategorie Herbizide wurden deutlich geringere Kosten für die Kategorie Wachstumsregler im Winterweizen erzielt. Im Wintergetreide konnte man die Projektjahre hinsichtlich der PSMK in zwei Teilbereiche unterteilen. In den Jahren 2013-2015 waren die PSMK der Demonstrationsflächen im Bundesland B auf einem sehr hohen Niveau. In den Jahren 2016 und 2017 waren in allen untersuchten Kulturen deutlich niedrigere Kosten zu verzeichnen.

Die durchschnittlichen PSMK im Bundesland A bewegten sich nahe am Projektdurchschnitt. Überproportional niedrige Werte ergaben sich für den Einsatz von Insektiziden im Wintergetreide. Auffällig an den Ergebnissen in Bundesland A war, dass es keine Entwicklung hin zu geringeren PSMK gab. Dies lässt sich vor allem auf die Projektjahre 2013 und 2014 zurückführen. Diese Jahre waren durch einen hohen Befallsdruck gekennzeichnet und führten zunächst zu einem Anstieg der PSMK auf den Demonstrationsflächen im Bundesland A.

Die PSMK auf den Demonstrationsflächen im Bundesland F lagen bei allen drei Kulturen unter dem Projektdurchschnitt. Ähnlich wie im Bundesland B wurden nur für die Kategorie Insektizide höhere PSMK berechnet. Im Wintergetreide waren die Kosten für Wachstumsregler und Herbizide auffallend gering. Die PSMK für Fungizide im Winterraps waren außerdem die niedrigsten im Projekt. Auffällig war, dass es keinen klaren zeitlichen Gradienten hin zu geringeren Kosten gab.

10.3.1.3 Pflanzenschutzmittelkosten nach CEPI-Clustern

Die CEPI-Cluster (Abb. 102) stellen eine Unterteilung der Ackerfläche Deutschlands in Cluster dar. Die Cluster wurden anhand von klimatischen und geologischen Faktoren ausgewählt, welche die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erheblich beeinflussen (DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2019).

Analog zu den Bundesländern wurden die PSMK je Kultur und Jahr für die einzelnen CEPI-Cluster im Verhältnis zum Projektdurchschnitt je Kultur und Bundesland berechnet. Die gesamten PSMK in den Clustern C, D und E unterschieden sich signifikant von denen in B, A und F. Außerdem gab es noch signifikante Unterschiede zwischen dem Cluster A und dem Cluster F.

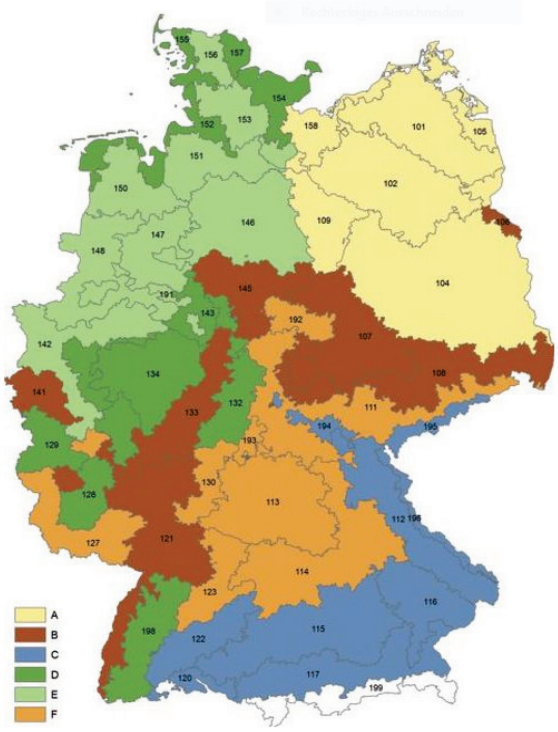


Abb. 102. Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität im Ackerbau (CEPI).

Um die Anonymität der Demonstrationsbetriebe zu gewährleisten wurden für den Vergleich der Unterschiede zwischen den Clustern die Jahre 2012 und 2018 nicht berücksichtigt. Die gesamten PSMK im Winterweizen in den

Clustern E und D unterschieden sich signifikant von denen in B und F. In den Clustern E und D lagen die Gesamtkosten über alle Projektjahre hinweg bei 20 % bzw. 17 % über dem Projektdurchschnitt. Region E hatte bei den Insektiziden die höchste prozentuale Differenz gegenüber dem Projektdurchschnitt. Region D wies bei den Wachstumsreglern die höchste prozentuale Differenz auf. Für die höheren gesamten PSMK waren jedoch vor allem die Fungizid- bzw. Herbizidkosten verantwortlich.

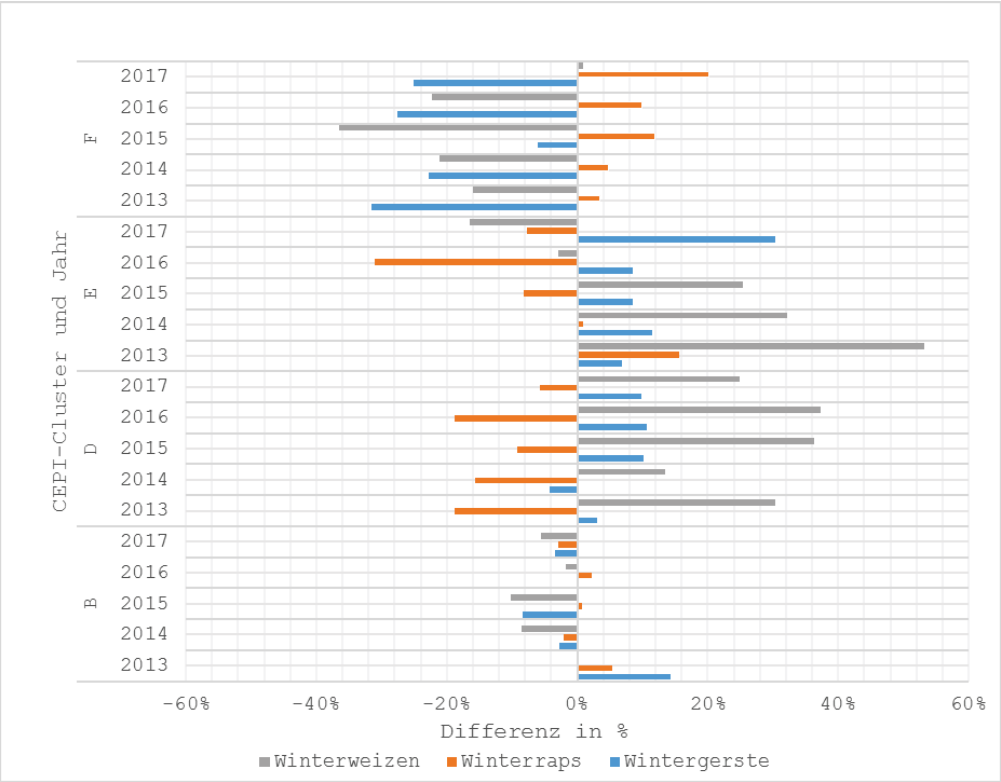


Abb. 103. Prozentuale Differenz der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Kultur, CEPI-Cluster und Pflanzenschutzmittelkategorie zum Durchschnitt aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und CEPI-Cluster im Projektverlauf (2013-2017).

In der Wintergerste gab es nur signifikante Unterschiede von Cluster F zu allen anderen Clustern. Die PSMK im Cluster F lagen um 10 % höherer als der Schnitt aller Cluster und Projektjahre. Betrachtet man die Herbizidkosten in der Wintergerste, fiel auf, dass die Cluster B und E, die im Winterweizen vergleichsweise hohe Kosten für Herbizide aufwiesen, in der Wintergerste geringere Kosten für Herbizide aufwiesen. Die Entwicklung der prozentualen Differenzen der PSMK je Kultur, CEPI-Cluster und Pflanzenschutzmittelkategorie im Vergleich zu dem Durchschnitt aller Demonstrationsflächen je CEPI-Cluster verlief im Projektverlauf innerhalb der CEPI-Cluster sehr unterschiedlich (Abb. 103). In den Clustern F und D veränderten sich die Kostendifferenzen zum Projektschnitt zwar von Jahr zu Jahr, die grundsätzliche Einordnung im Vergleich zum Projektschnitt blieb jedoch gleich. Cluster F wies beispielsweise geringere Kosten beim Wintergetreide und höhere beim Winterraps auf. In den Clustern D verhielt es sich genau umgekehrt. Die Kosten für Pflanzenschutzmittel im Winterweizen im Cluster E lagen in den Jahren 2013-2015 über dem Projektdurchschnitt, in den Jahren 2016 und 2017 unter dem Projektdurchschnitt. In Cluster B waren die Kosten für Pflanzenschutzmittel im Winterweizen durchgehend niedriger als der Projektdurchschnitt. Im Winterraps bzw. in der Wintergerste variierten die Ergebnisse zwischen den Jahren und es war keine klare Tendenz erkennbar.

10.3.1.4. Vergleich der Kosten für Pflanzenschutzmittel auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz

In den Pflanzenschutzmittelkategorien Herbizide (H), Fungizide (F), Insektizide (I) und Wachstumsregler (W) gab es signifikante Unterschiede zwischen den PSMK der Demonstrationsflächen und den Flächen der Vergleichsbetriebe (Anl. 32). Im Folgenden werden Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz beschrieben. Im Wintergetreide hatten die Fungizide den höchsten Anteil an den PSMK (Abb. 104).

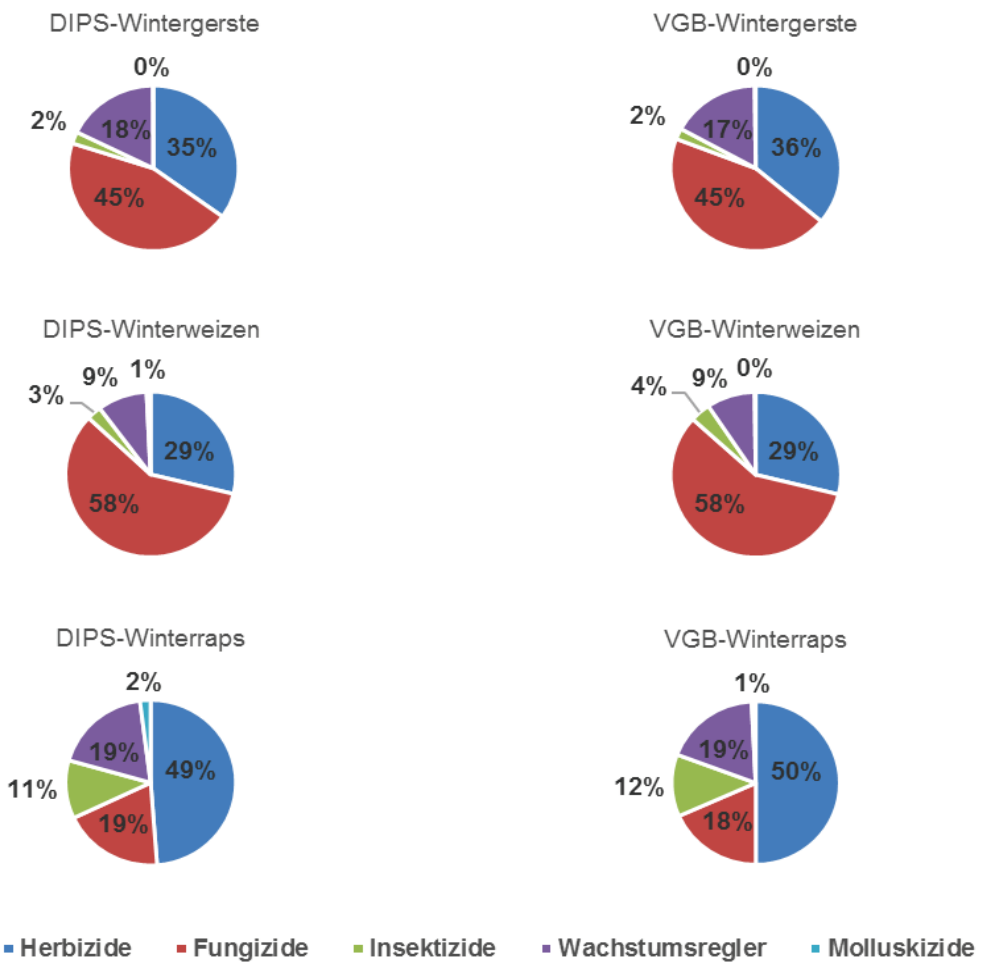


Abb. 104. Anteile der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Pflanzenschutzmittelkategorie an den gesamten PSMK in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen im Vergleich zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB).

Im Winterweizen lag der Kostenanteil sowohl bei den Demonstrationsflächen als auch bei den Flächen der Betriebe Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) bei 58 %.

Bei der Wintergerste waren es 45 %. Die zweite große Kostenkomponente im Wintergetreide waren die Herbizide, die 29 % der PSMK im Winterweizen und 35 % (Demonstrationsflächen) bzw. 36 % (VGB-Flächen) bei der Wintergerste ausmachten. Wachstumsregler nahmen bei der Wintergerste 17 % bzw. 9 % im Winterweizen der PSMK ein. Die Kosten für Insektizide waren im Wintergetreide von untergeordneter Bedeutung. Im Winterraps betrug der Anteil der Herbizide an den gesamten PSMK ca. 50 %. Fungizide bzw. Wachstumsregler und als Wachstumsregler angewendete Fungizide machten jeweils ca. 38 % der PSMK aus. Die Kosten für Insektizide (11 % Demonstrationsflächen bzw. 12 % VGB-Flächen) hatten nur im Winterraps einen bedeutenden Anteil an den gesamten PSMK. Bei den prozentualen Anteilen der einzelnen PSM-Kategorien an den PSMK gab es marginale Unterschiede zwischen den Demonstrationsflächen und VGB-Flächen.

In allen Kulturen waren die PSMK auf den Demonstrationsflächen geringer als auf den VGB-Flächen (Tab. 45, Tab. 46). In der Kultur mit den vergleichsweise geringsten Ausgaben für Pflanzenschutzmittel, der Wintergerste, betrugen die Kosten für Pflanzenschutzmittel bei den Demonstrationsflächen im Schnitt ca. 159,72 Euro je Hektar und bei den VGB-Flächen 204,71 Euro je Hektar Dies entspricht einem Kostenunterschied und einer Reduzierung in den Demonstrationsbetrieben um 23 % (Tab. 46). Im Winterraps betrugen die Kosten für Pflanzenschutzmittel bei den Demonstrationsflächen im Schnitt ca. 209,16 Euro je Hektar und bei den VGB-Flächen 244,63 Euro je Hektar. Dies entspricht einer Kostenreduzierung um 15 %. Im Winterweizen betrugen die Kosten für Pflanzenschutzmittel bei den Demonstrationsflächen im Schnitt ca. 180,92 Euro je Hektar und bei den VGB-Flächen 226,38 Euro je Hektar, was eine eine Kostenreduzierung um 21 % bedeutet.

Tab. 45. Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und auf den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB-Flächen) dargestellt als Mittelwerte (MW) mit Anzahl der Flächen (n) Standardabweichung (s), sowie Minimum (Min) und Maximum (Max) über alle Projektjahre

Kultur	Anzahl	MW	s	Min	Max
	n	€/ha			
	Demonstrationsflächen				
Wintergerste	343	159,72	51,37	34,37	311,88
Winterraps	379	209,16	57,85	60,85	362,30
Winterweizen	397	180,92	64,04	22,70	404,51
	VGB-Flächen				
Wintergerste	315	204,71	38,10	32,86	319,57
Winterraps	332	244,63	50,40	112,71	440,38
Winterweizen	363	226,38	64,12	49,36	416,23

Im Winterweizen und im Winterraps lagen die Minimalkosten der Demonstrationsflächen deutlich unter denen der Vergleichsbetriebe (Winterraps 60,85 zu 112,71 Euro je Hektar und Winterweizen 22,70 zu 49,36 Euro je Hektar).

Tab. 46. Kostendifferenz der durchschnittlichen Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha, %) zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den untersuchten Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen (2012-2018)

Kultur	Δ Kostendifferenz: Demonstrationsflächen - VGB-Flächen	
Wintergerste	44,99 €/ha	23 %
Winterraps	35,47 €/ha	15 %
Winterweizen	45,46 €/ha	21 %

Betrachtet man die Entwicklung der Kostendifferenz im Projektverlauf, erkennt man, dass das Jahr 2013 in allen Kulturen die geringsten Kostendifferenzen aufweist (Abb. 105).

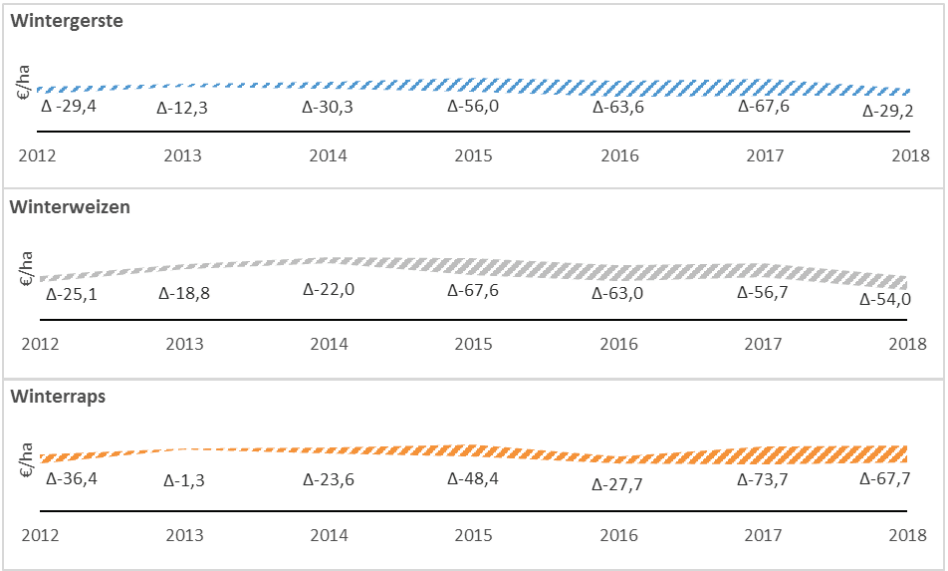


Abb. 105. Entwicklung der Kostendifferenz (Δ) zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen (2012 bis 2018).

Eine weitere Gemeinsamkeit in allen Kulturen war, dass ab dem Jahr 2015 deutlich höhere Einsparungen erzielt werden konnten. Im Winterweizen betrug die durchschnittliche Kostendifferenz in den Jahren 2012 bis 2014 22 Euro je Hektar, in den Jahren 2015 bis 2018 stieg dieser Wert auf 60 Euro je Hektar an. Im Winterraps stieg die Kostendifferenz von 20 Euro je Hektar auf 54 Euro je Hektar an und bei der Wintergerste von 24 Euro je Hektar auf 54 Euro je Hektar. Diese Entwicklung kann als Indiz gewertet werden, dass die Maßnahmen, die im Projekt zur

Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes ergriffen worden sind, wirksam waren und zu einer Senkung der PSMK geführt haben. Deutliche Unterschiede waren bei den Kulturen hinsichtlich der Jahre mit der größten Kostendifferenz erkennbar. Im Winterweizen wies das Jahr 2015 eine Kostendifferenz von 67 Euro je Hektar auf. So wurden für den Winterraps in der Anbauperiode 2016/2017 mit fast 74 Euro je Hektar und für die Wintergerste ebenfalls in der Anbauperiode 2016/2017 mit fast 68 Euro je Hektar die größten Kostendifferenzen ermittelt.

Die verschiedenen Pflanzenschutzmittelkategorien hatten in den einzelnen Projektjahren einen unterschiedlichen Einfluss auf die Höhe der Kostendifferenz. In den Abb. 106 bis Abb. 108 sind die Anteile der verschiedenen Pflanzenschutzmittelkategorien an der Kostendifferenz je Jahr und Kultur dargestellt.

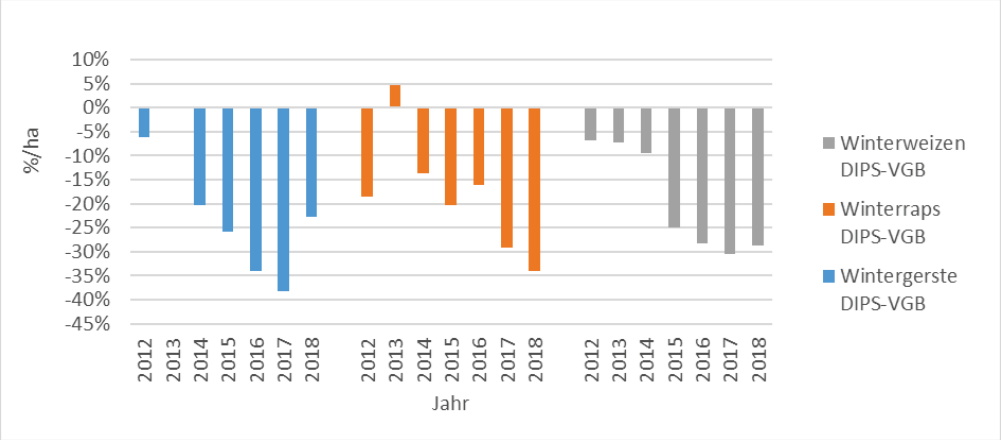


Abb. 106. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) je Hektar für Herbizide in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen in den Jahren 2012-2018.

Ein großer Teil der Kostendifferenz ließ sich auf die Reduzierung der Kosten für Herbizide zurückführen. Ab dem Jahr 2014 lagen die Kosten für Herbizide je Hektar in der Wintergerste auf den Demonstrationsflächen im Schnitt jedes Jahr über 20 % unter denen der VGB-Flächen (Abb. 106). Im Maximum waren es sogar über 35 %. Im Winterraps lagen die maximalen Kostendifferenzen für Herbizide im Jahr 2018 bei fast 35 %. Bis auf das Jahr 2013, in dem die Demonstrationsflächen sogar höhere Kosten aufwiesen, konnte im Winterraps jedes Jahr eine Kostendifferenz von 14 % und höher festgestellt werden. Im Winterweizen stellte sich die Situation ähnlich dar, wie bei der Wintergerste. Ab dem Jahr 2015 konnten Kosteneinsparungen über 25 % festgestellt werden. Bei den Herbiziden konnten, verglichen mit den anderen Pflanzenschutzmittelkategorien, auch die meisten Überfahrten je Anbauperiode eingespart werden. Im Winterraps waren dies im Schnitt 0,44 Überfahrten, in der Wintergerste 0,26 Überfahrten und im Winterweizen 0,15 Überfahrten je Hektar und Anbauperiode weniger als bei den Vergleichsbetrieben.

Der Rückgang der Überfahrten ist auf den vermehrten Einsatz mechanischer Verfahren zur Grundbodenbearbeitung zurückzuführen. Durch den Einsatz bzw. die Investition in entsprechende Technik konnten viele Betriebe ganz oder teilweise auf die Anwendung von Totalherbiziden verzichten.

Wie bei den Herbiziden konnten auch bei den Fungiziden im Wintergetreide große Kostendifferenzen festgestellt werden (Abb. 107). Hier waren im Wintergetreide ab dem Jahr 2015 die größten Kostendifferenzen zu verzeichnen. In allen untersuchten Kulturen lagen die Kosten für Fungizide je Hektar und Jahr auf den Demonstrationsflächen im Schnitt der Jahre 2015 bis 2018 bei ca. 25 % unter denen der VGB-Flächen. Ein Punkt auf den ein besonderes Augenmerk gelegt wurde, war auch die Reduzierung der Anwendung von Wachstumsreglern. Im Wintergetreide liegt die Kostendifferenz hier bei ca. 18 % und im Winterraps bei 12 %.

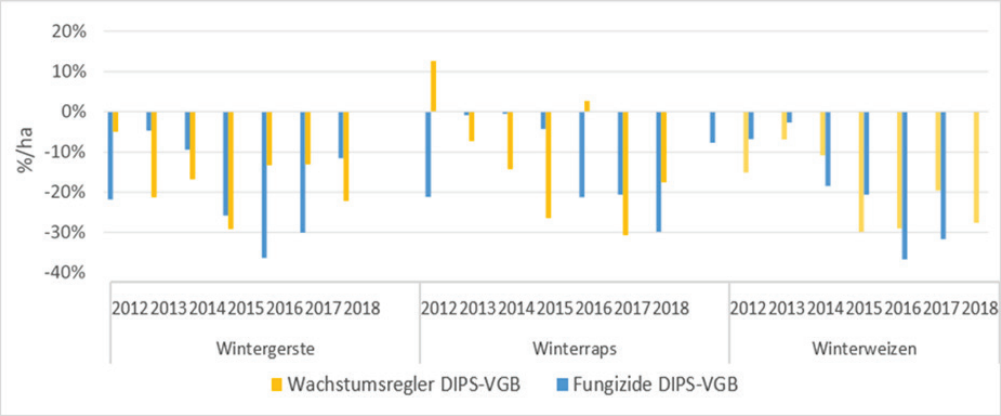


Abb. 107. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) für Fungizide und Wachstumsregler je Hektar in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen in den Jahren 2012-2018.

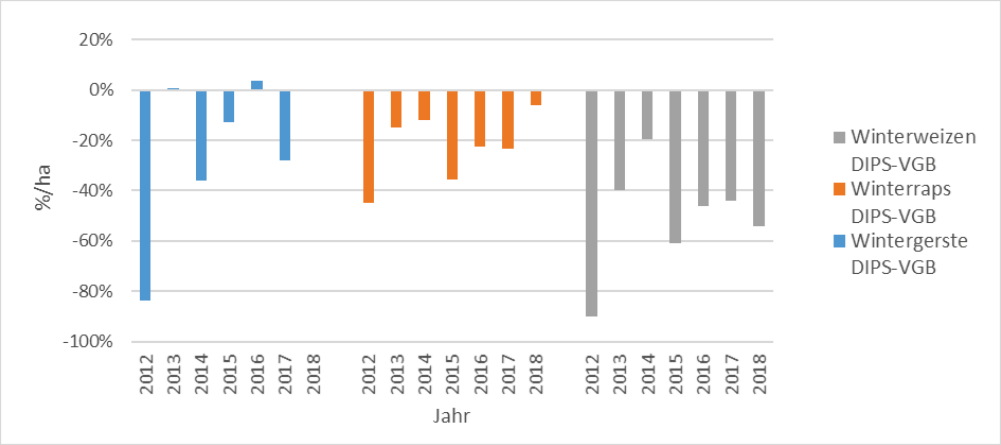


Abb. 108. Prozentuale Kostendifferenz zwischen den Vergleichsbetriebsflächen (VGB) und den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) für Insektizide je Hektar nach Kultur und Jahr.

In der Pflanzenschutzmittelkategorie Insektizide konnten in allen drei Kulturen Kostendifferenzen festgestellt werden. Aufgrund der geringen Anwendung von Insektiziden im Wintergetreide waren die wirtschaftlichen Vorteile aber eher gering. Wirtschaftlich bedeutend waren sie hingegen im Winterraps (Abb. 108). Zum einen verursacht die Anwendung Kosten und zum anderen, und das ist von größerer Bedeutung, haben Insekten im Winterraps ein enormes Schadpotential. Dementsprechend hoch wiegt das Risiko eines Befalls im Vergleich zu potentiellen Kosteneinsparungen in diesem Bereich. Im Schnitt wurde über alle Projektjahre hinweg eine Kostendifferenz von 23 % zwischen den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen ermittelt. Dies ist auf das intensive Insektenmonitoring im Projekt zurückzuführen.

10.3.1.5. Kosten der Saatgutbeizung

Als primäre Datenquelle zur Bestimmung der Kosten der Saatgutbeizung dienten die Angaben der Demonstrationsbetriebe zur eingesetzten Beize, zur Aufwandmenge je Dezitonne gebeiztes Saatgut, zum eingesetzten Saatgut und zur Aussaatstärke auf dem entsprechenden Schlag. Mithilfe dieser Daten wurden anhand der Aussaatstärke die Mittelkosten für die eingesetzte Beize bestimmt (Anl. 33). In der Wintergerste beliefen sich die durchschnittlichen Kosten für die Saatgutbeizung aller Demonstrationsflächen auf 9,92 Euro je Hektar. Im Winterweizen beliefen sich die Kosten der Saatgutbeizung durchschnittlich auf 10,49 Euro je Hektar.

Im Raps wird überwiegend fertig gebeiztes Saatgut verwendet. Für 74 % der Demonstrationsflächen wurde ein Beizmittel angegeben. Davon wurden 92 % mit einer Fungizidbeizung versehen und 36 % mit einer Insektizidbeizung behandelt. Die Kosten für die Saatgutbeizung wurden analog zum Wintergetreide anhand der Saatstärke berechnet. Die Kosten für die Beizmittel wurden anhand der Preisunterschiede Beim Saatgut berechnet. Dieselbe Sorte wird oft in unterschiedlichen gebeizten Varianten angeboten. Aus der Differenz wurden die Kosten der eingesetzten Beizmittel abgeleitet. Im Durchschnitt beliefen sich die Kosten für die Beizung des Saatgutes auf 4,25 Euro je Hektar.

10.3.2. Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln

Neben den PSMK spielen die Arbeitserledigungskosten, die sich aus den Arbeitskosten und den Maschinenkosten zusammensetzen, bei der Ermittlung der gesamten PSK eine wichtige Rolle.

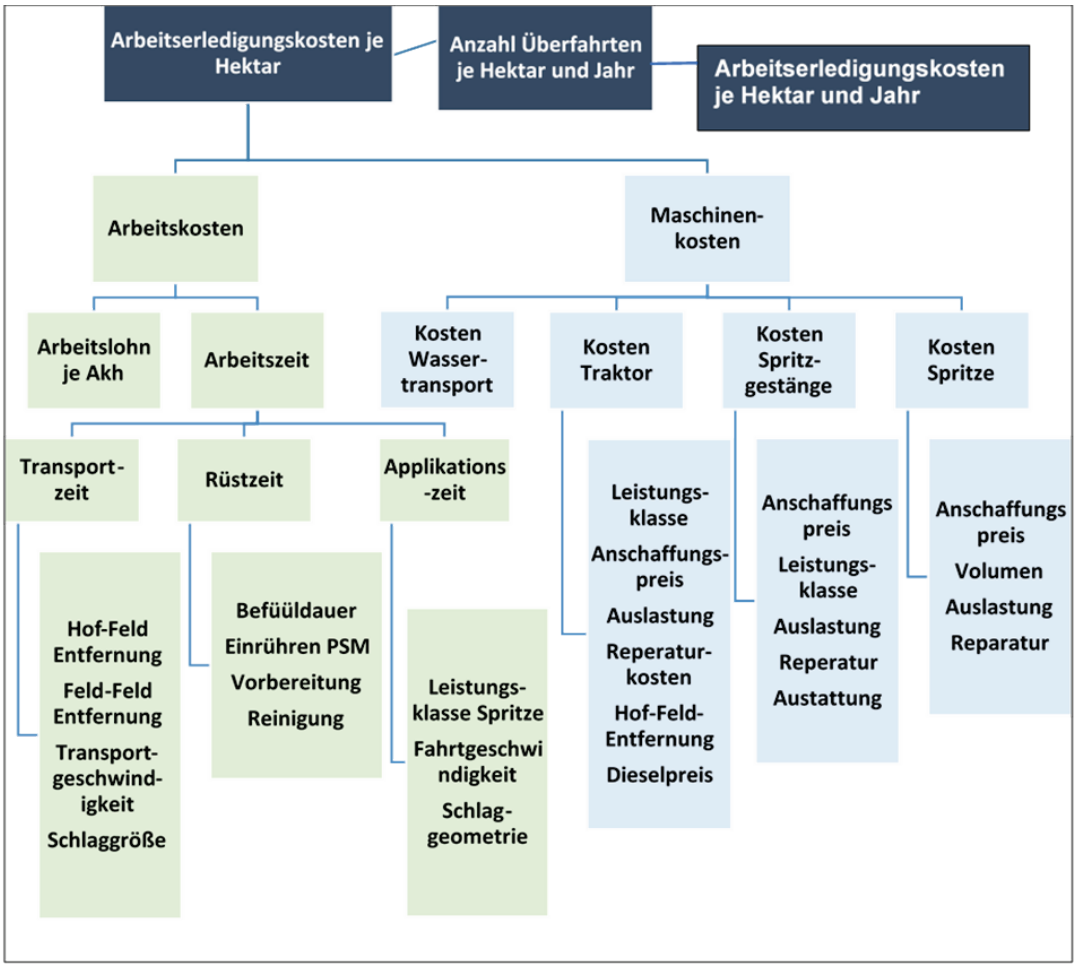


Abb. 109. Einflussfaktoren auf die Höhe der Arbeitserledigungskosten (Arbeitskosten + Maschinenkosten) für die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel.

Maßgeblich für die Höhe der Arbeitskosten je Hektar ist unter anderem die Anzahl an Arbeitsgängen/Überfahrten je behandeltem Schlag im Laufe einer Anbauperiode. Die Arbeitserledigungskosten je Überfahrt werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst (Abb. 109).

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Faktoren und die Annahmen, die zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten getroffen wurden, eingegangen.

Die technische Ausstattung zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln auf den Demonstrationsbetrieben wies ein breites Spektrum an eingesetzten Spritzen, Spritzgestängen und Traktoren auf (Abb. 110). Es gab sowohl kleine, an den Traktor angebaute Pflanzenschutzspritzen mit einem Volumen von unter 1.000 Litern und Arbeitsbreiten von 15 Metern als auch mittelgroße und große angehängte Pflanzenschutzspritzen mit Arbeitsbreiten von über 36 Metern und einem Tankvolumen von über 5.000 Litern.

Abb. 110. Pflanzenschutzspritzen auf vier verschiedenen Demonstrationsbetrieben im Einsatz ((Quelle: Planet Schule, Agro Bördegrün GmbH & Co. KG).

Tab. 47. Einteilung der Demonstrationsbetriebe bzw. der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
in Betriebs bzw. Mechanisierungsvarianten (MeV) nach Ackerfläche (unter 200 Hektar, 200 bis 1.000 Hektar, über 1.000 Hektar). Anzahl der Demonstrationsbetriebe bzw. der Demonstrationsflächen bzw. durchschnittliche Ackerflächen je Kategorie aufgeteilt nach Kulturen

MeV	Anzahl Betriebe	Anzahl Demonstrationsflächen			MW Ackerfläche je			
		Winter-gerste	Winter-raps	Winter-weizen	Betrieb	Winter-gerste	Winter-raps	Winter-weizen
	n				ha			
"<200 ha"	8	91	104	114	148	34	29	47
"200-1.000 ha"	9	111	123	127	386	63	55	136
">1.000 ha"	10	136	151	150	2426	296	498	863

Ein weiteres Kriterium war, die Grenzen der Kategorien so zu wählen, dass eine vergleichbare Anzahl von Betrieben bzw. Demonstrationsflächen je Kategorie entstand und so die Anonymität der teilnehmenden Demonstrationsbetriebe gewährleistet blieb. Dementsprechend wurden die Betriebe nach der von ihnen bewirtschafteten Ackerfläche eingeteilt (Tab. 47).Die Betriebe wurden zu diesem Zweck in Kategorien mit einer Ackerfläche von unter 200 Hektar, von 200 bis 1.000 Hektar und in Betriebe mit einer Ackerfläche von über 1.000 Hektar eingeteilt. Im Folgenden werden diese als Betriebskategorien bzw. als Mechanisierungsvarianten (MeV) „<200 ha“, „200-1.000 ha“ „>1.000 ha „bezeichnet.

Die Maschinenkosten wurden auf Grundlage von Werten der Web-Anwendung MaKost des KTBL, (KTBL, 2020b) berechnet. Den Betrieben der Kategorie „<200 Hektar“ wurde eine angebaute Pflanzenschutzspritze mit einem Fassungsvermögen von 1.000 Litern, kombiniert mit einem 15 Meter breiten Spritzgestänge und einem 67 KW Standardtraktor zugeordnet. Den Betrieben der Kategorie „200-1.000 ha“ wurde eine angehängte Pflanzenschutzspritze mit einem Fassungsvermögen von 3.000 Litern, kombiniert mit einem 24 Meter breiten Spritzgestänge und einem 67 KW Standardtraktor zugeordnet.

Betrieben der Kategorie „>1.000 Hektar“ wurde eine angehängte Pflanzenschutzspritze mit einem Fassungsvermögen von 5.000 Litern, kombiniert mit einem 36 Meter breitem Spritzgestänge und einem 83 KW Standardtraktor zugeordnet (Tab. 48). Anschaffungspreis, Nutzungsdauer, Restwert, Kosten für Versicherung und Kontrolle sowie Reparaturkosten wurden auf Basis der Web-Anwendung des KTBL „MaKost - Maschinenkosten und Reparaturkosten“ berechnet (KTBL, 2020b). Für die Abschreibung wurde eine jährliche Nutzung in Höhe der Auslastungsschwelle angenommen. Neben Anschaffungspreis und Wertverlust, der durch die Nutzung der Maschinen entsteht, ist bei der

Pflanzenschutzspritze bzw. dem Spritzgestänge das Nutzungspotential entscheidend für die Höhe der Maschinenkosten. Die höheren jährlichen Nutzungspotentiale bei den Mechanisierungsvarianten „>1.000 ha“ und „200-1.000 ha“ führen trotz des höheren Anschaffungspreises zu geringen Maschinenkosten. Für die Maschinenkosten des eingesetzten Traktors ist der Arbeitszeitbedarf je Hektar entscheidend für die Höhe der Maschinenkosten.

Tab. 48. Kennwerte für die Mechanisierungsvarianten (MeV) der Betriebskategorien des Arbeitsverfahrens Ausbringung von Pflanzenschutzmittel

Mechanisierungsvarianten (MeV)		**„<200 ha“**	**„200 -1.000 ha“**	**„>1.000 ha“**
Standardtraktor				
Leistung	KW	67	67	83
Anschaffungspreis	€	63.500	63.500	82.000
Maschinenkosten*	€/h	13,87	13,87	16,60
Traktornutzung je ha	h/ha	0,24	0,16	0,09
Dieselbedarf*	l/ha	2,22	1,98	1,84
Pflanzenschutzspritze				
Volumen	l	1.000	3.000	5.000
Anschaffungspreis	€	9.000	28.000	43.000
Maschinenkosten*	€/ha	1,23	1,31	1,18
Auslastungsschwelle	ha/a	800	2400	4000
Spritzgestänge				
Arbeitsbreite	m	15	24	36
Anschaffungspreis	€	13.700	23.100	36.100
Maschinenkosten	€/ha	2,83	2,99	3,08
Auslastungsschwelle	ha/a	480	960	1440
Arbeitsverfahren Pflanzenschutz Gesamt				
Anschaffungspreis**		19700	51100	79100
Maschinenkosten	€/ha	9,38	8,21	7,21

* Berechnung ohne Kosten für Diesel und für eine mittlere Motorauslastung und bei durchschnittlich 250 Liter Aufwandmenge je Hektar. Transportentfernung entsprechen Daten aus dem Demonstrationsvorhaben integrierter Pflanzenschutz.

** Der Anschaffungspreis bezieht sich nur auf die Pflanzenschutzspritze und das Spritzgestänge

Im Rahmen der Datenerhebung des DIPS-Projektes wurde die reine Applikationszeit sowie die Anfahrtszeit von der Hofstelle zum behandelten Schlag dokumentiert. Auf Basis dieser Daten konnte der Arbeitszeitbedarf in Stunden je Hektar ermittelt werden. Außerdem ließ sich die Transportzeit vom Hof zum Feld ermitteln. Von den KTBL-Werten für die Maschinenkosten eines Traktors je Stunde, konnten so für jeden Schlag die genauen Maschinenkosten für den Traktor ermittelt werden. Für den Kraftstoffverbrauch wurde von einer mittleren Motorauslastung ausgegangen, und anhand der KTBL-Werte ein Dieselbedarf für die Pflanzenschutzmittel-Applikation sowie ein Dieselbedarf für die Transportzeit ermittelt. Die Werte werden im folgenden Abschnitt zu den Arbeitskosten näher erläutert. Inklusive der Kosten für den Traktor und der Kosten für Betriebsmittel unterschieden sich die Maschinenkosten je Hektar für die drei Mechanisierungsvarianten deutlich voneinander.

10.3.2.2. Berechnung der Arbeitskosten

Die Durchführung einer Pflanzenschutzmaßnahme bzw. die Applikation eines Pflanzenschutzmittels setzt sich aus verschiedenen Arbeitsschritten zusammen. Wichtig sind die Rüstzeiten vor und nach dem Einsatz, die Transportzeiten und die Applikationszeit auf dem Feld (Abb. 111).

Abb. 111. Arbeitsprozesse des Arbeitsverfahrens Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (von links nach rechts): Befüllung der Pflanzenschutzspritze mit Pflanzenschutzmittel bzw. Wasser - Transport zum Feld bzw. Hofstelle - Pflanzenschutzmittel-Applikation - Reinigen der Pflanzenschutzspritze (Quelle: Planet Schule).

Vor der eigentlichen Pflanzenschutzmittel-Applikation muss die Maßnahme auf der Hofstelle vorbereitet und nach der Pflanzenschutzmittel-Applikation muss das Pflanzenschutzgerät gereinigt werden. Des Weiteren muss die Pflanzenschutzspritze mit Wasser befüllt werden und das bzw. die entsprechenden Pflanzenschutzmittel zugemischt werden. Die hierfür benötigten Arbeitsschritte werden als Rüstzeiten bezeichnet. Die wichtigsten Annahmen beziehen sich auf die Befülldauer. Hierzu wurde den verschiedenen Mechanisierungsvarianten auf Basis von Herstellerangaben zur Ansaugleistung eine Befülldauer zugeordnet. Bei der MeV „<200 ha“ betrug dieser Wert 150 Liter je Minute, für die mittlere MeV („200-1.000 ha“) 300 Liter je Minute und 700 Liter je Minute für die MeV „>1.000 ha“. Aufgrund dieser unterschiedlichen Leistungen ergaben sich trotz der großen Volumenunterschiede ähnliche Befüllzeiten. Es wurde angenommen, dass das Zumischen der Pflanzenschutzmittel während der Befüllung erfolgt. Als Reinigungszeit wurden pauschal 10 Minuten, als Vorbereitungszeit ebenfalls 10 Minuten und als Anschlusszeit 3 Minuten veranschlagt.

Um die Rüstzeiten je Hektar zu berechnen, wurde die berechnete Rüstzeit jeweils durch die behandelte Schlagfläche geteilt. Bei mehrmaligem Befüllen der Pflanzenschutzspritze je Schlag wurde das Reinigen bzw. die Vorbereitung nur einmal berechnet. Bei im Verhältnis zum Spritzvolumen kleinen Flächen wurde angenommen, dass mit einer befüllten Spritze mehrere Flächen behandelt werden können, so dass hier die Rüstzeiten nur anteilig berechnet wurden. Es bestand ein starker Zusammenhang zwischen der Schlaggröße und der Rüstzeit je Hektar (Tab. 49). Durch die verhältnismäßig geringe Schlaggröße der Betriebe mit MeV „<200 ha“ betrug hier die durchschnittliche Rüstzeit je Hektar 0,08 Stunden. Bei der MeV „200-1.000 ha“ war die Schlagfläche fast doppelt so hoch und die Rüstzeit (0,04 Stunden je Hektar) ebenfalls.

Tab. 49. Arbeitszeitbedarf (h/ha) für das Vorbereiten, Befüllen und Reinigen der Pflanzenschutzspritze (Rüstzeiten) bezogen auf einen Hektar behandelte Demonstrationsfläche in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps). Anzahl Flächen (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s)

Mechanisierungsvarianten		n	Min	MW	Max	s
"<200 ha"	**Rüstzeiten in h/ha**	271	0.04	0.08	0.09	0.01
	Schlagfläche in ha	271	0.43	6.42	36.00	5.48
"200-1.000 ha"	**Rüstzeiten in h/ha**	242	0.02	0.04	0.04	0.01
	Schlagfläche in ha	242	1.30	12.57	64.20	9.78
">1.000 ha"	**Rüstzeiten in h/ha**	373	0.01	0.02	0.03	0.00
	Schlagfläche in ha	373	4.00	39.02	149.69	25.44
Korrelation* zwischen Schlagfläche und Rüstzeiten je ha				R = -0.75462	P <0,001	

* Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman

Bei den Flächen, denen die MeV „>1.000 ha“ zugeordnet wurden, war die Schlagfläche im Mittel sechsmal größer als bei der MeV „<200 ha“, die Rüstzeit (0,02 Stunden je Hektar) war um drei Viertel geringer. Aufgrund der bei sehr großen Flächen zusätzlich benötigten Zeit für die Wiederbefüllung des Spritzfasses besteht hier kein linearer Zusammenhang.

Sowohl für die Arbeitskosten als auch für die Maschinenkosten ist die Transportzeit ein wichtiger Kostenfaktor. Sie wird zum einem durch die Hof-Feld-Entfernung bestimmt, zum anderen durch die Größe der zu behandelnden Fläche und das Volumen der Pflanzenschutzspritze. Analog zu den Rüstzeiten wurde bei im Verhältnis zum Spritzvolumen kleinen Flächen angenommen, dass mit einer befüllten Spritze mehrere Flächen behandelt werden können, und die Transportzeit wurde dementsprechend anteilig berechnet. Bei Flächen bei denen mehrere Befüllungen zur vollständigen Behandlung notwendig waren, wurde die Transportzeit dementsprechend erhöht (Tab. 50). Der

Transport von Wasser in Tanks wurde nicht in die Berechnung einbezogen. Analog zu den Rüstkosten bestand eine negative Korrelation zwischen Flächengröße und Transportzeit. Diese war jedoch wesentlich geringer als bei den Rüstzeiten, da bei den Transportzeiten zum einem die Anzahl der Befüllungen noch eine Rolle spielt und die Hof-Feld-Entfernung zum anderen einen starken Einfluss hat.

Tab. 50. Arbeitszeitbedarf (Transportzeit) (h/ha) für die Fahrt zwischen Hof und Feld, sowie die Entfernung (Entf.) zwischen Hof und Feld (km), bezogen auf ein Hektar behandelte Demonstrationsfläche
in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps). Anzahl Flächen (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s)

Mechanisierungsvarianten		n	Min	MW	Max	s
"<200 ha"	Hof Feld Entf. in km	271	0.42	3.81	14.58	3.10
	Transportzeit in h/ha	271	0.00	0.05	0.26	0.05
	Schlagfläche in ha	271	0.43	6.42	36.00	5.48
"200-1.000 ha"	Hof Feld Entf. in km	242	0.42	5.70	29.16	5.52
	Transportzeit in h/ha	242	0.03	0.04	0.19	0.04
	Schlagfläche in ha	242	1.30	12.57	64.20	9.78
">1.000 ha"	Hof Feld Entf. in km	373	0.42	3.87	12.50	2.03
	Transportzeit in h/ha	373	0.00	0.016	0.050	0.01
	Schlagfläche in ha	373	4.00	39.02	149.63	25.43

Korrelation* zwischen	Schlagfläche und Transportzeit je ha	R = -0.34331	P <0,001
	Hof Feld Entfernung und Transportzeit je ha	R = 0.79199	P <0,001
	Befüllungen je Schlag und Transportzeit je ha	R = -0.33660	P <0,001

*Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman

In Hinblick auf die Hof-Feld-Entfernung konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Größe der Flächenund der Hof-Feld-Entfernung festgestellt werden. Die durchschnittliche Transportzeit in Bezug auf alle Demonstrationsflächen betrug 0,035 je Hektar. Bei der MeV „<200 ha“ sind es 0,05 Stunden je Hektar, bei der MeV „200-1.000 ha“ 0,04 Stunden je Hektar und bei der MeV „>1.000 ha“ 0,016 Stunden je Hektar. Die Applikationsdauer wird im Wesentlichen von drei Parametern bestimmt: der Leistungsfähigkeit des Spritzgestänges, wofür die Beschaffenheit der Düsen und vor allem die Arbeitsbreite bestimmend sind, der Fahrtgeschwindigkeit und der Flächengeometrie. Form und Größe des Schlages bestimmen die Wendezeiten und die optimale Ausnutzung der Arbeitsbreite des Gestänges.

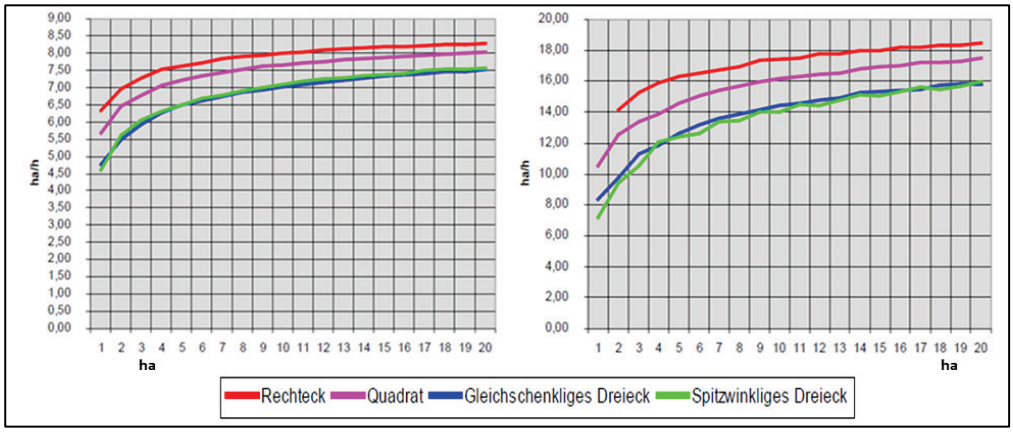


Abb. 112. Flächenleistung einer Pflanzenschutzspritze mit einer Arbeitsbreite von 15 Metern (links) bzw. 36 Metern (rechts) nach Flächengröße und Flächenform. (Quelle: ENGELHARDT, 2004).

ENGELHARDT (2004) hat den Einfluss der Flächengeometrie untersucht. In seiner Untersuchung wird deutlich, wie stark der Einfluss von Form und Größe bei kleinen Schlaggrößen ist. Mit zunehmender Schlaggröße vermindert sich der Effekt (Abb. 112).

Im Rahmen des Projektes wurde die Arbeitszeit je Hektar und Schlag dokumentiert. Daten über die Geometrie der Flächen lagen nicht vor, so dass der Einfluss der Geometrie nur geschätzt werden konnte. Die Daten aus dem Demonstrationsprojekt wiesen einen deutlichen Einfluss der Schlaggröße auf die notwendige Applikationszeit je

Hektar auf. Die Applikationszeit wird bei zunehmender Schlaggröße geringer. Einen noch stärkeren Einfluss auf die Applikationszeit hat die Arbeitsbreite der Mechanisierungsvarianten (Tab. 51). Betriebe der Mechanisierungsvariante „<200 ha“ weisen im Mittel eine Flächenleistung für die Applikation (ohne Rüst- und Wegzeiten) von 0,19 Stunden je Hektar auf.

Tab. 51. Arbeitszeitbedarf (h/ha) für die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel auf dem Feld bezogen auf ein Hektar behandelte Fläche (Demonstrationsflächen) in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps). Anzahl Flächen (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s)

Betriebskategorie		n	Min	MW	Max	s
"<200 ha"	**Applikationszeit in h/ha**	271	0,07	0,19	0,58	0,13
"200-1.000 ha"		242	0,05	0,11	0,33	0,05
">1.000 ha"		373	0,03	0,06	0,10	0,02

Korrelation* zwischen	**Applikationszeit und Schlagfläche**	R = -0.40906	P <0,001
	Applikationszeit und Arbeitsbreite	R = -0.59869	P <0,001

* Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman

Hier ist eine sehr breite Streuung zu beobachten (Standardabweichung von 0,13). Die Betriebe der Mechanisierungsvariante „200-1.000 ha“ weisen eine mittlere Flächenleistung für die Applikation von 0,11 Stunden je Hektar bei einer Standardabweichung von 0,05 auf. Die Betriebe der Mechanisierungsvariante „>1.000 ha“ benötigen im Mittel 0,06 Stunden für die Behandlung eines Hektars, und weisen eine geringe Streuung auf.

Bei einigen der Demonstrationsbetriebe handelt es sich um reine Familienbetriebe, die Arbeiten werden größtenteils durch die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter durchgeführt. Für die Kalkulation der Arbeitskosten für die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter muss also ein entsprechender Lohnansatz gewählt werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde hier der KTBL-Lohnansatz für ständig beschäftigte Angestellte aus den Betriebsplanungen der Jahre 2012/2013,2014/2015 2016/2017 und 2018/2019 gewählt. Für die Jahre 2012 und 2013 entspricht dies einem Stundenlohn vom 15 Euro/Stunde, für die Jahre 2014-2017 einem Stundenlohn von 17,50 Euro und für das Jahr 2018 wird ein Stundenlohn von 20 Euro verwendet.

Gesamtarbeitszeitbedarf

Den größten Anteil am Gesamtarbeitszeitbedarf je Hektar aller Demonstrationsflächen hatte die Applikationszeit auf dem Feld mit ca. 61 % der Gesamtarbeitszeit (Abb. 113). Die Transportzeit hatte einen Anteil von ca. 18 %. Die Flächen der Betriebe der MeV „200-1.000 ha“ hatten die weiteste Transportentfernung, hier lag der Anteil der Transportzeit bei 21 %. Reinigung und Befüllung hatten einen Anteil von 13 % bzw. 8 % an der Gesamtarbeitszeit.

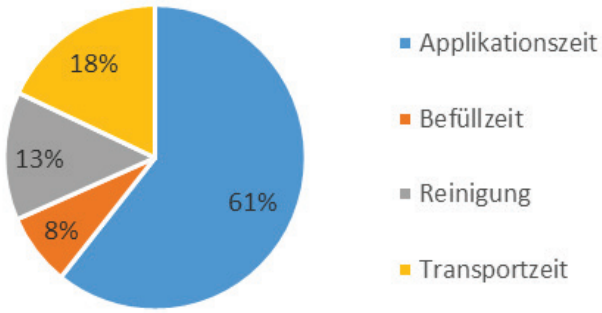


Abb. 113. Aufteilung der Gesamtarbeitszeit einer Pflanzenschutzmaßnahme in die Teilzeiten Applikationszeit, Befüllzeit, Reinigung und Transportzeit für die der DIPS-Schläge.

Hier waren die Anteile an der Gesamtarbeitszeit bei der MeV „>200 ha“ am höchsten. Sie lagen bei 14 % für die Reinigung bzw. 9 % für die Befüllung. Dies war auf die vergleichsweise geringe größe der Flächen dieser Kategorie zurückzuführen. Neben der eigentlichen Leistungsstärke der Mechanisierungsvarianten, d. h. dem Tankvolumen, und der Breite des Spritzgestänges, hatte die Flächengröße entscheidenden Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf. Große Flächen verringerten den Anteil der Rüstzeiten bzw. Transportzeiten am Gesamtarbeitszeitbedarf je Hektar.

Die Mechanisierungsvariante mit einer Anhängerspritze mit einer Arbeitsbreite von 36 Metern und einem Tankvolumen von 5.000 Litern wies in allen Teilelementen der gesamten Arbeitszeit (Applikationszeit, Befüllzeit, Reinigungszeit und Transportzeit) die geringsten Werte auf (Abb. 114). Durchschnittlich wurden zur Behandlung eines Hektars 0,10 Arbeitsstunden benötigt. Dieser Wert liegt nahe bei dem vom KTBL im Feldarbeitszeitrechner für die Mechanisierungsvariante (ähnliche Hof-Feld-Entfernung, Schlaggröße und Aufwandmenge) ausgewiesene Wert von 0,09 Stunden je Hektar. Die mittlere Mechanisierungsvariante „200-1.000 ha“ hatte einen Gesamtarbeitszeitbedarf von 0,18 Stunden je Hektar. Die kleinste Mechanisierungsvariante „<200 ha“ wies einen Gesamtarbeitszeitbedarf von 0,32 Stunden je Hektar auf. Dieser Wert lag über dem von der KTBL ausgewiesenen Wert für die Flächenleistung von 0,27 Stunden je Hektar. Das ist vor allem auf die Demonstrationsbetriebe zurückzuführen, die eine kleinere Mechanisierung im Pflanzenschutz aufwiesen. Beispielsweise liegt der KTBL-Vergleichswert für eine 600 Liter Anbauspritze mit einem 12 Meter breiten Spritzgerüst (ähnliche Hof-Feld-Entfernung, Schlaggröße und Aufwandmenge) bei 0,38 Arbeitsstunden je Hektar.

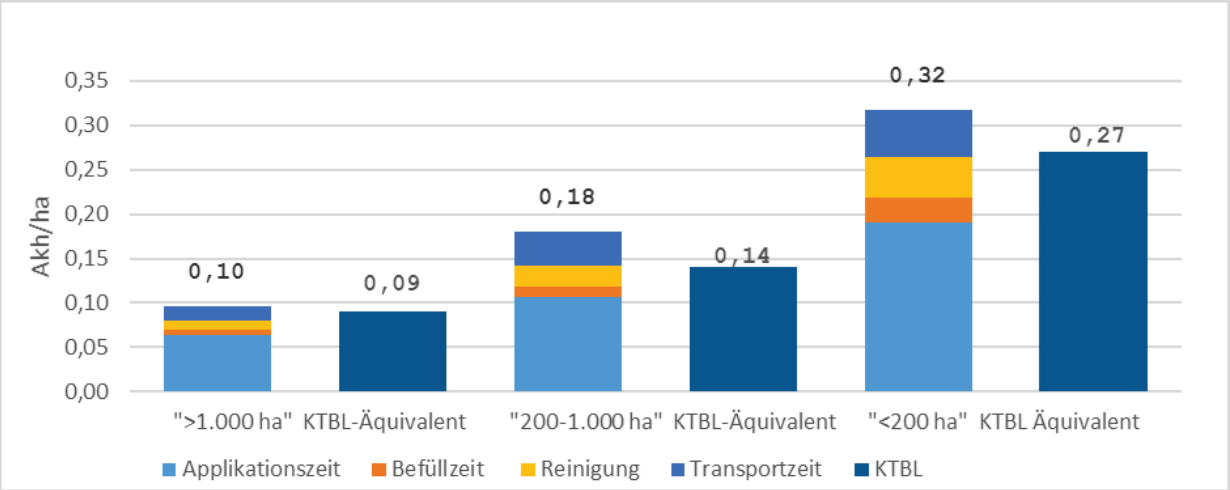


Abb. 114. Flächenleistung der Mechanisierungsvarianten (MeV) „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“, sowie äquivalenter KTBL-Mechanisierungsvarianten (KTBL-Äquivalent) bei gegebener Schlaggröße und Hof-Feld Entfernung (Daten aus dem Demonstrationsvorhaben integrierter Pflanzenschutz).

10.3.2.3. Anzahl der Überfahrten je Schlag und Anbauperiode

Für die Berechnung der Arbeitserledigungskosten je Hektar und Anbauperiode ist neben den Maschinen- und Arbeitskosten je Hektar die Anzahl an Überfahrten je Fläche und Anbauperiode entscheidend. Bei der Berechnung der Überfahrten wurde nicht nach Tankmischungen bzw. der Ausbringung einzelner Mittel unterschieden, d. h. die Ausbringung einer Tankmischung wurde, wie auch die Ausbringung eines einzelnen Mittels, als eine Überfahrt gerechnet. Teilflächenbehandlungen wurden je nach Anteil der behandelten Fläche an der gesamten Fläche als anteilige Überfahrt je Hektar berechnet.

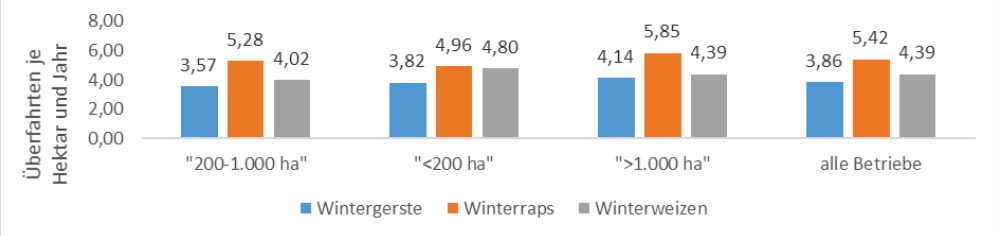


Abb. 115. Anzahl der Überfahrten ja Hektar und Jahr unterteilt nach Betriebskategorie (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“) und Kultur für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz.

In Abb. 115 sind die Ergebnisse für die Überfahrten je Hektar und Jahr nach Kulturen und Betriebskategorien aufgeschlüsselt. Die Kultur mit den meisten Überfahrten je Jahr ist Winterraps mit durchschnittlich 5,42 Überfahrten je Hektar und Jahr. Im Winterraps ist auch die Streubreite der Überfahrten je Fläche am höchsten (Maximum: 12 Überfahrten in einer Anbauperiode auf einer Fläche). Im Winterweizen lag das Maximum an Überfahrten bei 8,5 Überfahrten und der Mittelwert bei 4,39 Überfahrten. In der Wintergerste waren es maximal 8 Überfahrten und im Schnitt 3,86 Überfahrten.

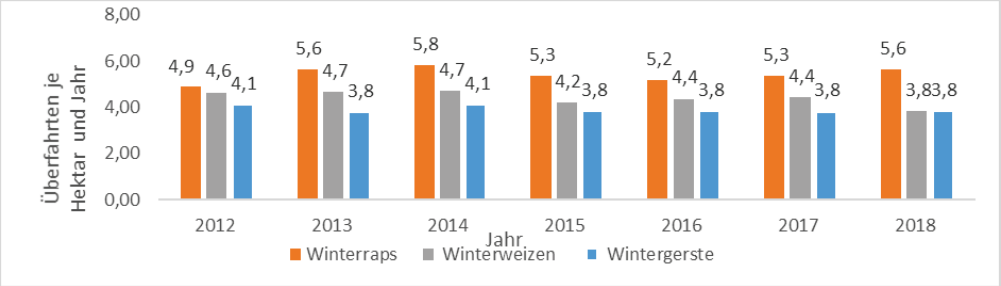


Abb. 116. Anzahl der durchschnittlichen Überfahrten je Hektar und Jahr (2012-2018) und Kultur für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz über alle Betriebskategorien (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“).

Zwischen den Betriebskategorien gab es große Unterschiede. Beim Winterweizen wies die Betriebskategorie „<200 ha“ die meisten Überfahrten auf. In der Betriebskategorie „>1.000 ha“ wurden bei der Wintergerste und beim Winterraps die höchste Anzahl an Überfahrten durchgeführt. Aufgrund der hohen Schwankungsbreite ließ sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen Betriebskategorie und der Anzahl der Überfahrten feststellen. Die Anzahl der Überfahrten veränderte sich im Jahresverlauf entsprechend der Behandlungsintensität in den einzelnen Jahren. Ein Trend zu einer Verringerung der Überfahrten war nicht festzustellen (Abb. 116).

10.3.2.4. Vergleich der gesamten Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln auf den Demonstrationsflächen mit den Restflächen bzw. den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz

Aus den Maschinenkosten, der Einsatzzeit für die Maschinen auf dem Feld bzw. für Weg und Rüstzeiten, den Kosten für Betriebsstoffe und dem Arbeitslohn je Anbauperiode sowie der Anzahl der Überfahrten je Hektar und Anbauperiode lassen sich die gesamten Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln je Hektar bestimmen. In Anl. 34 sind die für die Berechnung wichtigen statistischen Kennwerte für die Arbeitserledigungskosten, Maschinenkosten, Lohnkosten den Arbeitszeitbedarf, die Überfahrten je Hektar und Anbauperiode sowie die Anzahl der untersuchten Schläge für die Demonstrationsflächen dargestellt.

Die Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln auf den Demonstrationsflächen werden im Vergleich mit jenen der Restflächen bzw. VGB-Flächen erläutert.

Vergleich Überfahrten

Im Durchschnitt aller Projektjahre wurden auf den Demonstrationsflächen im Vergleich zu den VGB-Flächen deutlich weniger Überfahrten durchgeführt (Abb. 117). Im Winterraps waren es 0,69, in der Wintergerste 0,4 und im Winterweizen 0,5 Überfahrten je Hektar und Anbauperiode weniger.

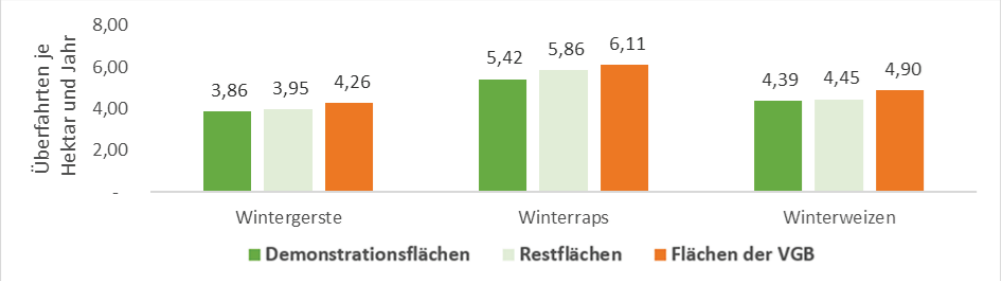


Abb. 117. Anzahl der Überfahrten je Hektar und Jahr unterteilt nach Kulturen und Demonstrationsflächen, Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und den Restflächen der Demonstrationsbetriebe.

Bei allen Kulturen bestand zwischen den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen ein großer Unterschied zwischen der Anzahl an Überfahrten für Herbizide (Tab. 52). Weiterhin bestanden im Winterraps bei der Ausbringung von Insektiziden (-0,33 Überfahrten) und im Winterweizen bei der Ausbringung von Wachstumsreglern (-0,19 Überfahrten) deutliche Unterschiede.

Tab. 52. Differenz der durchschnittlichen Überfahrten je Hektar zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) bzw. zwischen Demonstrationsflächen und den Restschlägen der Demonstrationsbetriebe unterteilt nach Kulturen

	Demonstrationsflächen - VGB-Flächen			**Demonstrationsflächen - Restflächen**		
	Wintergerste	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste	Winterraps	Winterweizen
Herbizide	-0,23	-0,38	-0,16	-0,08	-0,16	0,03
Fungizide	-0,11	0,03	-0,09	0	0,02	-0,04
Insektizide	-0,09	-0,33	-0,1	-0,01	-0,23	-0,05
Wachstumsregler	0,04	-0,13	-0,19	0	-0,07	0,02
Molluskizide	0	0,12	0,04	0,01	-0,01	-0,01

Betrachtet man die Unterschiede zwischen der Anzahl der Überfahrten auf den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen im Projektverlauf (Abb. 118) so zeigten sich je nach Kultur sehr unterschiedliche Verläufe. Bei den Insektiziden war die Differenz in den Jahren 2013 bis 2015 auf einem höheren Niveau als in den Jahren 2016 bis 2018. Bei den Fungiziden waren ab dem Jahr 2015 konstant weniger Überfahrten zu verzeichnen.

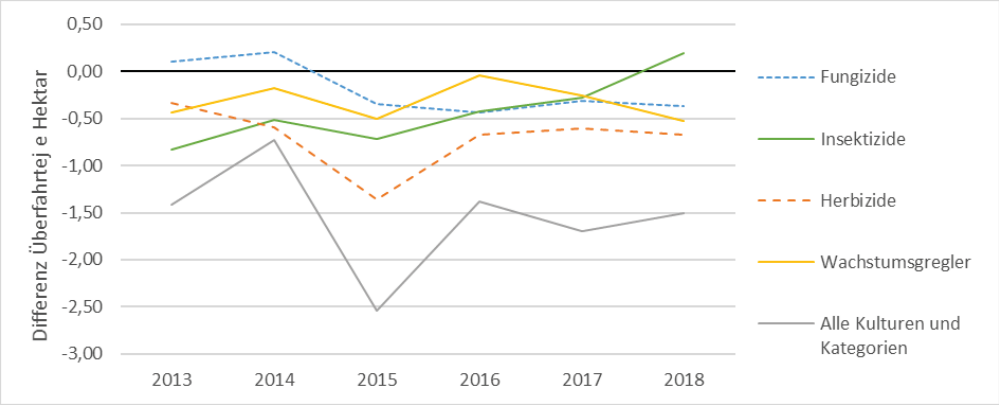


Abb. 118. Differenz der mittleren Anzahl der Überfahrten zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz unterteilt nach Pflanzenschutzmittelkategorien im Projektzeitraum 2013-2018.

Die größte Differenz war in der Anbauperiode 2014/15 zu beobachten. Ein großer Teil der Unterschiede in der mittleren Anzahl der Überfahrten zwischen den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen im Jahr 2015 ging auf eine geringere Anzahl von Überfahrten zur Ausbringung von Herbiziden zurück (Winterraps ca. 70 %, Winterweizen ca. 40 %). Die Gründe für den Rückgang im Jahr 2015 waren vielfältig. Durch eine optimierte Behandlungsstrategie von Unkräutern im Herbst konnte oftmals eine Überfahrt für Totalherbizide eingespart werden. Dies führte vor allem in der Anbauperiode 2014/2015 mit einem milden Herbst zu optimalen Wachstumsbedingungen für Unkräuter. Ein Grund könnte auch der vermehrte Einsatz mechanischer Maßnahmen gewesen sein. Bei den Fungiziden konnten im Vergleich zu den VGB-Flächen durch intensives Monitoring und Beratung Vorsichtsmaßnahmen, die aus dem Gelbrostbefall des Vorjahres resultierten, eingespart werden. Hinzu kam auf vielen Betrieben eine zunehmende Verwendung von Sorten, die eine höhere Pilzresistenz aufwiesen.

Vergleich der Arbeitserledigungskosten

Die Ergebnisse für die Arbeitserledigungskosten spiegelten den Einfluss der oben beschriebenen Faktoren Überfahrten je Jahr und Maschinen- bzw. Lohnkostenkosten wieder. Die Maschinen- bzw. Lohnkostenkosten für die Restflächen der Demonstrationsbetriebe und die VGB-Flächen wurden auf Basis der KTBL-Werte für die entsprechenden Mechanisierungsvarianten berechnet. Die Kultur mit den geringsten Arbeitserledigungskosten war die Wintergerste. Im Schnitt über aller Betriebskategorien entstanden bei den Demonstrationsbetrieben durchschnittliche jährliche Arbeitserledigungskosten von 43,41 Euro je Hektar bei 3,86 Überfahrten (Abb. 119). Im Winterweizen waren es bei den Demonstrationsbetrieben 51,56 Euro je Hektar bei 4,39 Überfahrten (Abb. 120) und im Winterraps 64,7 Euro je Hektar bei 5,42 Überfahrten (Abb. 121).

Entsprechend der absoluten Unterschiede bei den Überfahrten, die zwischen den Kulturen bestanden, fiel auch die Differenz zwischen den VGB-Flächen bzw. den Restflächen und den Demonstrationsflächen aus. So beliefen sich die

berechneten Einsparungen der Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben in der Wintergerste auf 9,34 € Euro je Hektar, im Winterraps auf 7,9 Euro je Hektar und im Winterweizen auf 7,81 Euro je Hektar.

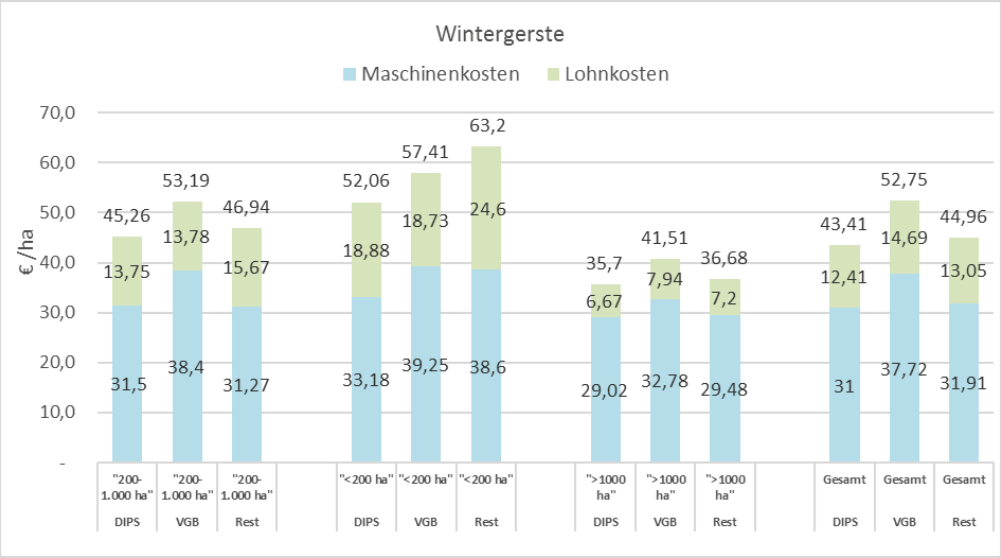


Abb. 119. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) in der Wintergerste über die gesamte Projektdauer für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), der Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und der Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) unterteilt nach Betriebskategorien (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“).

Die Differenz der Arbeitserledigungskosten zwischen den Demonstrationsflächen und den Restflächen lag beim Winterraps bei 9,8 Euro je Hektar. Diese Differenz lag vor allem an den Ergebnissen der Betriebskategorie „<200 ha“. Hier gab es Flächen, für die eine sehr lange Applikationsdauer sowie eine hohe Anzahl an Überfahrten dokumentiert wurden. Bei der relativ kleinen Anzahl an untersuchten Schlägen (n=19) in dieser Kategorie führten diese Flächen zu einem starken Anstieg bei den mittleren Arbeitserledigungskosten.

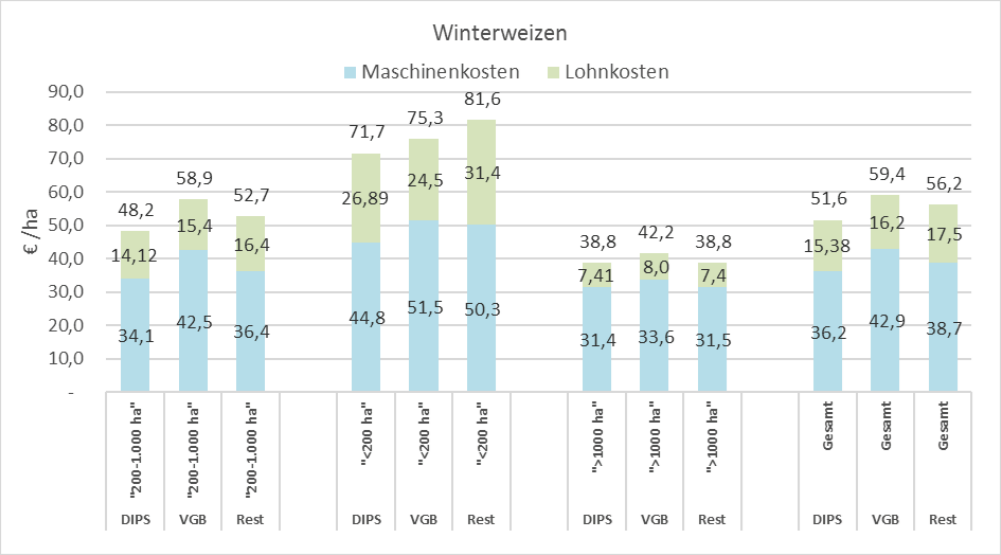


Abb. 120. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) im Winterweizen über die gesamte Projektdauer für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), der Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und der Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) Schläge unterteilt nach Betriebskategorien (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“).

Die Arbeitserledigungskosten je Hektar betragen im Schnitt aller Kulturen und Betriebskategorien 12,92 Euro je Hektar bei den Demonstrationsflächen, 12,29 Euro je Hektar bei den Restflächen und 12,13 Euro je Hektar bei den VGB-Flächen. Die Unterschiede zwischen den Demonstrationsflächen, und den Restflächen bzw. VGB-Flächen ließen sich teilweise auf die Anzahl der Überfahrten zurückführen.

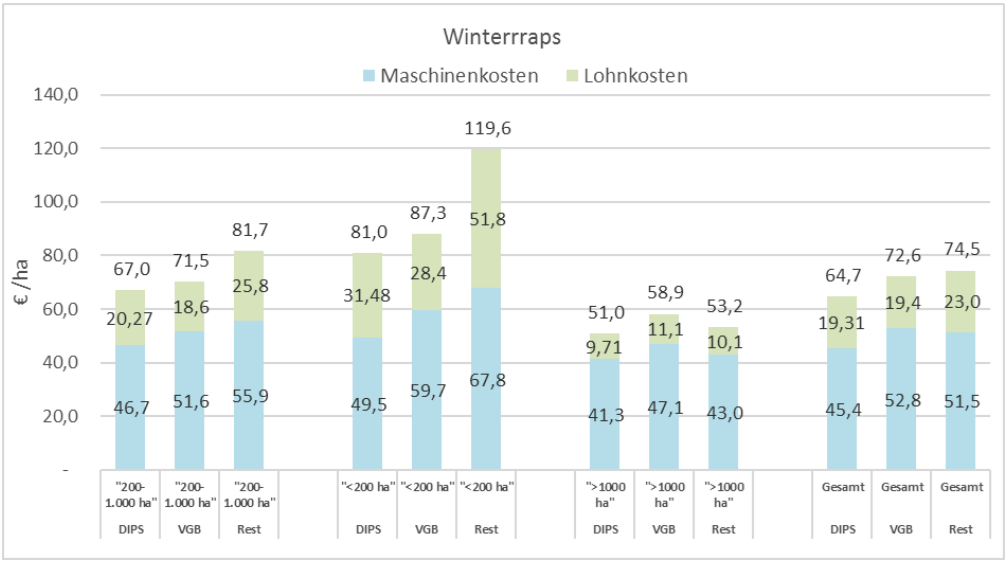


Abb. 121. Durchschnittliche Arbeitserledigungskosten (€/ha) im Winterraps über die gesamte Projektdauer für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS), der Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) und der Restflächen der Demonstrationsbetriebe (Rest) unterteilt Betriebskategorien (Größenklassen „<200 ha“, „200-1.000 ha“ und „>1.000 ha“).

Die unterschiedlichen Arbeitserledigungskosten der einzelnen Betriebskategorien resultierten hauptsächlich aus den unterschiedlichen Maschinen- bzw. Arbeitskosten je Betriebskategorie und nicht durch die Anzahl der Überfahrten. Betriebe der Größenkategorie „200 bis 1.000 ha“, wiesen Arbeitserledigungskosten von 12,44 Euro je Hektar und Überfahrt auf, wobei die Maschinenkosten ca. 70 % der Arbeitserledigungskosten ausmachten. Betriebe der Kategorie „<200 ha“ hatten Arbeitserledigungskosten von 15,02 Euro je Hektar und Überfahrt mit einem Maschinenkostenanteil von 60 %. Betriebe der Größenkategorie „>1.000 ha“ hatten Arbeitserledigungskosten von 8,15 Euro je Hektar und Überfahrt. Bei dieser Betriebsgröße machten die Maschinenkosten über 80 % der Arbeitserledigungskosten aus.

Betrachtet man die Arbeitserledigungskosten je Anbauperiode, vervielfachten die mehrfachen Überfahrten je Fläche diese Differenz zwischen den einzelnen Betriebskategorien. So betrug die Differenz zwischen „<200 ha“ und „>1.000 ha“ im Winterraps 30 Euro je Hektar und Anbauperiode, im Winterweizen 32,9 und bei der Wintergerste 9,6 Euro je Hektar.

Hinsichtlich der Differenz zwischen den Arbeitserledigungskosten auf den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen gab es zwischen den einzelnen Projektjahren und den Kulturen im Projektverlauf erhebliche Unterschiede (Abb. 122). Für das Projektjahr 2015 wurden die größten Kostendifferenzen berechnet. Bei den Anwendungen von Herbiziden konnten die Demonstrationsbetriebe im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben in fast allen Jahren und Kulturen Arbeitserledigungskosten einsparen.

Im Winterraps konnten in den Jahren 2012, 2013 und 2015 bei den Insektiziden zusätzlich erhebliche Arbeitserledigungskosten eingespart werden. Bei den Fungiziden konnten vor allem in den Jahren 2015 und 2016 im Winterweizen und in der Wintergerste Einsparungen erzielt werden. In den anderen Jahren konnten nur geringe Einsparungen im Vergleich mit den Vergleichsbetrieben erreicht werden. Im Winterweizen waren in den Jahren 2012 bzw. 2018 sogar erheblich höhere Arbeitserledigungskosten für Fungizid- und Herbizid Ausbringung festzustellen. Allerdings nimmt das Jahr 2018 witterungsbedingt eine Sonderrolle ein.

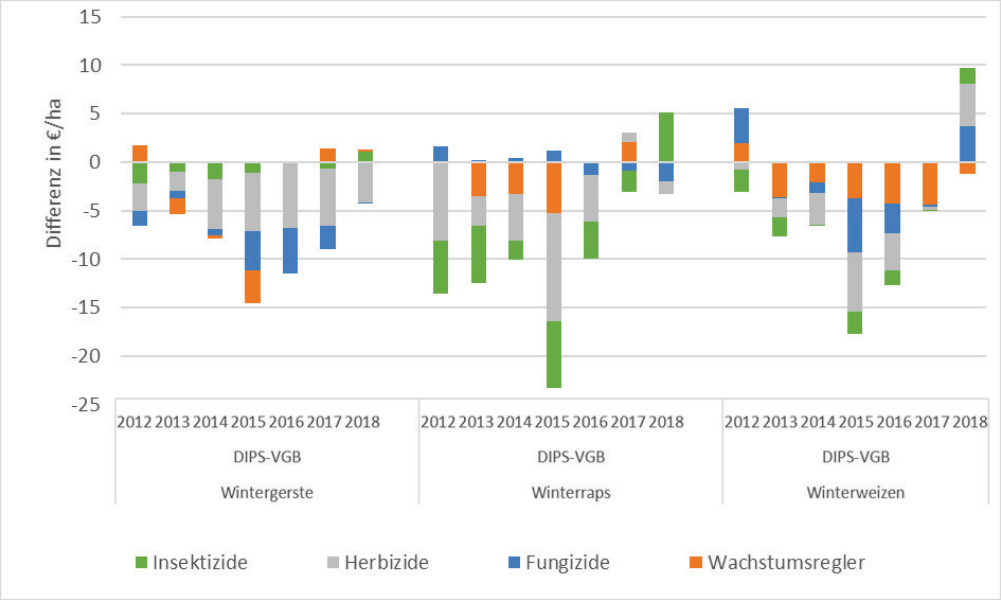


Abb. 122. Differenz zwischen den Arbeitserledigungskosten auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) unterteilt nach Projektjahren und Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und Pflanzenschutzmittelkategorie für alle Betriebskategorien.

10.3.3. Kosten für das Monitoring auf den Demonstrationsflächen

Die im Projekt ermittelten Arbeitszeiten zur Durchführung von Monitoringmaßnahmen können nur Orientierungswerte für die Praxis darstellen. Die Boniturzeiten wurden durch die Projektbetreuer der teilnehmenden Bundesländer erhoben und sind somit durch subjektive Faktoren (Kenntnisstand und Arbeitsroutinen) geprägt. Außerdem basierte die Berechnung der Monitoringzeiten auf der Betrachtung einzelner Schläge. Sie können nur bedingt auf die gesamte Anbaufläche eines Betriebes mit mehreren Schlägen pro Kultur hochgerechnet werden. Da es allerdings sehr wenig Literatur über den Zeitaufwand für Monitoringmaßnahmen gibt (PLUSCHKELL, 1996; WAHMHOFF, 1989), können die im Projekt ermittelten Arbeitszeiten zur Durchführung von Monitoringmaßnahmen zumindest Orientierungswerte für die Praxis darstellen.

Die Methodik folgte der Vorgehensweise, die im Projekt „Monitoringaufwand im integrierten Pflanzenschutz“ angewandt wurde (KTBL-Arbeitsprogramm Kalkulationsunterlagen 2015). Es wurde angenommen, dass das Monitoring einen 3-stufigen Monitoringprozess darstellt, der aus der Arbeitsvorbereitungszeit, der Arbeitsverrichtungszeit und der Arbeitsnachbereitungszeit besteht und je nach Kultur und Schaderreger unterschiedlich ausgestaltet ist (Tab. 53). Unter der Arbeitsvorbereitungszeit wurde die Informationsbeschaffung mithilfe von Warndienstmeldungen und Prognosemodellen verstanden. Unter die Arbeitsverrichtungszeit fallen die Anfahrten zum Schlag und die Bonituren auf dem Schlag. Unter Bonitur wurden alle Maßnahmen im Feld zur Kontrolle des Befalls sowie des Entwicklungsstandes der Kultur verstanden. Darunter fallen folgende Arbeiten: Bonitur, Feldbegehung, Aufstellen und Kontrolle von Gelbschalen, Pheromonfallen, Farbtafeln etc. Unter die Arbeitsnachbereitungszeit fallen die Auswertung der Bonituren, und falls notwendig, das Beschaffen von zusätzlichen Informationen.

Tab. 53. Schematische Darstellung eines idealtypischen Monitoringprozess und dessen Arbeitsschritte zur Kontrolle pilzlicher, tierischer und pflanzlicher Schadorganismen

Monitoring	=	**Arbeits-vorbereitungszeit**		**Arbeits-verrichtungszeit**		**Arbeits-nachbereitungszeit**
	=	Information, Warndienst, Prognosemodell	+	Anfahrt und Bonitur	+	Auswertung und/oder Beratung
Arbeitszeit-ansatz		10 bis 15 Minuten je Boniturtag und Kultur		Wird aus den Projekt-Daten berechnet		5 Minuten je Boniturtag, Kultur und Schlag

Mithilfe einer Varianzanalyse wurde bestimmt, inwieweit das Bundesland, die Kultur, das Jahr oder die Schlagkategorie einen Einfluss auf den Boniturаufwand je Schlag hatten (Anl. 35) Die Kultur hatte einen signifikanten

Effekt auf die Monitoringzeiten. Dieser Effekt entstand aus den Anforderungen, die unterschiedliche Schaderreger an das Monitoring in den Kulturen stellen. Um die Bedeutung der Schlaggröße darzustellen, wurden die Demonstrationsflächen in vier Gruppen (<10 ha, 10-<20 ha, 20-<40 ha, >40 ha) aufgeteilt. Die Schlaggröße hatte keinen signifikanten Effekt auf den Boniturаufwand je Demonstrationsfläche. Dies änderte sich, wenn man sich den Aufwand je Hektar anschaut. Die jahreszeitlichen Effekte (v. a. der Schaderregerdruck) wirkten sich auch auf die Boniturzeiten aus. Den größten Effekt hatten die Bundesländer, was infolge des großen Einflusses der einzelnen Projektbetreuerinnen und Projektbetreuer bzw. Pflanzenschutzdienste folgerichtig ist.

Monitoring in Wintergerste

Der Median für die Kosten des Monitorings belief sich in der Wintergerste auf 4,39 Euro je Hektar und Anbauperiode (Abb. 123). Bei Demonstrationsflächen, die kleiner als 10 Hektar waren, lag der Median bei 11,05 Euro je Hektar, bei Demonstrationsflächen mit einer Größe zwischen 10 und 20 Hektar lag der Median bei 4,61 Euro je Hektarund bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar Fläche bei 1,39 Euro je Hektar. Der Median aller Demonstrationsflächen für den Zeitaufwand des Monitorings beträgt 0,19 Stunden je Hektar (Tab. 54).

Tab. 54. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Boniturаufwand je Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
(h/Schlag), sowie durchschnittlicher (MW=Mittelwert) zeitlicher Aufwand (h/ha) bzw. durchschnittliche Kosten (€/ha) für Bonituren, Vor- und Nachbereitung sowie Fahrzeiten und des gesamten Monitorings je Hektar und Anbauperiode für alle Demonstrationsflächen in der Wintergerste nach Schlaggrößenklassen

Schlag-größen-klasse		MW Fläche	Median- Bonitur-		MW Bonitur-aufwand		MW Vor- und Nach-bereitung		MW Fahr-zeiten		MW Monitoring Gesamt	
			tage	aufwand								
	n	ha	d/a	h/Schlag	h/ ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha
<10 ha	130	4,8	5	1,33	0,44	3,52	0,51	4,80	0,38	1,89	1,33	11,05
10-20 ha	88	14,2	5	1,46	0,08	1,21	0,11	1,81	0,06	0,87	0,25	4,61
20-40 ha	65	29,9	6	1,67	0,04	0,79	0,07	0,97	0,03	0,45	0,14	2,43
>40 ha	60	58,6	6	1,83	0,03	0,45	0,03	0,55	0,02	0,27	0,08	1,39
alle	343	22,5	5	1,65	0,05	1,16	0,10	1,75	0,04	0,77	0,19	4,39

Die Spanne reichte hier von 0,08 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar bis 1,33 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar.

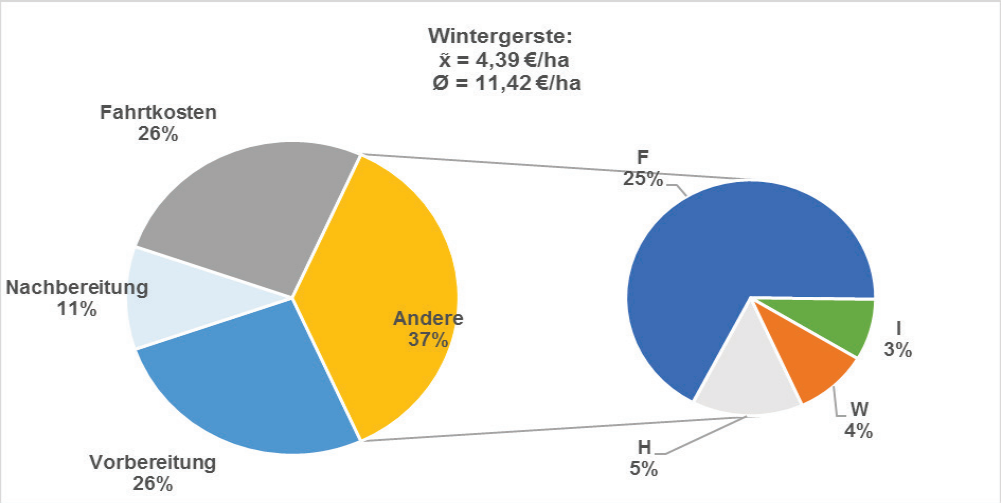


Abb. 123. Median (x̃) bzw. Durchschnitt (MW) Kosten für den Monitoringprozess (€/ha).
Aufteilung der Kosten für das Monitoring nach Art der Arbeit, Vor- und Nachbearbeitung der Bonituren, Wegzeiten, Bonituren und deren Verteilung je Schaderregerkategorie in der Wintergerste, F = Pilzkrankheiten, H = Unkräuter, I = Schädlinge, W = Bestandsentwicklung.

Der zeitliche Aufwand für die Bonituren je Demonstrationsfläche und Anbauperiode betrug bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar ca. 1,33 Stunden, bei Demonstrationsflächen mit 10-20 Hektar lag er bei 1,46

Stunden, bei Demonstrationsflächen zwischen 20 und 40 Hektar lag er bei 1,67 Stunden und bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar Fläche bei 1,83 Stunden. Im Durchschnitt wurden an 5,95 Tagen Bonituren durchgeführt.

Abb. 123 zeigt die Aufteilung der Kosten des Monitorings für Wintergerste. Die Kosten für die Bonituren auf dem Feld (37 %) entsprachen dabei den Arbeitskosten für Vor- und Nachbearbeitung (37 %). Innerhalb der Bonituren verursachten die Bonituren auf pilzliche Schaderreger die höchsten Kosten (25 % der gesamten Monitoringkosten). Die anderen Bonituren machten jeweils 5 % oder weniger der gesamten Monitoringkosten aus.

Monitoring im Winterraps

Die Kosten für das Monitoring im Winterraps waren weitaus höher als in der Wintergerste. Der Median für die Kosten des Monitorings im Winterraps belief sich auf 7,39 Euro je Hektar und Anbauperiode (Abb. 124).

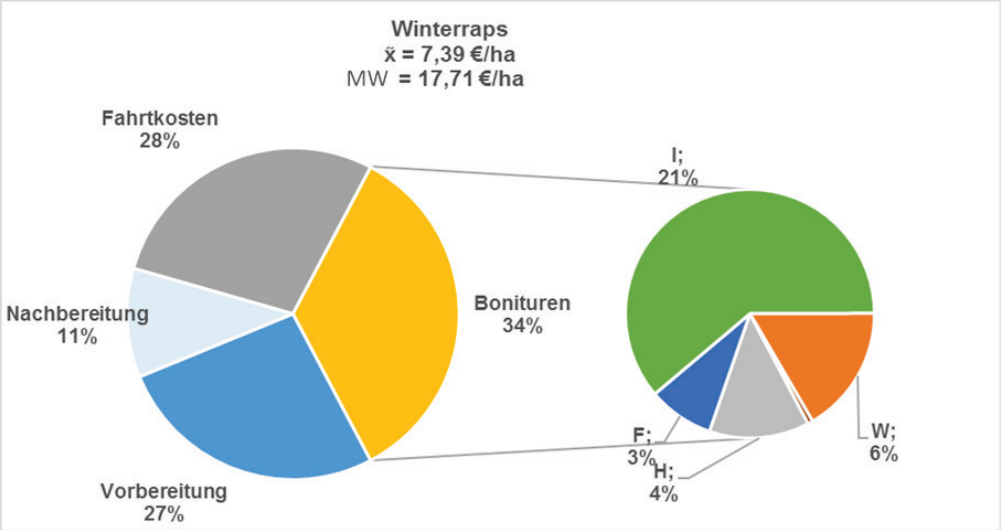


Abb. 124. Median (x̃) bzw. Mittelwert (MW) der Kosten für den Monitoringprozess (€/ha).
Aufteilung der Kosten für das Monitoring nach Art der Arbeit, Vor- und Nachbearbeitung der Bonituren, Wegzeiten, Bonituren und deren Verteilung je Schaderregerkategorie im Winterraps, F = Pilzkrankheiten, H = Unkräuter, I = Schädlinge, W = Bestandsentwicklung, M = Schnecken.

Tab. 55. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Bonituraufwand je Demonstrationsfläche der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
(h/Schlag), sowie durchschnittlicher zeitlicher Aufwand (h/ha) bzw. durchschnittliche Kosten (€/ha) für Bonituren, Vor- und Nachbereitung sowie Fahrzeiten und des gesamten Monitorings je Hektar und Anbauperiode für alle Demonstrationsflächen im Winterraps nach Schlaggrößenklassen

Schlag-größen-klasse		MW Fläche	Median		MW Bonitur-aufwand		MW Vor- und Nach-bereitung		MW Fahr-zeiten		Median Monitoring Gesamt	
			Bonitur-tage	Bonitur-aufwand								
	n	ha	d/a	h/Schlag	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha
<10 ha	151	4,6	7	1,58	0,60	6,25	0,74	8,19	0,60	4,96	1,94	22,98
10-20 ha	101	13,4	8	2,42	0,15	2,46	0,18	3,02	0,10	1,46	0,43	7,97
20-40 ha	65	31,5	12	2,92	0,08	1,49	0,11	1,82	0,06	1,04	0,25	4,56
>40 ha	62	56,0	12	3,08	0,05	0,78	0,06	1,02	0,03	0,44	0,14	2,33
alle	379	20,9	10	2,47	0,11	1,99	0,18	3,02	0,08	1,47	0,37	7,39

Bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar lag der Median bei 22,98 Euro je Hektar und Anbauperiode, bei Demonstrationsflächen mit 10-20 Hektar lag er bei 7,97 Euro je Hektar und bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar Fläche bei 2,33 Euro je Hektar. Der Median aller Demonstrationsflächen für den Zeitaufwand des Monitorings je Hektar betrug 0,37 Stunden. Die Spanne reichte hier von 0,14 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei

Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar, bis 1,94 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar Fläche (Tab. 55). Der zeitliche Aufwand für die Bonituren je Demonstrationsfläche und Anbauperiode betrug bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar ca. 1,58 Stunden, bei Demonstrationsflächen mit 10-20 Hektar lag er bei 2,42 Stunden, bei Demonstrationsflächen zwischen 20 und 40 Hektar lag er bei 2,92 Stunden und bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar Fläche bei 3,08 Stunden. Im Durchschnitt wurden an 9,32 Tagen Bonituren durchgeführt.

Die Kosten für die Bonituren auf dem Feld (34 %) entsprachen dabei den Arbeitskosten für Vor- und Nachbearbeitung (38 %). Innerhalb der Bonituren verursachten die Bonituren auf tierische Schaderreger die höchsten Kosten (21 % der gesamten Monitoringkosten). Die anderen Bonituren machen jeweils 6 % oder weniger der gesamten Monitoringkosten aus.

Monitoring im Winterweizen

Der Median für die Kosten des Monitorings im Winterweizen belief sich auf 5,33 Euro je Hektar und Anbauperiode (Abb. 125).

Tab. 56. Median des zeitlichen Aufwandes an Boniturtagen (d/a) je Jahr und des Bonituraufwand je Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz
(h/Schlag), sowie durchschnittlicher zeitlicher Aufwand (h/ha) bzw. die Kosten (€/ha) für Bonituren, Vor- und Nachbereitung sowie Fahrzeiten und des gesamten Monitorings je Hektar und Anbauperiode für alle Demonstrationsflächen im Winterweizen nach Schlaggrößenklassen

Schlag-größen-klasse		MW Fläche	Median		MW Bonitur-aufwand		MW Vor- und Nach-bereitung		MW Fahr-zeiten		Median Monitoring Gesamt	
			Bonitur-tage	Bonitur-aufwand								
	n	ha	d/a	h/Schlag	h/ ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha
<10 ha	147	5,3	7	1,92	0,54	6,32	0,67	6,80	0,52	3,01	1,73	16,33
10-20 ha	109	13,5	6	1,58	0,12	1,77	0,13	1,90	0,07	1,04	0,32	5,30
20-40 ha	77	28,7	8	2,18	0,06	1,06	0,07	1,19	0,04	0,67	0,17	3,24
>40 ha	64	60,0	8	2,60	0,03	0,68	0,04	0,66	0,02	0,33	0,09	1,67
alle	397	21,4	7	2,22	0,08	1,62	0,12	2,04	0,06	1,03	0,26	5,33

Bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar lag der Median bei 16,33 Euro je Hektar und Anbauperiode, bei Demonstrationsflächen mit 10-20 Hektar lag er bei 5,30 Euro je Hektar und bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar Fläche bei 1,67 Euro je Hektar. Der Median aller Demonstrationsfläche für den Zeitaufwand des Monitorings je Hektar betrug 0,26 Stunden je Hektar. Die Spanne reichte hier von 0,09 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei Demonstrationsflächen mit über 40 Hektar bis 1,73 Stunden je Hektar und Anbauperiode bei Demonstrationsflächen unter 10 Hektar (Tab. 56).

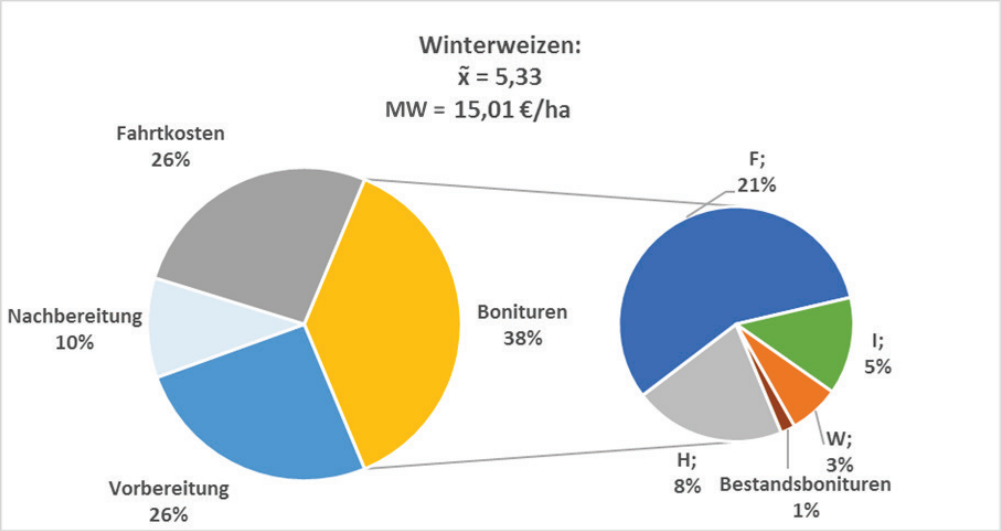


Abb. 125. Median (x̃) bzw. Mittelwert (MW) der Kosten für den Monitoringprozess (€/ha). Aufteilung der Kosten für das Monitoring nach Art der Arbeit, Vor- und Nachbearbeitung der Bonituren, Wegzeiten, Bonituren und deren Verteilung je Schaderregerkategorie im Winterweizen, F = Pilzkrankheiten, H = Unkräuter, I = Schädlinge, W = Bestandsentwicklung, M = Schnecken.

Abb. 125 zeigt die Aufteilung der Kosten des Monitorings für Winterweizen. Die Kosten für die Bonituren auf dem Feld (38 %) entsprachen dabei nahezu den Arbeitskosten für Vor- und Nachbearbeitung (36 %). Bonituren auf pilzliche Schaderreger verursachten die höchsten Kosten (21 % der gesamten Monitoringkosten). Unkrautbonituren machten 8 %, andere Bonituren jeweils 5 % oder weniger der Monitoringkosten aus.

10.3.4. Pflanzenschutzkosten (PSK)

Die gesamten Pflanzenschutzkosten (PSK) setzen sich aus den Kosten für Pflanzenschutzmittel, für Mittel zur Beizung des Saatgutes, den Arbeitserledigungskosten und den Kosten für das Monitoring zusammen. Im Folgenden werden die Höhe der gesamten PSK, die Gewichtung der einzelnen Komponenten und die Veränderungen im Laufe der Projektjahre beschrieben.

Im Durchschnitt beliefen sich die Kosten aller Demonstrationsflächen für den Pflanzenschutz in der Wintergerste auf 219,16 Euro je Hektar und Anbauperiode (Abb. 126). Den größten Anteil an den PSK hatten mit ca. 73 % (159,76 Euro je Hektar) die Kosten für Pflanzenschutzmittel. Die Arbeitserledigungskosten nahmen ca. 20 % der PSK ein, wobei ca. 14 % auf die Maschinenkosten und ca. 6 % auf die Lohnkosten entfielen. Die Kosten für die Saatgutbeizung beliefen sich auf ca. 10 Euro je Hektar und die Kosten für das Monitoring auf ca. 6 Euro je Hektar.

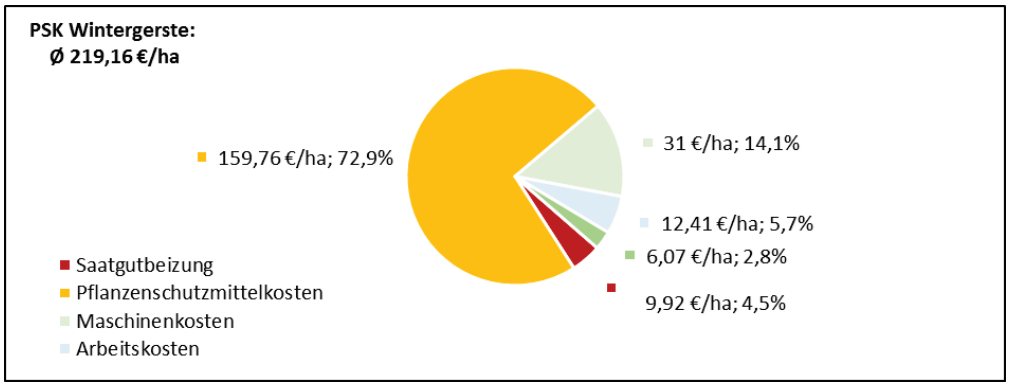


Abb. 126. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen in der Wintergerste bzw. durchschnittlicher Anteil der Kostenkomponenten Saatgutbeizung, Pflanzenschutzmittelkosten, Maschinenkosten, Arbeitskosten an den PSK (%) (2012-2018).

Die im Vergleich zur Wintergerste höhere Behandlungsintensität spiegelte sich auch in den PSK für Winterweizen wieder. Im Schnitt aller Demonstrationsflächen beliefen sie sich auf 251,43 Euro je Hektar (Abb. 127).

Die Aufteilung der Anteile der einzelnen Kostenkomponenten glich der Aufteilung in der Wintergerste. Die Änderungen bewegten sich im Bereich weniger Zehntel. Die Mehrkosten im Vergleich zur Wintergerste verteilten sich gleichmäßig über alle Komponenten. Die Kosten für Pflanzenschutzmittel beliefen sich auf 180,93 Euro je Hektar, die Arbeitserledigungskosten machten 51,38 Euro je Hektar aus. Die Kosten für das Monitoring erhöhten sich im Vergleich zur Wintergerste um über 2 Euro je Hektar auf 8,4 Euro je Hektar.

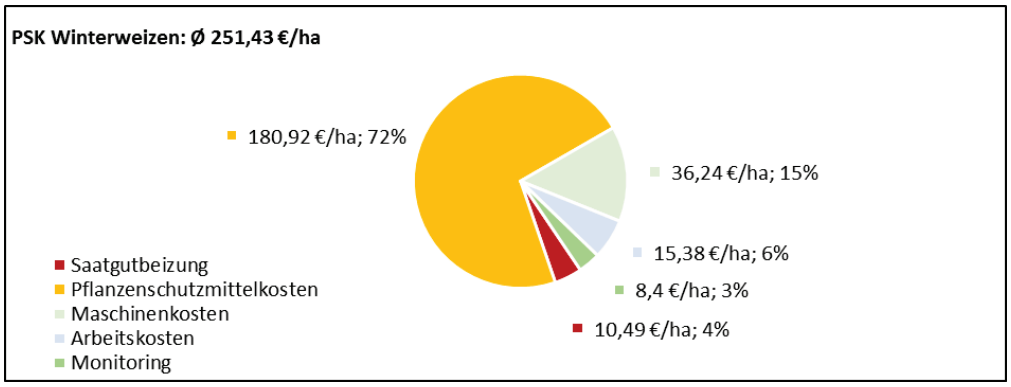


Abb. 127. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen im Winterweizen bzw. durchschnittlicher Anteil der Kostenkomponenten Saatgutbeizung, Pflanzenschutzmittelkosten, Maschinenkosten, Arbeitskosten an den PSK (%) (2012-2018).

Im Durchschnitt beliefen sich die Kosten für den Pflanzenschutz aller Demonstrationsflächen im Winterraps auf 290,55 Euro je Hektar und Anbauperiode (Abb. 128). Den größten Anteil an den PSK mit ca. 72 % (209,16 Euro je Hektar) hatten die Kosten für Pflanzenschutzmittel. Die Arbeitserledigungskosten nahmen ca. 22 % der PSK ein, wobei 15,6 % auf die Maschinenkosten und ca. 5,7 % auf die Lohnkosten entfielen. Die Kosten für die Saatgutbeizung beliefen sich auf ca. 4,25 Euro je Hektar und die Kosten für das Monitoring auf ca. 12,4 Euro je Hektar.

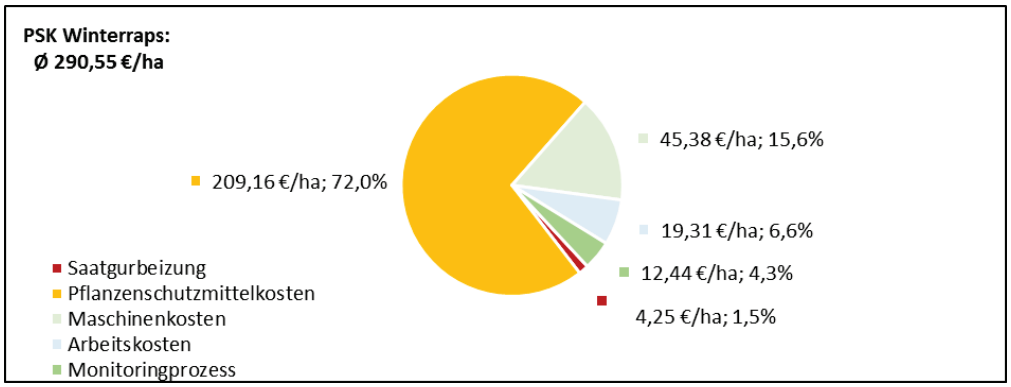


Abb. 128. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Wintergerste *bzw. durchschnittlicher Anteil der Kostenkomponenten Saatgutbeizung, Pflanzenschutzmittelkosten, Maschinenkosten, Arbeitskosten an den PSK (%) (2012-2018).*

10.3.4.1. Pflanzenschutzkosten im Projektverlauf

In Abb. 129 sind die durchschnittlichen PSK je Anbauperiode und Kultur bzw. der Anteil der Kostenkomponenten PSM, Arbeitserledigung, Saatgutbeizung und Monitoring an den PSK im Projektzeitraum dargestellt. Da es in den Projektjahren 2012 und 2013 sowie 2017 und 2018 eine unterschiedliche Zusammensetzung an teilnehmenden Bundesländern gab, und somit auch die Zusammensetzung der teilnehmenden Demonstrationsbetriebe jeweils andere waren, lässt sich ein Teil der unterschiedlichen PSK je Projektjahr darauf zurückzuführen.

So spiegelt der höhere Anteil der Arbeitserledigungskosten an den gesamten Kosten in den Jahren 2017 und besonders 2018 den höheren Anteil an Betrieben mit einer geringeren Flächenleistung wieder. Die sehr niedrigen PSK im Jahr 2012 beruhen auf den Daten der Demonstrationsbetriebe aus einem Bundesland, dessen PSK in allen folgenden Projektjahren unterhalb des Gesamtschnittes lagen. In Hinblick auf die Zusammensetzung der teilnehmenden Betriebe lassen sich die Jahre 2014 bis 2016 uneingeschränkt miteinander vergleichen. In allen Kulturen war in diesem Zeitraum ein Rückgang der PSK feststellbar, wobei das Verhältnis zwischen den Kosten für Pflanzenschutzmittel und den Arbeitserledigungskosten relativ konstant blieb.

Um einen Vergleich aller Projektjahre untereinander zu ermöglichen, wurden die PSK in einem bestimmten Projektjahr mit dem Projektdurchschnitt (5 Jahre) der Demonstrationsbetriebe, die in diesem Jahr an dem Projekt teilnahmen, verglichen (Abb. 130). Das Jahr 2013 wurde also mit dem Durchschnitt der Demonstrationsflächen von 2013 bis 2017 verglichen, da in diesen Jahren dieselben Betriebe am Projekt teilnahmen wie im Jahr 2013. Dadurch konnten Effekte, die sich aus den unterschiedlichen Zusammensetzungen der Demonstrationsbetriebe in den Projektjahren ergaben, vermindert werden.

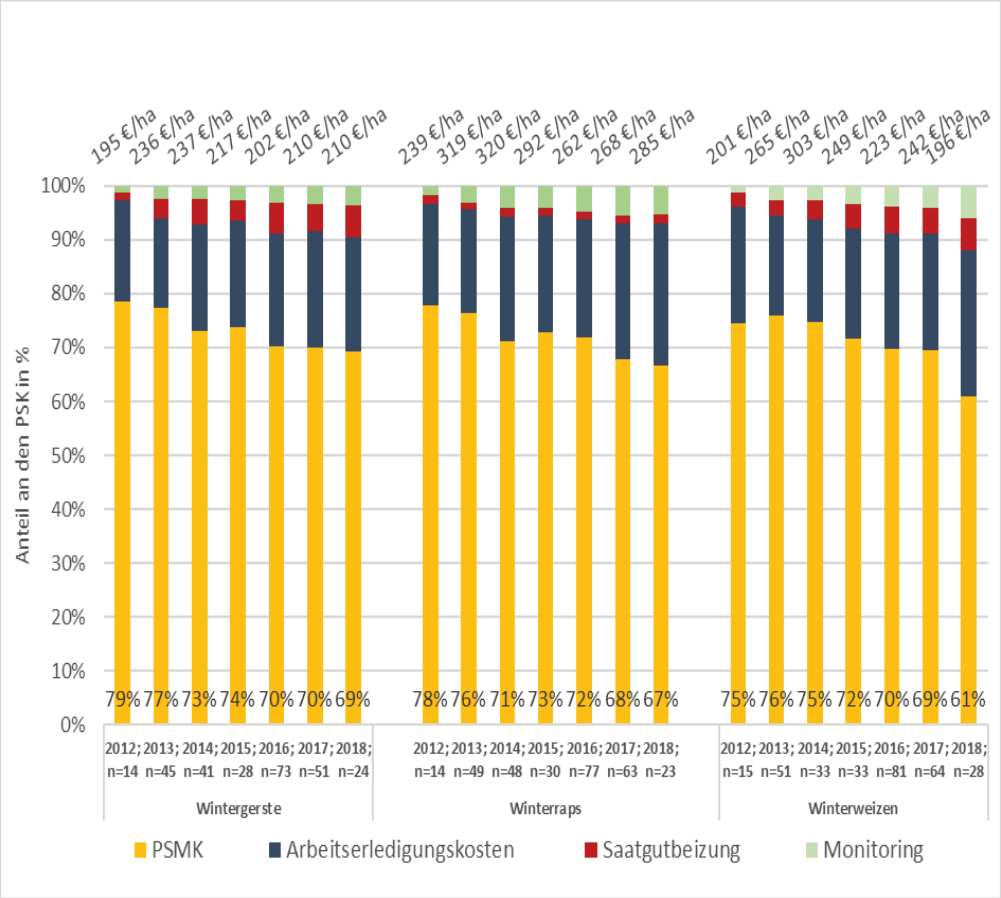


Abb. 129. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) je Jahr und Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) (€/ha) bzw. Anteil der Kostenkomponenten Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK), Arbeitserledigungskosten, Saatgutbeizung und Monitoring an den PSK im Laufe des Projektzeitraumes (2012-2018); n= Anzahl Flächen.

In den Kulturen Wintergerste und Winterraps zeigten die Veränderungen von Arbeitserledigungskosten und PSMK im Vergleich zum jeweiligen Projektdurchschnitt in fast allen Projektjahren die gleiche Richtung. Eine Steigerung der PSMK ging also mit einer Steigerung der Arbeitserledigungskosten einher. In der Wintergerste kam es 2013 und 2015 zu einem Anstieg der PSMK und zu einer Reduktion der Arbeitserledigungskosten. Es wurden also im Schnitt weniger Überfahrten getätigt, diese waren jedoch mit höheren Ausgaben für Pflanzenschutzmittel bzw. mit höheren Aufwandmengen verbunden. Der umgekehrte Fall trat in der Wintergerste im Jahr 2017 ein. Die unterschiedlichen Anpassungsmuster an die jeweiligen Herausforderungen des Pflanzenschutzjahres lassen den Schluss zu, dass die Betriebe in der Wintergerste über größere Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der Parameter Überfahrt, Art und Aufwandmenge der angewendeten Pflanzenschutzmittel verfügten. In der Wintergerste waren die Jahre 2013 und 2014 die Jahre mit den vergleichsweise höchsten PSK. 2016 bzw. 2017 waren die Jahre mit den vergleichsweise geringsten PSK. Im Winterraps waren 2012 und 2016 die Jahre mit den vergleichsweise geringsten PSK und 2013 und 2014 die Jahre mit den vergleichsweise höchsten PSK. Im Winterweizen war das Jahr 2015 das Jahr mit den mit Abstand höchsten PSK. Die Kosten für Pflanzenschutzmittel und Arbeitserledigung lagen in diesem Jahr über 50 Euro je Hektar über dem Durchschnitt.

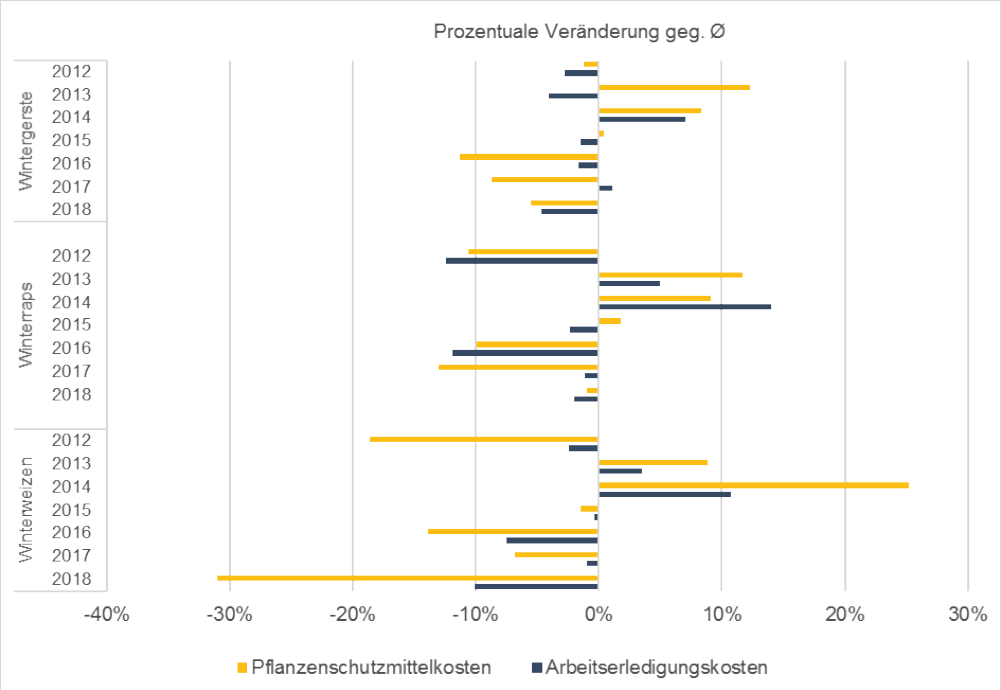


Abb. 130. Vergleich von Pflanzenschutzmittel- und Arbeitserledigungskosten je Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und Jahr in einem bestimmten Projektjahr mit dem Projektdurchschnitt (5 Jahre) der Demonstrationsbetriebe, die in dem Vergleichsjahr an dem Projekt teilnahmen.

10.3.4.2. Pflanzenschutzkosten nach Bundesländern

Im Wintergetreide wiesen die Demonstrationsflächen im Bundesland E im Mittel aller Projektjahre geringere Pflanzenschutzkosten (Wintergerste -12 %, Winterweizen -17 %) auf, als der jeweilige Projektdurchschnitt. Das ist zum einen auf geringere PSMK, zum anderen auf die niedrigeren Arbeitserledigungskosten zurückzuführen. Im Winterraps hingegen lagen die Pflanzenschutzkosten 3 % über dem Projektdurchschnitt, bei den PSMK sogar um 13 %. Während des gesamten Projektverlaufes gab es eine kontinuierliche Tendenz hin zu niedrigeren PSMK auf den Demonstrationsflächen des Bundeslandes E (Abb. 132, Abb. 133). In allen drei Kulturen wiesen das Jahr 2013 die höchsten und das Jahr 2016 die niedrigsten PSK auf.

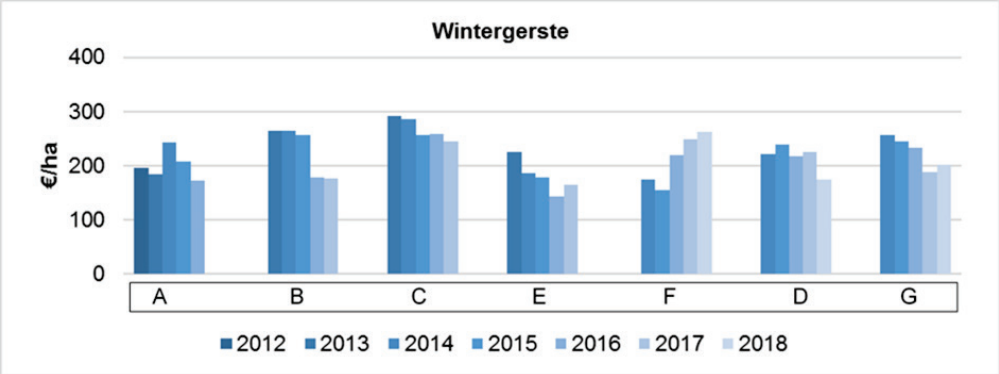


Abb. 131. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) in der Kultur Wintergerste aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018).

Die Demonstrationsflächen im Bundesland G wiesen etwas geringere PSK im Winterraps (-4 %) auf, sehr viel geringere Kosten im Winterweizen (-22 %) und höhere PSK in der Wintergerste (3 %). Ebenso wie im Bundesland E war das erste Jahr der Projektteilnahme das Jahr mit den höchsten Kosten und das vorletzte Projektjahr das mit den niedrigsten PSK. Allerdings betraf dies im Bundesland E das Jahr 2014 bzw. 2017.Ebenfalls erwähnenswert ist, dass im Winterraps die anderen Anbauperioden nahezu identische Kostenniveaus aufwiesen.

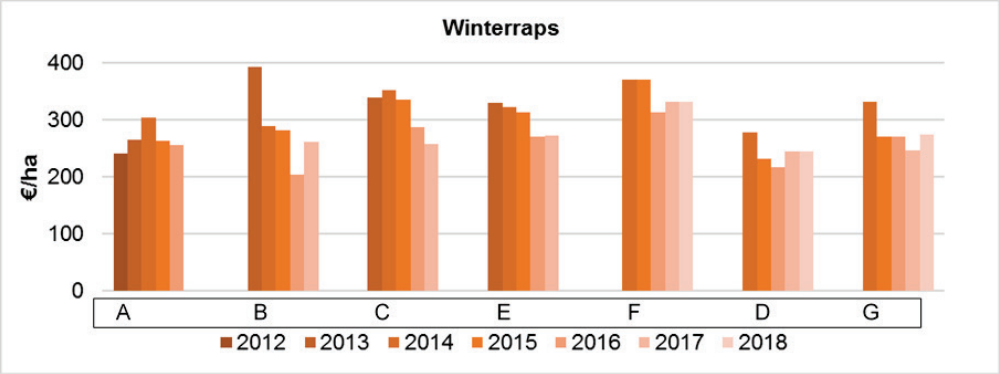


Abb. 132. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) im Winterraps aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018).

Die PSK im Winterraps auf den Demonstrationsflächen im Bundesland D lagen deutlich (-19 %) unter dem Schnitt. In der Wintergeste (-1 %) lagen die durchschnittlichen Kosten für Insektizide, Wachstumsregler und Herbizide ebenfalls unter dem Projektdurchschnitt und die für Fungizide über dem Projektdurchschnitt. Durch die klimatischen Bedingungen und die hohen Anbauumfänge von Winterweizen lagen die PSK für Winterweizen deutlich über dem Projektdurchschnitt. Im Wintergetreide wiesen das erste Projektjahr die höchsten und das Jahr 2018 die niedrigsten PSK auf. Die PSK auf den Demonstrationsflächen im Bundesland C waren verglichen mit dem Projektdurchschnitt relativ hoch. In allen drei Kulturen lagen sie über dem Projektschnitt (Wintergerste 23 %, Winterweizen 15 %, Winterraps 9 %). Auffällig war der Rückgang der Kosten ab dem Jahr 2014.

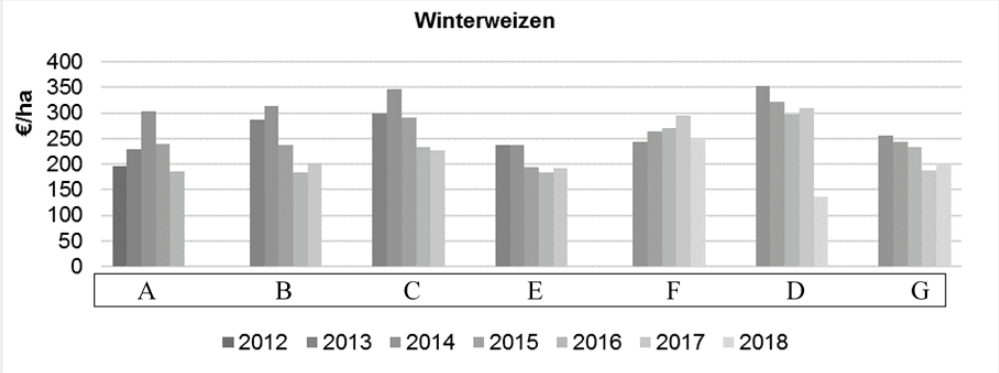


Abb. 133. Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) im Winterweizen aufgeteilt nach Bundesländern (A, B, C, E, F, D, G) und Projektjahren (2012-2018).

Obwohl die PSMK auf den Demonstrationsflächen im Bundesland B bei allen drei Kulturen unter dem Projektschnitt lagen (Wintergerste -5 %, Winterweizen -1 %, Winterraps -4 %), waren die PSK nicht wesentlich geringer als im Projektdurchschnitt (Wintergerste -4 %, Winterweizen -7 %, Winterraps -14 %). Im Wintergetreide lassen sich die Projektjahre hinsichtlich der Kosten in zwei Abschnitte unterteilen. 2013 bis 2015 waren die PSMK der Demonstrationsflächen im Bundesland B auf einem sehr hohen Niveau. In den Jahren 2016 und 2017 waren in allen Kulturen deutlich niedrigere Kosten zu verzeichnen.

Im Gegensatz zu den meisten anderen am Projekt teilnehmenden Bundesländern lagen die PSK auf den Demonstrationsflächen im Bundesland A im ersten Projektjahr unter dem Projektschnitt des Bundeslandes. Die Kosten in den Jahren 2015 bis 2017 lagen über dem Projektschnitt

Im Bundesland F spiegelte sich am deutlichsten der Einfluss der Arbeitserledigungskosten auf die PSK wieder. Die PSKM im Bundesland F lagen bei allen drei Kulturen unter dem Projektdurchschnitt (Wintergerste -17 %, Winterweizen -11 %, Winterraps -9 %). Die durchschnittlichen PSK lagen hingegen nur noch in der Wintergerste leicht unter dem Projektdurchschnitt (4 %), im Winterweizen lagen sie 9 %, im Winterraps 18 % über dem Projektdurchschnitt. Auffällig waren im Bundesland F außerdem, dass es keinen klaren zeitlichen Gradienten hin zu geringeren Kosten gab.

10.3.4.3. Pflanzenschutzkosten nach Betriebskategorie

Im Winterraps und in der Wintergerste zeigte der Vergleich der unterschiedlichen Betriebskategorien am deutlichsten den Einfluss der unterschiedlichen Mechanisierungsvarianten auf die gesamten PSK (Abb. 134). Obwohl auf den Demonstrationsflächen der Betriebe der Kategorie „<200 ha“ die Kosten für Pflanzenschutzmittel im Winterraps um 17,5 bzw. 18,5 Euro je Hektar und Anbauperiode geringer waren als die Kosten für Pflanzenschutzmittel der Betriebe der Kategorie “200-1.000 “ bzw. „>1.000 “, wiesen die Demonstrationsflächen der Betriebe der Kategorie „<200 ha“ die höchsten gesamten Pflanzenschutzkosten aller Betriebskategorien im Winterraps auf. Das lässt sich vor allen auf die deutlich höheren Arbeitskosten zurückführen. Diese machten 11 % der gesamten Pflanzenschutzkosten aus. Hier war der Anteil mehr als dreimal höher als bei den Demonstrationsflächen der Kategorie “>1.000 “. Die Kosten in der Wintergerste zeigten ein ähnliches Muster. Im Winterweizen wiesen die Betriebe der Kategorie „<200 ha“ die höchsten PSMK auf. Durch die höheren Arbeitserledigungskosten ergaben sich Mehrkosten von 67 bzw. 73 Euro je Hektar und Anbauperiode gegenüber den Pflanzenschutzkosten auf den Demonstrationsflächen der Betriebe der Kategorien „200-1.000 ha“ Hektar und “>1.000 ha“.

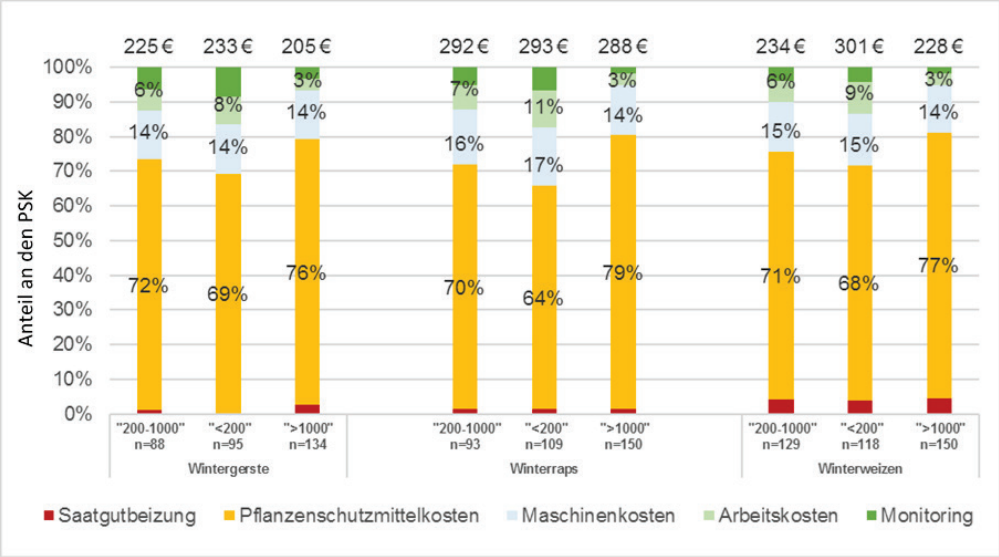


Abb. 134. Mittlere Pflanzenschutzkosten (€/ha) und dem Anteil der Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten, Kosten für Saatgutbeizung und den Kosten für Monitoring aller Demonstrationsflächen (2012-2018) unterteilt nach Betriebskategorie („<200 ha“, „200-1.000 ha“, „>1.000 ha“) Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) (n=Anzahl der Flächen).

10.3.4.4. Vergleich der Pflanzenschutzkosten auf den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen

Abb. 135 zeigt den Vergleich zwischen den mittleren PSK (ohne die Kosten der Saatgutbeizung) auf den Demonstrationsflächen und den mittleren PSK der VGB-Flächen. Die Vergleichsgruppe der Vergleichsbetriebe wurde so gewählt, dass sie den Demonstrationsbetrieben hinsichtlich Betriebsgröße und geografischer Lage (Zuordnung zu den teilnehmenden Bundesländern bzw. CEPI-Clustern) ähneln. Die Kosten für die Beizung des Saatgutes wurden nur für die Demonstrationsflächen berechnet. Sie sind dementsprechend nicht Teils der verglichenen PSK. Allerdings schränken der starke Einfluss einzelner Betriebe und die dokumentierte Flächenleistung bzw. singuläre Ereignisse, die sich nur auf ein sehr eingeschränktes Gebiet beziehen, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ein. Den wichtigsten Faktor für die Höhe der Kostendifferenz stellten die PSMK dar, sie machten in allen drei Kulturen über 80 % der Kostendifferenz aus. In Bezug auf das Wintergetreide wurden die größten Kostendifferenzen in den Pflanzenschutzmittelkategorien Fungizide und Herbizide beobachtet.

Im Winterraps waren die Unterschiede bei den Fungiziden weniger hoch, dafür waren größere Unterschiede bei den Kosten für Wachstumsregler und Insektizide zu beobachten. Die Unterschiede in Bezug auf die Arbeitserledigungskosten beruhten auf der geringeren Zahl an Überfahrten je Anbauperiode auf den Demonstrationsflächen.

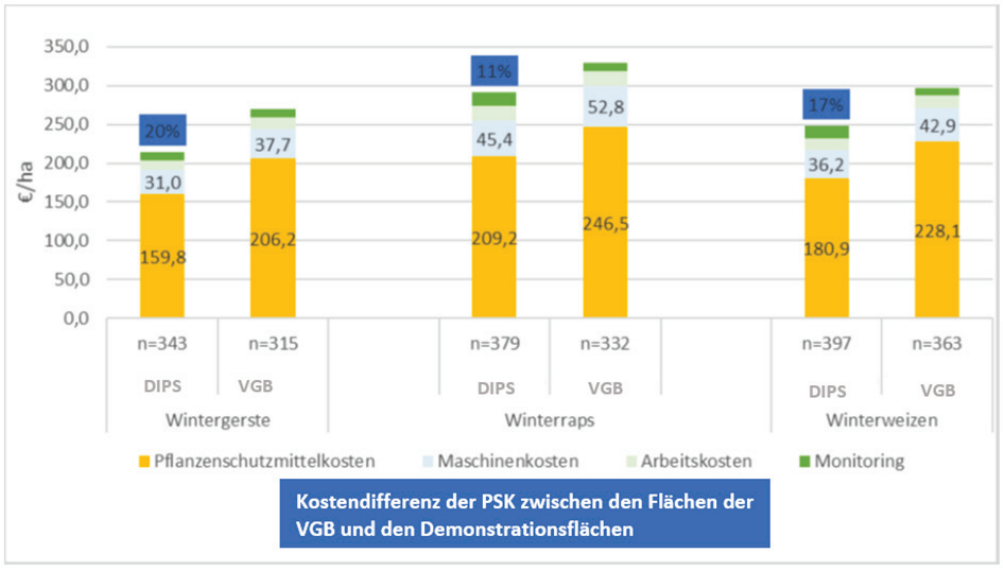


Abb. 135. Vergleich der kumulierten mittleren Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten und Kosten für das Monitoring der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) (Mittelwert 2012-2018) mit den mittleren Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten und Kosten für das Monitoring der Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) (€/ha) (Mittelwert 2012-2018), sowie die mittlere prozentuale Kostendifferenz (%) der Pflanzenschutzkosten (PSK) zwischen VGB-Flächen und Demonstrationsflächen je Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen).

In der Wintergerste betrug die Kostendifferenz 55,1 Euro je Hektar und Anbauperiode, was einer Kostenminderung um 20 % entspricht (Abb. 135). Im Winterweizen waren es 49,7 Euro je Hektar und Anbauperiode und damit eine Minderung der Kosten um 17 %. Im Winterraps betrug die Kostendifferenz 37,6 Euro je Hektar. Dies entsprach einer Reduktion der Pflanzenschutzkosten um 11 %. Die Kostendifferenz wurde durch die bei den Demonstrationsflächen höheren Monitoringkosten je Hektar und Anbauperiode etwas verringert. Im Winterraps beliefen sich die Mehrkosten für das Monitoring auf ca. 7 Euro je Hektar und Anbauperiode und im Winterweizen und in der Wintergerste jeweils rund auf 5 Euro je Hektar.

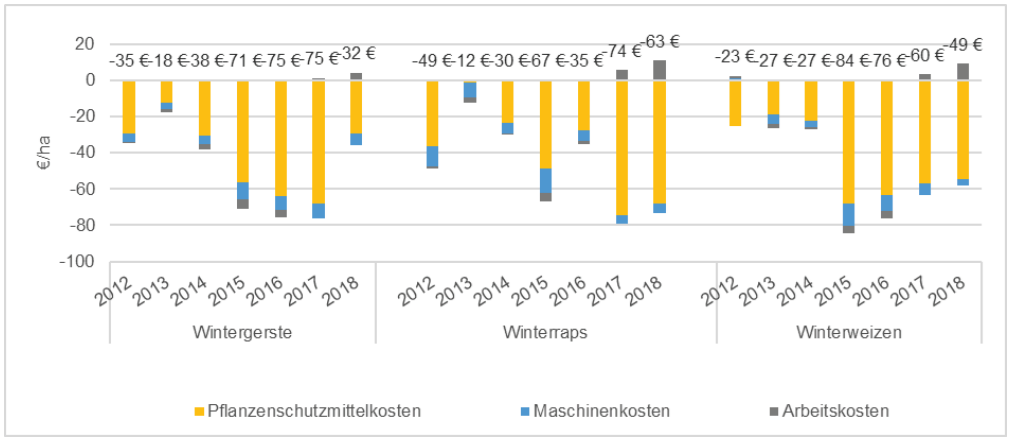


Abb. 136. Veränderung der mittleren Kostendifferenz je Jahr (€/ha) (Pflanzenschutzmittelkosten, Arbeitskosten und Maschinenkosten) zwischen den Pflanzenschutzkosten (PSK) der Demonstrationsflächen und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz im Projektzeitraum,
unterteilt nach Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen).

Betrachtet man die Entwicklung der Kostendifferenz im Projektzeitraum (Abb. 136) fällt der Unterschied hinsichtlich der Entwicklung der PSMK im Vergleich zu den Arbeitserledigungskosten auf. Bei den Kosten für Pflanzenschutzmittel war die Kostendifferenz in allen drei Kulturen im Zeitraum 2015-2018 höher als in den ersten drei Projektjahren. Demgegenüber verzeichneten die Demonstrationsflächen in den Jahren 2017 und 2018 höhere Arbeitserledigungskosten als die Vergleichsbetriebe. Dies war auf den höheren Anteil an Betrieben mit unter 200 Hektar an allen teilnehmenden Demonstrationsbetrieben zurückzuführen. In dieser Betriebskategorie bestanden die größten Unterschiede zwischen den KTBL-Annahmen hinsichtlich der Arbeitserledigungskosten und den anhand der

Projektdaten berechneten Arbeitserledigungskosten. Die höchste mittlere Kostendifferenz im Winterraps ergab sich in dem Jahr 2017. Sie betrug 74 Euro je Hektar. Im Winterweizen betrug die maximale mittlere Kostendifferenz 84 Euro im Jahr 2015. In der Wintergerste betrug die maximale mittlere Kostendifferenz 75 Euro in den Jahren 2015 und 2016.

10.3.4.5. Pflanzenschutzkosten nach Demonstrationsbetrieben

Der Vergleich der PSK zwischen VGB-Flächen und Demonstrationsflächen nach CEPI-Clustern zeigte deutlich, dass die PSK für die jeweiligen CEPI-Cluster sehr unterschiedlich waren. Dies bestätigte auch die Berechnung der PSK auf betrieblicher Ebene. Betrachtet man die einzelnen Demonstrationsbetriebe nach CEPI-Clustern (Abb. 137), fallen die großen Unterschiede innerhalb der CEPI-Cluster auf.

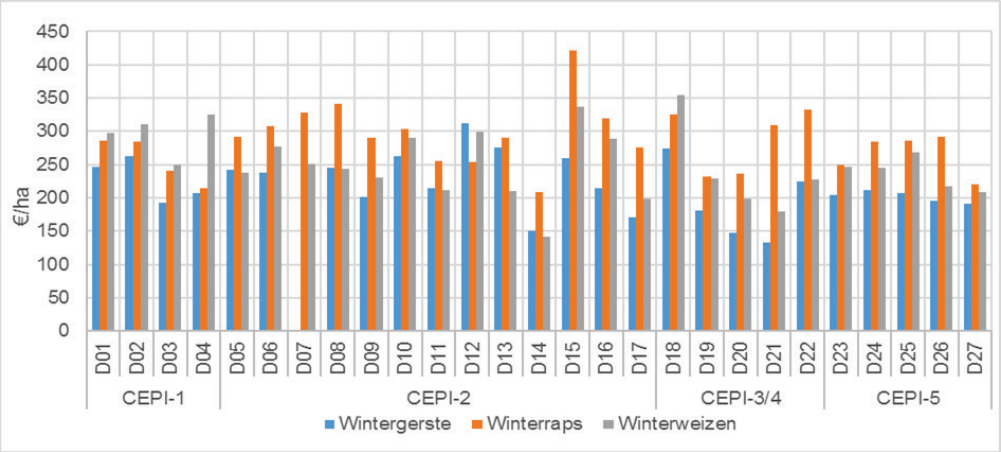


Abb. 137. Mittlere Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) je Demonstrationsbetrieb (5 Jahre im Zeitraum 2012-2018) aufgeteilt nach Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und CEPI-Clustern (1-5; anonymisiert).

Sowohl der Betrieb mit den höchsten PSK (D-Max) als auch der Betrieb mit den niedrigsten PSK (D-Min) lag im gleichen CEPI-Cluster. Dabei unterschieden sich die kostenbestimmenden Faktoren dieser zwei Betriebe in den Kulturen stark voneinander. Im Wintergetreide machten die Kosten für PSM fast 50 % der Kostendifferenz aus. Den größten Anteil hiervon nahmen die geringeren Kosten für Herbizide aus (Tab. 57). Der D-Min-Betrieb verzichtete schon vor Projektbeginn auf Herbizidmaßnahmen im Herbst und setzte stattdessen auf mechanische Möglichkeiten um Ausfallraps bzw. Ausfallgetreide zu behandeln. Daneben wurden im Wintergetreide im Fungizidbereich deutlich geringere PSK benötigt. Neben den geringeren Kosten für Pflanzenschutzmittel wies der D-Min-Betrieb eine geringere Anzahl an Überfahrten je Hektar auf. Da der Betrieb D-Min auch noch eine Pflanzenschutztechnik mit höherer Flächenleistung und kürzerer Hof-Feld-Entfernung aufwies, erhöhte dies die Kostendifferenz zum D-Max-Betrieb zusätzlich.

Tab. 57. Vergleich der durchschnittlichen Pflanzenschutzkosten (PSK) sowie der mittleren Kosten für Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Arbeitskosten und Kosten für das Monitoring und die Saatgutbeizung (€/ha) (2014-2018) der Überfahrten je Anbauperiode (n/a) und Arbeitszeit (h/ha) zwischen dem Demonstrationsbetrieb mit dem höchsten (D-Max) und dem mit den geringsten (D-Min) Pflanzenschutzkosten (im Durchschnitt aller Kulturen) in den Kulturen Winterraps, Wintergerste und Winterweizen

		Wintergerste		**Winterraps**		**Winterweizen**	
Betrieb		D-Min	D-Max	D-Min	D-Max	D-Min	D-Max
Beizung	€/ha	10,42	13,69	3,29	6,40	12,24	12,51
Kosten-PSM	€/ha	107,32	157,50	152,13	242,07	97,65	200,91
Überfahrten	n/a	3,00	3,18	4,29	6,18	2,77	4,23
Arbeitszeit	h/ha	0,12	0,57	0,13	0,56	0,11	0,59
Arbeitserledigungskosten	€/ha	27,43	77,09	40,10	150,17	23,5	106,83
Monitoringkosten	€/ha	4,81	11,05	12,54	22,98	7,58	16,33
Gesamte PSK	€/ha	149,98	259,33	208,05	421,62	141,04	336,58

10.4. Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL)

Bei der Berechnung der Pflanzenschutzkosten wurde bereits festgestellt, dass sich die Kosten in einem sehr weiten Rahmen bewegen. Bei der Bestimmung der Leistung je Hektar spielen noch weitere Einfluss Faktoren eine Rolle, wie u. a. die Erzeugerpreise. Entsprechend weit war auch das Spektrum der berechneten PSKFL für die untersuchten Flächen und Kulturen (Tab. 58).

10.4.1. Pflanzenschutzkostenfreie Leistung nach Kulturen

Die durchschnittliche PSKFL in der Kultur Wintergerste lag für alle Demonstrationsflächen bei ca. 984 Euro je Hektar. Die Standardabweichung betrug dabei 238 Euro je Hektar. Die höchste PSKFL betrug 1812 Euro je Hektar und die minimale PSKFL betrug 316 Euro je Hektar. Die für die Restflächen berechneten Werte lagen in einem ähnlichen Bereich. Die durchschnittliche PSKFL war um ca. 35 Euro je Hektar geringer und lag bei 949 Euro je Hektar. Ein erheblicher Unterschied war beim Minimalwert festzustellen. Hier lag die geringste PSKFL um 112 Euro je Hektar höher als bei den Demonstrationsflächen.

Im Winterweizen lag die durchschnittliche PSKFL bei 1120 Euro je Hektar, bei einer Standardabweichung von 260 Euro je Hektar. Die Spannbreite zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert war größer als bei der Wintergerste. Das lag an einem Schlag der einen Totalausfall zu verzeichnen hatte, und somit eine negative PSKFL aufwies. Der Maximalwert bei den Demonstrationsflächen lag bei 1989 Euro je Hektar, er war damit deutlich höher als der Maximalwert der Restflächen (1626 Euro je Hektar). Die durchschnittliche PSKFL war bei den Restflächen um ca. 55 Euro je Hektar geringer. Der Minimalwert der Restflächen lag bei 466 Euro je Hektar.

Im Winterraps wurden im Durchschnitt höhere Erlöse (1405 Euro je Hektar) erzielt als im Wintergetreide. Die PSK waren jedoch ebenfalls höher als in den beiden Wintergetreidekulturen. Dies führte dazu, dass die PSKFL zwar über der PSKFL der Wintergerste lag, jedoch unter den Werten des Winterweizens. Im Durchschnitt wiesen die Rapsschläge eine PSKFL von 1115 Euro je Hektar bei einer Standardabweichung von 268 Euro je Hektar auf. Maximal waren es bei den Demonstrationsflächen 1907 Euro je Hektar und bei den Restflächen 1756 Euro je Hektar. Im Schnitt lag die PSKFL der Demonstrationsflächen bei 61 Euro je Hektar über der PSKFL der Restflächen. Im Minimum waren es 496 Euro je Hektar bei den Restflächen, während bei den Demonstrationsflächen eine Fläche, wie im Winterweizen, eine negative PSKFL aufwies.

Tab. 58. Anzahl Schläge (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s) für den Erlös, die Pflanzenschutzkosten (PSK) und die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) in (€/ha) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und der Restflächen in den Jahren 2012-2018 in den Kulturen Wintergerste, Winterraps und Winterweizen

Wintergerste					
Demonstrationsflächen 2012-2018 (N=343)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	506,13	2.000,76	244,62	**1.203,12**
PSK		44,31	403,01	61,39	**219,16**
PSKFL		316,40	1.811,91	236,67	**983,96**
Restflächen 2012-2018 (N=78)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	583,99	2.013,37	263,99	**1.183,27**
PSK		66,10	406,84	62,89	**234,60**
PSKFL		428,46	1.857,35	258,81	**948,67**
Winterraps					
Demonstrationsflächen 2012-2018 (N=379)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	311,44	2.193,59	264,01	**1.405,37**
PSK		101,67	493,58	73,86	**290,55**
PSKFL		-52,88	1.906,66	267,95	**1.114,82**
Restflächen 2012-2018 (N=86)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	712,86	2.129,34	270,98	**1.374,73**
PSK		145,57	582,27	89,30	**321,00**
PSKFL		495,75	1.759,68	273,51	**1.053,73**
Winterweizen					
Demonstrationsflächen 2012-2018 (N=397)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	286,54	2.235,55	268,72	**1.371,12**
PSK		61,37	512,77	78,87	**251,43**
PSKFL		-127,08	1.988,94	260,07	**1.119,69**
Restflächen 2012-2018 (N=106)					
		Min	**Max**	**s**	**MW**
Erlös	€/ha	743,27	1.889,17	254,14	**1.333,15**
PSK		88,39	518,23	89,24	**268,32**
PSKFL		465,51	1.625,77	236,00	**1.064,82**

10.4.2. Entwicklung der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung im Projektverlauf nach Kulturen

Für alle untersuchten Kulturen wurden die durchschnittliche PSKFL der Demonstrationsflächen bzw. der Restflächen im Projektverlauf, und die durchschnittliche Höhe der PSK im Vergleich zum Erlös, also der Quotient aus PSK und Erlös berechnet (Abb. 138). Im Jahr 2012 waren die PSK der teilnehmenden Betriebe aus dem Bundesland A sehr gering und die Erzeugerpreise waren im Vergleich zum weiteren Projektverlauf die höchsten. Dementsprechend lag die durchschnittliche Höhe der PSK im Vergleich zum Erlös in diesen Jahren bei 11 % im Winterweizen und 13 % im Winterraps und in der Wintergerste. Im Winterraps bzw. Winterweizen war ein kontinuierlicher Rückgang der PSKFL ab dem Jahr 2013 zu verzeichnen, was größtenteils auf den Rückgang der Erzeugerpriese zurückzuführen war. Eine Ausnahme stellte das Jahr 2018 dar, hier war der Rückgang der PSKFL auf einen Ertragsrückgang zurückzuführen.

In der Wintergerste war kein kontinuierlicher Rückgang der PSKFL zu beobachten. Der Ertragsrückgang im Jahr 2018 war geringer als bei den anderen Kulturen und konnte durch eine Steigerung des Erzeugerpreises ausgeglichen werden. So bewegte sich die PSKFL im Jahr 2018 auf einem ähnlichen Niveau wie 2017. Den dominierenden Einfluss

des Ertrags auf die PSKFL verdeutlichten auch die Ergebnisse für das Jahr 2014. Für das 2014 wurden vergleichsweise sehr hohe PSK berechnet. Die PSKFL lag jedoch auf einem ähnlichen Niveau wie 2015 und 2017 und damit deutlich über dem ertragsschwachen Jahr 2016. Bis auf das jahr 2013 war der Anteil des Erlöses, der für die PSK aufzubringen war (PSK/Erlös) auf den DIPS-Schlägen geringer als auf den Restflächen.

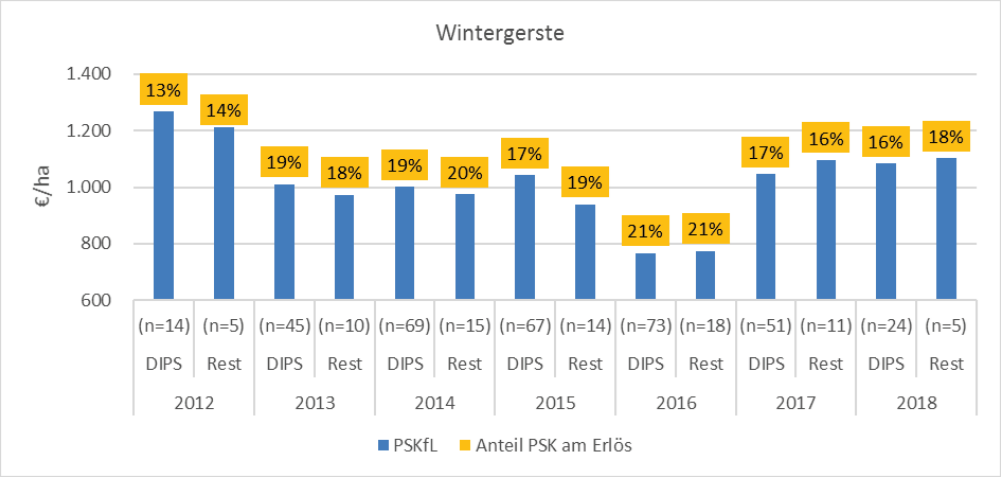


Abb. 138. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) in der Wintergerste für die Jahre 2012 bis 2018 sowie die durchschnittliche Höhe der Pflanzenschutzkosten (PSK) im Vergleich zum Erlös in % (PSK/Erlös) (n=Anzahl Flächen).

Im Winterraps waren die Jahre 2012 und 2016 gekennzeichnet durch die vergleichsweise geringsten PSK aller Projektjahre. Der hohe Erzeugerpreis 2012 führte zu hohen Erlösen, so dass die Höhe der PSK der Demonstrationsflächen nur 13% der Höhe des Erlöses der Demonstrationsflächen betrug. Im Jahr 2016 bewegten sich die PSK auf einem ähnlichen Niveau wie 2012, die Höhe der PSK betrug hier jedoch 25 % von der Höhe des Erlöses und die PSKFL war um fast 450 Euro je Hektar geringer. Im Jahr 2018 stiegen die PSK verglichen mit dem Erlös auf 25% des Erlöses der Demonstrationsflächen an. Wie in der Wintergerste war bis auf das Jahr 2013 der Anteil des Erlöses, der für die PSK aufzubringen war (PSK/Erlös) auf den Demonstrationsflächen geringer als auf den Restflächen. Die größte Differenz bei der PSKFL zwischen Demonstrationsflächen und Restflächen innerhalb eines Jahres wurde für das Jahr 2015 berechnet. Sie Betrug ca. 48 Euro je Hektar.

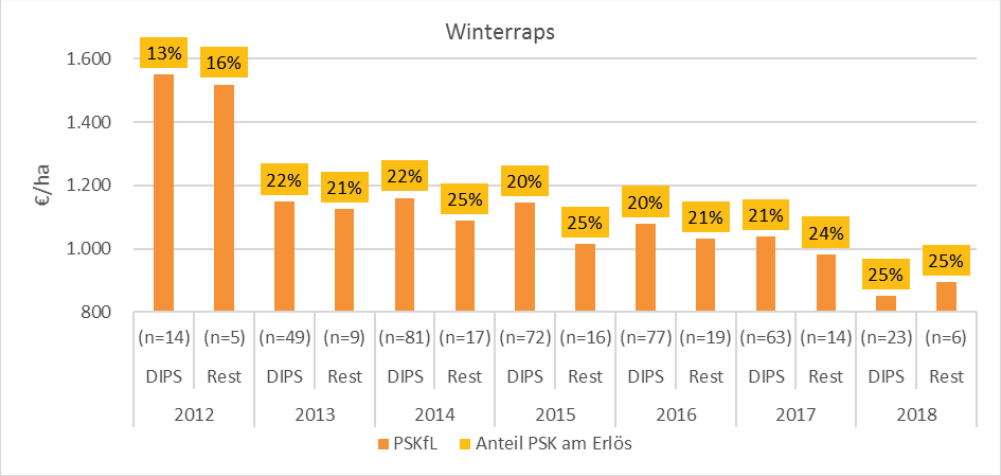


Abb. 139. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) im Winterraps für die Jahre 2012 bis 2018 sowie die durchschnittliche Höhe der Pflanzenschutzkosten (PSK) im Vergleich zum Erlös in % (PSK/Erlös) (n=Anzahl Flächen).

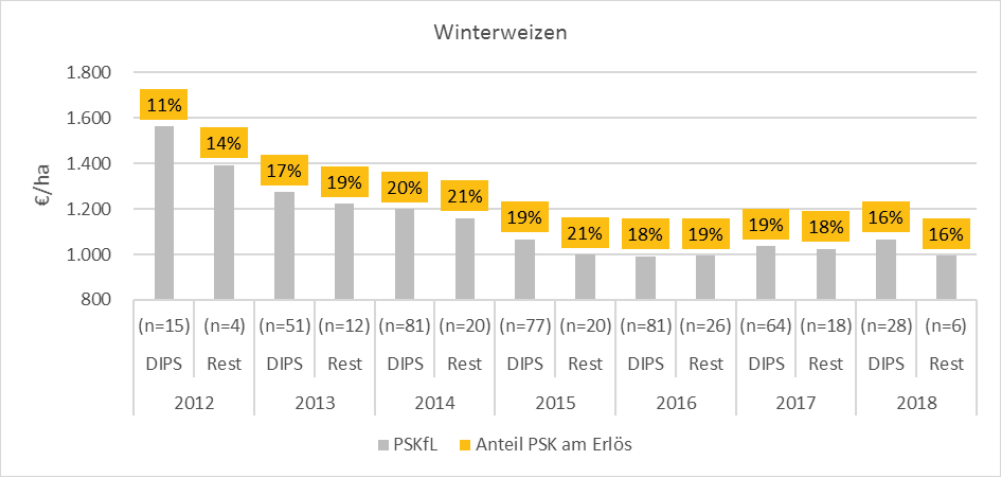


Abb. 140. Entwicklung der durchschnittlichen Pflanzenschutzkostenfreien Leistung (PSKFL) (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) im Winterweizen für die Jahre 2012 bis 2018 sowie die durchschnittliche Höhe der Pflanzenschutzkosten (PSK) im Vergleich zum Erlös in % (PSK/Erlös) (n=Anzahl Flächen).

Im Winterweizen sind ähnliche Tendenzen wie in den anderen Kulturen zu verzeichnen. Allerdings gingen die Erlöse 2012 auf 2013 nicht so stark zurück, wie im Winterraps und auf den DIPS-Schlägen war auch kein so ertragsschwaches Jahr (2016) wie bei der Wintergerste zu verzeichnen. Dementsprechend geringer waren die Schwankungen beim durchschnittlichen Quotienten zwischen PSK und Erlös. Auffallend war zudem, dass die Demonstrationsflächen und die Restflächen sich bei diesem Wert ab dem Jahr 2016 kaum noch voneinander unterschieden.

Betrachtet man die PSKFL unterteilt nach Betriebskategorien (Abb. 141) ist der Einfluss der PSK, und hier insbesondere der unterschiedlichen Mechanisierungsvarianten auf die PSKFL, deutlich zu erkennen. In der Wintergerste und im Winterweizen wurden auf den Schlägen der Betriebskategorien „<200 ha“ höhere Erlöse erzielt als bei den Schlägen der Betriebskategorien „>1.000 ha“. Durch die hohen Arbeitserledigungskosten der Betriebskategorien „<200 ha“ lag die durchschnittliche PSKFL im Winterweizen 27 Euro je Hektar und in der Wintergerste 26 Euro je Hektar unter der PSKFL der Betriebskategorien „>1.000 ha“. Im Winterraps minimierte dieser Effekt die Einsparungen, die im Bereich der PSMK erzielt worden waren.

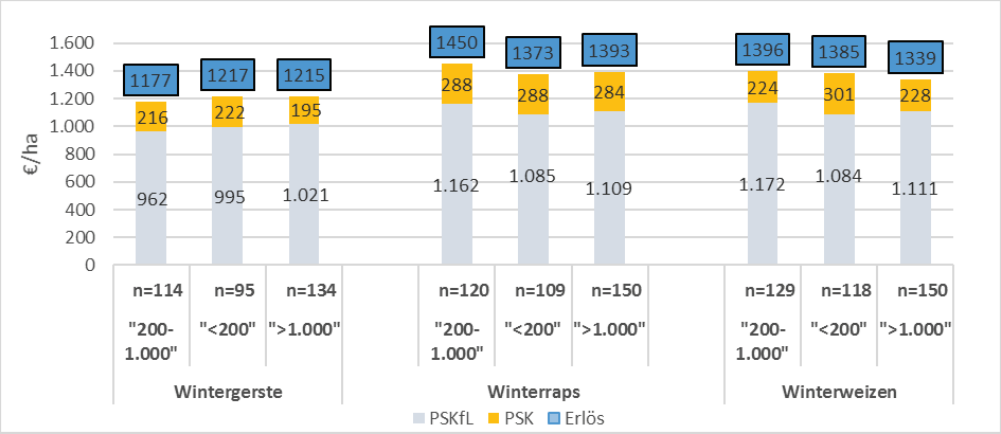


Abb. 141. Durchschnittliche Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL), Pflanzenschutzkosten (PSK) und Erlös (€/ha) aller Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (2012-2018) unterteilt nach den Betriebskategorien („<200 ha“, „200-1.000 ha, „>1.000 ha“) und Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) (n=Anzahl der Flächen).

10.4.3. Vergleich der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und den Vergleichsbetrieben

Im Gegensatz zu den PSK, die direkt durch das Projekt und dessen Ziele beeinflusst wurden, hatte das Projekt nur indirekt (Erträge) oder keinen (Erzeugerpreise) Einfluss auf die Erlöse, welche maßgeblich für die Berechnung der PSKFL sind. Wie schon beim Vergleich der PSK sind die Kosten für die Beizung des Saatgutes nicht in den Vergleich der PSKFL eingeflossen.

10.4.3.1. Vergleich Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und auf den Vergleichsbetrieben nach Kultur

Die durchschnittliche PSKFL aller Demonstrationsflächen lag in allen drei Kulturen über dem Durchschnitt der PSKFL der VGB-Flächen (Tab. 59). In der Wintergerste betrug die durchschnittliche PSKFL auf den VGB-Flächen 893,10 Euro je Hektar. Die Differenz zu der PSKFL der Demonstrationsflächen betrug 100,78 Euro je Hektar. Etwa 60 % der Differenz war auf die PSK zurückzuführen. Die PSK betrugen 23 % des Erlöses der VGB-Flächen und 17 % bei den Demonstrationsflächen.

Dieser Wert betrug bei den Demonstrationsflächen 17 %. Bei den VGB-Flächen mit Winterraps mussten 24 % des Erlöses für den Pflanzenschutz aufgebracht werden. Dieser Wert lag um 11 % höher als bei den Demonstrationsflächen. Die Differenz zwischen den durchschnittlichen PSKFL lag bei 56 Euro je Hektar, wobei ca. 80 % auf die PSK zurückzuführen waren.

Im Winterweizen betrug die durchschnittliche PSKFL auf den Vergleichsbetriebsflächen 1074,26 Euro je Hektar. Die PSK betrugen 22 % des Erlöses der VGB-Flächen und 18 % bei den Demonstrationsflächen. Sie lagen damit in einem ähnlichen Bereich wie bei der Wintergerste. Die durchschnittliche Differenz zwischen der PSKFL der Demonstrationsflächen und der PSKFL der VGB-Flächen lag in einem ähnlichen Bereich wie beim Winterraps (56 Euro je Hektar). Da die Erlöse auf den VGB-Flächen insgesamt etwas höher waren als auf den Demonstrationsflächen, resultierte die Differenz bei der PSKFL zu 100 % aus den geringeren durchschnittlichen PSK.

Tab. 59. Mittlere Pflanzenschutzkosten (PSK) und Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) (€/ha) sowie die Höhe der PSK im Vergleich zum Erlös (PSK/Erlös) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und der Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB) (2012-2018) sowie die mittlere Differenz der PSK und der PSKFL von den Demonstrationsflächen und VGB-Flächen (MW DIPS-VGB) (€/ha) für Wintergerste, Winterraps und Winterweizen

Quelle	Anzahl	Einheit	PSKFL	PSK	PSK/Erlös
Wintergerste					
MW DIPS	n=343		993,88	209,24	17%
MW VGB-	n=315	€/ha	893,10	269,70	23%
MW DIPS-VGB			100,78	-60,46	-
Winterraps					
MW DIPS	n=379		1.119,07	286,30	20%
MW VGB	n=332	€/ha	1.063,25	329,15	24%
MW DIPS-VGB			55,82	-42,85	-
Winterweizen					
MW DIPS	n=397		1.130,18	240,94	18%
MW VGB	n=363	€/ha	1.074,26	297,22	22%
MW DIPS-VGB			55,92	-56,28	-

10.4.3.2. Vergleich der Pflanzenschutzkostenfreien Leistung auf den Demonstrationsflächen und den Vergleichsbetrieben nach Kultur im Projektzeitraum

Es war im Projektverlauf keine Tendenz hin zu höheren bzw. niedrigeren Differenzen bei der PSKFL zwischen Demonstrationsflächen und VGB-Flächen innerhalb des Projektzeitraumes festzustellen (Abb. 142). Im Folgenden wird der Verlauf der Differenzen bei den Kenngrößen PSK, Erlöse und PSKFL analysiert.

Wintergerste

In vier der sieben Projektjahre konnte in der Wintergerste für die Demonstrationsflächen im Vergleich zu den VGB-Flächen trotz etwas geringerer Erlöse (zwischen -0,4 % und -1,7 %) eine höherer PSKFL (zwischen 1,2 % und 6,5 %) berechnet werden. In diesen Jahren glichen die geringeren PSK (zwischen -8,7 % und -28,3 %) die geringeren Erlöse auf den DIPS-Schlägen aus.

In Jahren in den auf den Demonstrationsflächen bereits höhere Erlöse erzielt werden konnten, führten die geringeren PSK zu einer noch höheren PSKFL. Die Höhe dieses Effektes unterscheidet sich je nach Höhe des Erlöses und nach

Höhe der PSK. 2014 führten z. B. 16 % niedrigere PSK zu einer 10 % höheren PSKFL, der Erlös auf den Demonstrationsflächen war um 4,4 % höher. 2016 war der Erlös nur um ca. 2 % höher. Aufgrund der viel niedrigeren PSK (-29,5 %) war die PSKFL in diesem Jahr aber um 13,4 % höher.

Winterweizen

Im Winterweizen war der Einfluss der PSK auf die PSKFL aufgrund der höheren Gewichtung der Erlöse etwas geringer als in der Wintergerste. In vier Jahren wiesen die DIPS-Schläge ebenfalls geringere Erlöse auf (zwischen -1,4 % und -4,9 %). Die niedrigeren PSK (zwischen -9,1 % und -20,8 %) in diesen Jahren führten aber zu geringeren Differenzen bei der PSKFL. 2018 war die PSKFL bei den DIPS-Schlägen geringer als bei den VGB-Schlägen. 2012 und 2014 war die PSKFL annähernd gleich. Auffallend waren die Ergebnisse für die Jahre 2015 und 2016. Hier konnten sowohl die größten Einsparungen, jeweils über 26 %, im Bereich der PSK als auch die höchsten Mehrerlöse für die Demonstrationsflächen berechnet werden.

Winterraps

Im Winterraps wurden in den Jahren 2015 und 2017 die größten Differenzen hinsichtlich der PSKFL erzielt (10,6 % bzw. 6,9 %), in diesen Jahren waren die höchsten Einsparungen an PSK zu verzeichnen waren (-18,4 % bzw. -21,1 %). 2015 war zudem das Jahr mit der größten Differenz bei den Erlösen (3,6 %). In den anderen Projektjahren waren die Unterschiede bei den Erlösen geringer als bei den beiden Wintergetreidekulturen. Sie lagen zwischen -0,7 % und 1,2 %. Die Unterschiede bei der PSKFL sind also zu einem großen Teil auf Unterschiede bei den PSK zurückzuführen.

Bis auf das Jahr 2018, und dort nur in der Kultur Winterweizen, konnte auf den DIPS-Schlägen im Durchschnitt eine höhere PSKFL erzielt werden. Das Erntejahr 2015 war aus betriebswirtschaftlicher Sicht das Jahr mit den größten Differenzen hinsichtlich der PSKFL. In diesem Jahr wurden für die Demonstrationsflächen deutlich höhere Erlöse berechnet als bei den VGB-Flächen.

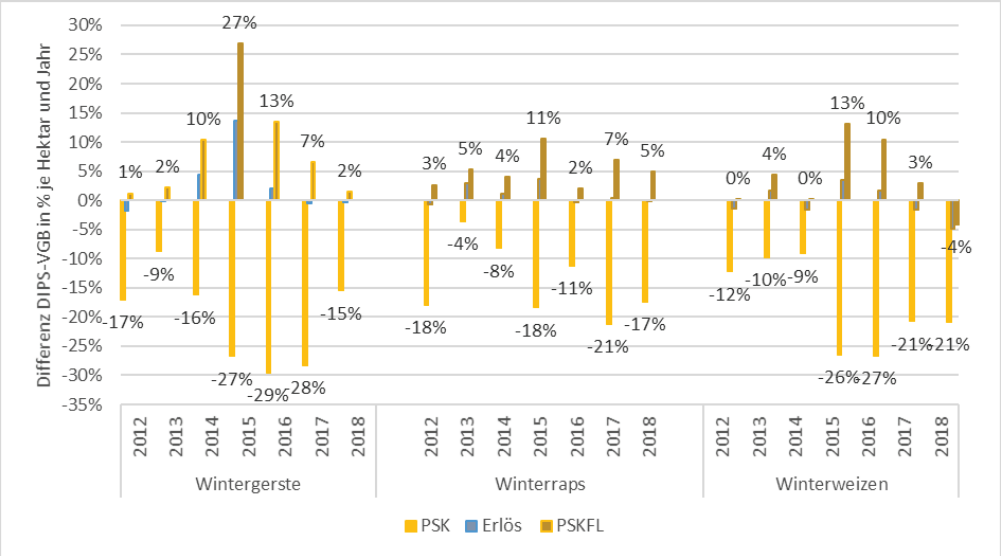


Abb. 142. Veränderung der Differenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz
je Hektar und Jahr (%) für die Pflanzenschutzkosten (PSK), die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) und die Erlöse im Projektzeitraum (2012-2018), unterteilt nach Kulturen (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen).

10.4.4. Vergleich der Ergebnisse der Checklisten und der Pflanzenschutzkostenfreie Leistung der DIPS-Betriebe

Die im Rahmen des Projektes erstellten Checklisten waren ein Instrument zur Bewertung der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) während der Projektlaufzeit. Als Orientierungspunkt inwieweit eine Umsetzung gemäß den Leitlinien des IPS Einfluss auf die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung Einfluss hatte, wurde die Betriebe gemäß ihrer durchschnittlichen Checklisten-Bewertung (Rang 1 höchste Checklisten Bewertung) geordnet. Diese Reihenfolge wurde der Reihenfolge der DIPS-Betriebe gemäß ihrer Pflanzenschutzkosten freien Leistung (Rang 1 höchste PSKFL), den Pflanzenschutzkosten (Rang 1 niedrigste PSK) SK und Ertrag (Rang 1 höchster Ertrag) zugeordnet (Anl. 36).

Für den Betrieb mit der höchsten Checklisten-Einstufung wurden auch die höchste PSKFL berechnet, dabei nahm dieser Betrieb nur den 15. Rang bei den PSMK ein. Der Betrieb mit der geringsten Einstufung bei der PSKFL hatte bei der Checklisten-Einstufung Rang 26. Allerdings gab es keinen direkten Zusammenhang zwischen der Einstufung gemäß Checkliste und der PSKFL bzw. den PSMK. So sind hohe PSMK nicht unbedingt mit einem geringeren Maß an integriertem Pflanzenschutz verbunden, sondern können auch aus den jeweiligen Bedingungen vor Ort resultieren.

Im Folgenden werden wichtige Elemente des IPS, hemmende und fördernde Faktoren sowie deren Auswirkungen auf betriebswirtschaftliche Kenngrößen analysiert.

10.5. Faktoren, die den Umsetzungsgrad des integrierten Pflanzenschutzes auf den Betrieben positiv oder negativ beeinflussen

Der integrierte Pflanzenschutz wird im Pflanzenschutzgesetz als „Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt“ wird definiert. Die Betriebe konnten gemäß der Beurteilung der Pflanzenschutzdienste dieses notwendige Maß auf den allermeisten Demonstrationsflächen einhalten. Im Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutz wird das das notwendige Maß bei der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln als die „Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die notwendig ist, um den Anbau der Kulturpflanzen, besonders auch vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit, zu sichern“ (ANONYMUS, 2013) definiert. Das Implementieren von Verfahren, die dazu beitragen, den integrierten Pflanzenschutz im Sinne des Pflanzenschutzgesetzt umzusetzen, hängt also davon ab, inwieweit sich wie sich Innovationen im Produktionssystem bzw. Produktionsverfahren wirtschaftlich nachhaltig umsetzen lassen. Ein wichtiger Faktor hierbei ist die wirtschaftliche Situation eines Betriebes (MOHR, 1977).

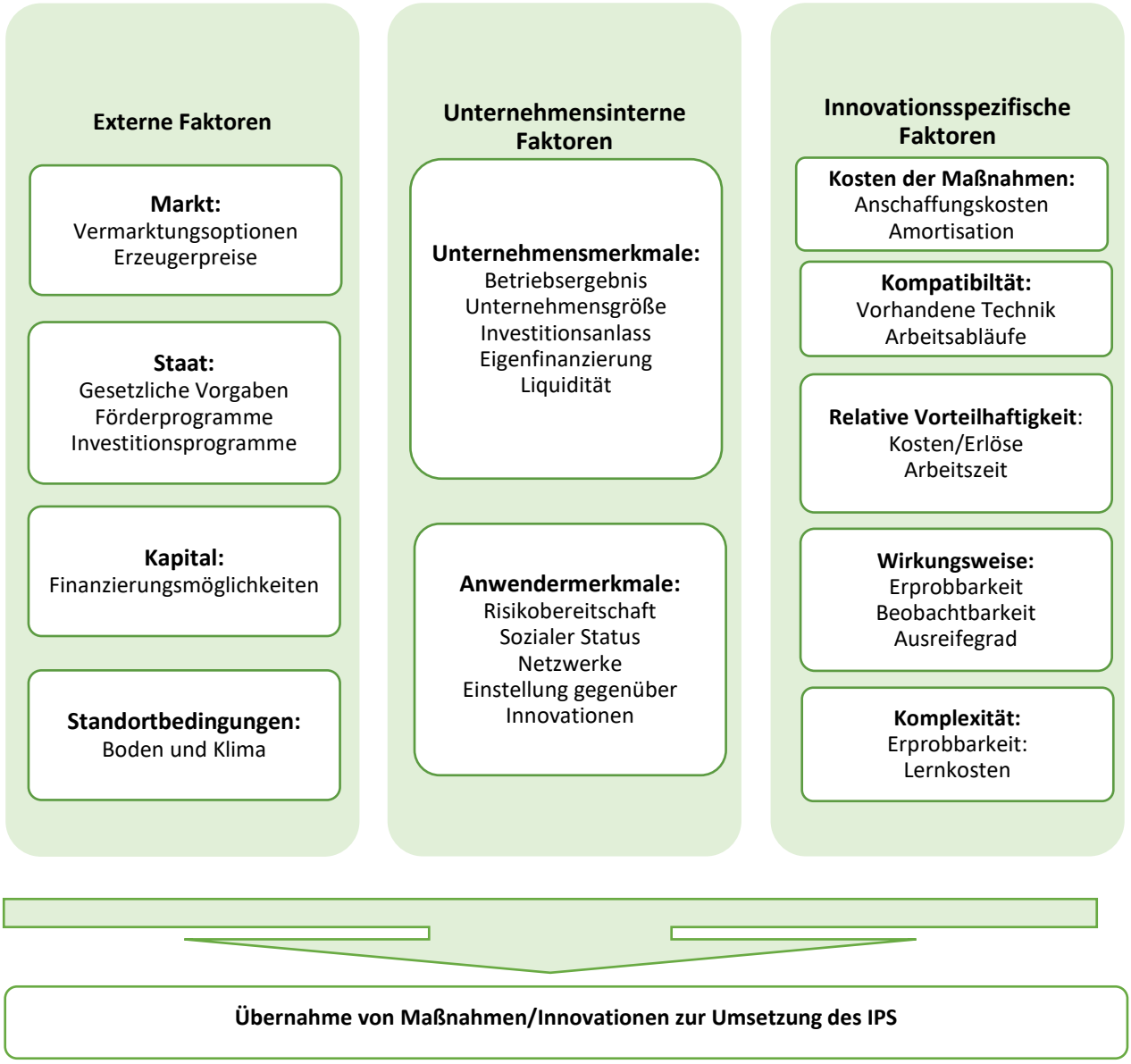


Abb. 143. Faktoren, welche die Übernahme von Maßnahmen bzw. Innovationen zur Umsetzung des IPS beeinflussen. Eigene Darstellung nach ALBRECHT, H., 1969; MOHR, H.-W., 1977, ROGERS, E. M., 1995.

Neben den Auswirkungen auf Kosten und Leistungen gibt es noch eine Vielzahl anderer Faktoren die bestimmen, ob die Durchführung einer bestimmten Maßnahme für einen bestimmten Betrieb aus wirtschaftlicher Sicht umsetzbar ist. Das Zusammenspiel dieser Faktoren entscheidet, inwieweit eine Innovation bzw. Maßnahme von einem Betrieb als sinnvoll erachtet wird (Abb. 143).

In diesem Zusammenhang wird zwischen externen Faktoren, innovationsspezifischen und unternehmensinternen Faktoren unterschieden. Unter die externen Faktoren fallen das Marktgeschehen, staatliche Interventionen, die Verfügbarkeit von Kapital und die Standortbedingungen auf den Ackerflächen.

Hinsichtlich der unternehmensinternen Faktoren spielen viele Faktoren, die sich aus der wirtschaftlichen Lage des Betriebes ableiten, eine Rolle, und Faktoren, die sich aus der Denkweise der Betriebsleitung und dessen gesellschaftlicher Rolle (z. B. als Meinungsführer oder als Netzwerker) ableiten.

Unter den innovationsspezifischen Faktoren versteht man Auswirkungen, die sich aus der Art der Innovation bzw. Maßnahme zur Umsetzung des IPS ergeben. Darunter fällt z. B. welches Wissen und welche Lernkosten die Anwendung einer Maßnahme erfordern, oder welche Anschaffungskosten notwendig sind, um ein bestimmtes Gerät zu erwerben.

Außerdem ändert die Anwendung neuer Arbeitsverfahren die Kosten und den Arbeitszeitaufwand des bestehenden Anbauverfahrens. Die Kosten wiederum sind stark von den eingesetzten Maschinen, und der Möglichkeit, diese Maschinen effizient in den Betriebsablauf zu integrieren, abhängig.

Mithilfe der Berechnungen zu den PSMK, PSK und PSKFL sowie den Berichten der DIPS-Betriebe und der Pflanzenschutzdienste konnten oben genannte Faktoren teilweise bestimmten Maßnahmen zur Umsetzung des IPS zugeordnet werden, und deren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Arbeits- bzw. Anbauverfahren analysiert werden. Hierzu wurden für bestimmte Maßnahmen betriebswirtschaftliche Kennwerte (PSK, PSMK bzw. PSKFL) aus den Projektdaten berechnet. Für andere Maßnahmen deren Umfang bzw. deren Zuordnung zu den Demonstrationsflächen nicht nachvollziehbar war, wurden projektspezifische Szenarien erstellt.

10.5.1. Vorbeugende Maßnahmen

Zu den vorbeugenden Maßnahmen zählen u. a. die Fruchtfolge, die Saatzeiten, die Art der Grundbodenbearbeitung und die Wahl der angebauten Sorten. Der spezifische Einfluss einzelner Fruchtfolgen und der Anbaukonzentration einzelner Kulturen auf das Schaderregeraufkommen und die damit verbundenen PSMK einzelner Flächen konnte nicht untersucht werden. Hierzu bedürfte es einer mehrjährigen Betrachtung einzelner Flächen.

10.5.1.1. Fruchtfolgegestaltung und Sortenwahl

Die Auswahl der Kulturen und nachfolgend die Auswahl der Sorten gehören zu den weitreichendsten Entscheidungen, die in einem landwirtschaftlichen Unternehmen getroffen werden, dementsprechend vielfältig sind die Einflussfaktoren. Die Anbaukonzentrationen und die damit verbundene Gestaltung der Fruchtfolge hat einen großen Einfluss auf das Schaderregeraufkommen und die damit verbundene Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel (KIRKEGAARD et al., 2008).

In Tab. 60 sind Faktoren der Auswertung der Berichte der DIPS-Betriebe und der teilnehmenden Pflanzenschutzdienste aufgelistet bzw. zusammengefasst und durch Faktoren zum Verhalten der Betriebsleitung ergänzt (ALBRECHT, 1969; MOHR, 1977). Diese Faktoren können zur Veränderung der Anbaustruktur von landwirtschaftlichen Betrieben beitragen bzw. die Veränderung der Anbaustruktur hemmen.

Im Projekt wurden maximale Anbaukonzentrationen und Anbaupausen definiert, die ein erhöhtes Schaderregeraufkommen vermeiden sollten. Hinsichtlich der im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Bewertung untersuchten Kulturen wurden für den Anbau von Winterraps eine Anbaukonzentration von 33 % und eine zweijährige Anbaupause definiert. Für das gesamte Getreide gilt eine Anbaukonzentration von unter 67 % als Maßstab. Außerdem soll Winterweizen nur in Ausnahmefällen in Selbstfolge angebaut werden. Im Rahmen des Projektes wurde die Vorfrucht der Demonstrationsflächen erfasst. Daran ließ sich für den Winterweizen untersuchen, inwieweit sich Unterschiede zwischen Winterweizen- Demonstrationsflächen mit Winterweizen als Vorfrucht und Winterweizen- Demonstrationsflächen ohne Winterweizen als Vorfrucht hinsichtlich der PSMK bzw. der Erträge zeigten. Im Durchschnitt wiesen die 41 Schläge auf denen Winterweizen nach Winterweizen angebaut wurde, um ca. 17 Euro je Hektar höhere PSMK auf.

Tab. 60. Faktoren, die zur Veränderung der Anbaustruktur einzelner Kulturen (Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl), von Betrieben beitragen bzw. diese hemmen können

Hemmende Faktoren	**Fördernde Faktoren**
Externe Faktoren	
Markt:	**Markt**:
Nachfrage nach bestehenden Sorten	Neue Vermarktungswege: Nachfrage nach neuen Kulturen (Emmer, Dinkel) und Stärkung regionaler Vermarktungswege
Transaktionskosten für die Informations-beschaffung und für die Implementierung neuer Vermarktungswege (Verträge, Mengen, Preise)	**Staat**:
Staat:	Agrarumweltprogramme
Komplizierte und starre Ausgestaltung von Förderprogrammen	Anpassung an klimabedingte Veränderungen bei den Anbaubedingungen
Standortfaktoren:	
klimatische Bedingungen und Bodenfruchtbarkeit begrenzen die Möglichkeit alternative Kulturen anzubauen	
Betriebliche Faktoren	
Betriebswirtschaftlich:	**Betriebswirtschaftlich**:
Schlechte Betriebsergebnisse (Erhaltung der Liquidität steht im Vordergrund, mehrjährige Effekte treten in den Hintergrund)	Gute Betriebsergebnisse (Spielraum für kurzfristig geringere Erlöse)
Investitionsbedarf bei neuen Kulturen in Anbautechnik und Erntelogistik	Kostenvorteile beim Anbau eigener Futtermittel
Arbeitswirtschaftlich:	Pflanzenschutzmittelkosten-Einsparung bzw. Ertragssicherung durch besseres Resistenzmanagement
Implementierung neuer Arbeitsprozesse erfordert Zeit	**Arbeitswirtschaftlich**:
Betriebsleitung:	Entzerrung von Arbeitsspitzen, bessere Arbeitszeitverteilung
Skeptisch, erst durch Gleichgestellte zur Innovationsübernahme bereit	**Betriebsleitung**:
Risiko-Averse Einstellung	Positive Einstellung zur Wissenschaft, hohe Risikobereitschaft
	Gesellschaftliche Wertschätzung insbesondere von Berufskolleginnen und Kollegen

Die Differenz war nicht nur auf die Anwendung von Herbiziden und Fungiziden zurückzuführen, sondern verteilte sich recht gleichmäßig auf die verschiedenen Pflanzenschutzmittelkategorien. Bei den Herbiziden bzw. Fungiziden betrug die Differenz 4,75 Euro je Hektar bzw. 4,99 Euro je Hektar. Die Differenzen variierten in den einzelnen Projektjahren beträchtlich (Tab. 61). Im Jahr 2013 wurden auf den Demonstrationsflächen ohne Selbstfolge 20,61 Euro je Hektar mehr für Herbizide und 42,53 Euro je Hektar weniger für Fungizide ausgegeben. Im Jahr 2015 wurden hingegen auf den Demonstrationsflächen ohne Selbstfolge 32,78 Euro je Hektar weniger für Herbizide ausgegeben.

Tab. 61. Vergleich der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) für Herbizide (PSMK-F), Fungizide (PSMK-F) und der Erträge (dt/ha) zwischen Winterweizen-Demonstrationsflächen mit Winterweizen als Vorfrucht (Se) und Winterweizen-Demonstrationsflächen ohne Winterweizen als Vorfrucht (oSe) (2013-2018) (n=Anzahl Flächen)

Jahr	**n = Selbst-folge (Se)**	**n = ohne Selbst-folge (oSe) in €/ha**	**PSMK-H**		**PSMK-F**		**Erträge**	
			MW Se in €/ha	**MW Se - MW oSe in €/ha**	**MW Se in €/ha**	**MW Se – MW oSe in €/ha**	**ME Se in €/ha**	**MW Se – MW oSe in €/ha**
2013	3	48	42,42	- 20,61	155,41	42,53	82,67	-2,16
2014	9	72	51,75	-7,43	144,94	8,48	86,12	-3,00
2015	8	69	83,32	31,78	100,91	-0,32	88,45	1,64
2016	11	70	46,07	3,92	105,45	16,60	83,52	3,82
2017	10	54	50,43	2,95	97,27	-2,91	76,92	-7,21
2013-2018	41	313	55,91	4,75	108,94	4,99	80,98	-2,43

Bei der Sortenwahl sollte darauf geachtet werden, keine Sorten zu verwenden, die gegenüber relevanten Schaderregern als anfällig gelten. Sorten werden als anfällig bewertet, die hinsichtlich eines relevanten Schaderregers eine Einstufung des Bundessortenamts von 7-9 aufweisen. Als besonders resistent gelten hier Sorten, die im Schnitt der relevanten Schaderregerkategorien einen Wert unter 3 aufweisen, während kein Einzelwert höher als 5 ist.

Ebenso wie bei der Wahl der angebauten Kultur, spielt die Nachfrage des Handels bei der Wahl der Sorte eine wichtige Rolle. Besonders im Getreideanbau werden vom Handel bestimmte Qualitätseigenschaften nachgefragt, die im erheblichen Maß durch die Kulturführung beeinflusst werden. Die Landwirtinnen und Landwirte haben diesbezüglich bei bestimmten Sorten eine langjährige Erfahrung, die bei der Sortenwahl schwerer wiegt, als die Resistenzeigenschaften. Dies war vermutlich ein hemmender Faktor bei der Umsetzung des IPS. Ein weiteres Hemmnis waren die Unsicherheiten bezüglich der Verlässlichkeit der Resistenzeigenschaften für den Fall, dass neue Krankheitsstämme entstehen sollten. Dies könnte auch ein Grund sein, dass sich die Resistenzeigenschaften der Sorten nur bedingt in den PSK wiederspiegeln.

In Tab. 62 sind Erträge und Kosten für Fungizide der Demonstrationsflächen, der Restflächen sowie der VGB-Flächen für die Jahre 2013 bis 2017 aufgelistet. Innerhalb der Demonstrationsflächen fiel auf, dass die als anfällig eingestuften Sorten insgesamt sogar niedrigere Fungizidkosten aufwiesen, als die als mäßig anfällig eingestuften Sorten. Bei den VGB-Flächen halten sich die Kosten bei anfälligen und mäßig anfälligen Sorten die Waage, sind aber deutlich höher als bei den Demonstrationsflächen. Eine Sorte mit besonders schlechten Resistenzeigenschaften ist die E-Weizen-Sorte „Akteur“. Der Anbau dieser Sorte ging im Verlauf des Projektes zurück. Auch hier spiegeln die PSK nicht das schlechte Resistenzniveau der Sorte wieder. In diesem Zusammenhang besteht Forschungsbedarf, inwieweit die langjährige Erfahrung mit bestimmten Sorten zu einem effizienteren Einsatz von PSM führt und somit negative Resistenzeigenschaften ausgeglichen werden.

Tab. 62. Durchschnittliche Fungizid-Kosten (€/ha) und Erträge (dt/ha) verschiedener Winterweizensorten bzw. aller Sorten mit mäßigen Resistenzeigenschaften und aller Sorten mit anfälligen Resistenzeigenschaften für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS-Schläge) und die Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB-Flächen), n=Anzahl Schläge)

Sorte	Resistenzniveau	n	Fungizid-Kosten in €/ha	Ertrag in dt/ha
		Demonstrationsflächen		
Akteur (E Weizen)	anfällig	34	116	75
JB Asano	anfällig	27	120	86
RGT Reform	mäßig	18	69	83
Julius	mäßig	26	113	86
Spontan	resistent	1	115	103
Alle mäßig	mäßig	238	110	79
Alle anfällig	anfällig	105	101	88
		VGB-Flächen		
Akteur (E Weizen)	anfällig	25	138	77
JB Asano	anfällig	37	158	87
RGT Reform	mäßig	12	113	77
Julius	mäßig	36	133	86
Alle mäßig	mäßig	521	132	85
Alle anfällig	anfällig	93	130	84

10.5.1.2. Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug

Bei der Grundbodenbearbeitung wird grundsätzlich zwischen pflugloser Bodenbearbeitung und der Bodenbearbeitung mit einem Pflug unterschieden. Für den Einsatz des Pfluges spricht u. a. die tiefe Einarbeitung der Ausfallunkräuter und der Ernterückstände. Für eine pfluglose Bodenbearbeitung sprechen ein besserer Erosionsschutz sowie eine positive Wirkung auf die Bodenfeuchte. Auf vielen Schlägen geben die Standortfaktoren vor, ob eine Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug überhaupt möglich ist.

Tab. 63. Auswahl von Faktoren, die Einfluss auf die Art der Grundbodenbearbeitung (Einsatz des Pfluges) der Betriebe Einfluss nehmen

Hemmende Faktoren	Fördernde Faktoren
Externe Faktoren	
Standortfaktoren:	
Erosionsgefährdete Standorte	
Geringe Wasserverfügbarkeit	
Betriebliche Faktoren	
Betriebswirtschaftlich:	**Betriebswirtschaftlich:**
Geringere Direkt- und arbeitserledigungs-kostenfreie Leistung	Geringere PSMK durch weniger Samen in den oberen Bodenschichten
Arbeitswirtschaftlich:	
Höherer Arbeitsaufwand bei Bodenbearbeitung durch den Pflug	Teil des Resistenzmanagements bei Unkräutern. Erhalt der Wirksamkeit von PSM
Betriebsgröße (Ackerfläche)	

Die Wahl des Bodenbearbeitungsverfahrens hat auch Auswirkungen auf den Pflanzenschutz. Im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit Pflug ist bei pflugloser Bodenbearbeitung mit einem stärkeren Auftreten von Unkräutern und Ungräsern zu rechnen. Dies ist vor allem durch eine Anreicherung von Samen in den oberen Bodenschichten zurückzuführen. Dementsprechend können sich die Kosten für Herbizide erhöhen (FREIER et al., 2015a; DACHBRODT-SAAYDEH et al., 2018).

Die Berechnungen für die Demonstrationsflächen bestätigen dies. Im Durchschnitt aller Demonstrationsflächen waren die PSKM für Herbizide bei Verwendung des Pfluges um 11 % je Hektar geringer als auf den Schlägen mit pflugloser Bodenbearbeitung.

Tab. 64. Durchschnittliche Anteile an gepflügten Demonstrationsflächen (%) bzw. Ackerfläche (ha) je Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) und CEPI-Cluster (A, B, E, D, F)

Betriebskategorie	**">1.000 ha"**		**„200-1.000 ha“**		**„200-1.000 ha“**			
CEPI-Cluster	F	B	A	B	A	E	D	B
Ackerfläche je Betrieb in ha	1.878	3392	2112	367	380	123	165	142
Demonstrationsflächen mit Pflug	1 %	5 %	39 %	27 %	93 %	55 %	49 %	37 %

Neben den Bodenverhältnissen war die Betriebsgröße ein wichtiger Faktor der das Verhältnis von pflugloser und gepflügter Bodenbearbeitung bestimmte (Tab. 64). Laut KTBL-Betriebsplanung (KTBL, 2018) weisen die nicht wendenden Verfahren eine wesentlich höhere Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung auf als die Verfahren mit Pflugeinsatz (Tab. 65Tab. 65). Durch die geringere Flächenleistung des Pfluges im Vergleich zum Tiefengrubber etc. weist die nicht wendende Bodenbearbeitung eine geringere Arbeitszeit auf.

Tab. 65. Vergleich unterschiedlicher Anbausysteme („Pflug“/“Pfluglos“)
bezüglich dem Arbeitszeitbedarf (h/ha), dem Dieselbedarf (l/ha) und der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAKfL) (€/ha) je Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) am Beispiel Winterweizen (KTBL, 2018)

Betriebskategorie	**Bodenbearbeitung**	**Arbeitszeitbedarf**	**Dieselbedarf**	**DAKfL**
		h/ha	l/ha	€/ha
„>1.000 ha“		8,49	85,58	-1,57
„200-1.000 ha“	„Pflug“	8,44	84,52	5,99
„<200 ha“		8,51	85,71	-4,99
„>1.000 ha“		8,1	81,39	41,48
„200-1.000 ha“	„Pfluglos“	7,86	77,35	53,24
„<200 ha“		7,87	77,81	45,07

Mithilfe der KTBL-Betriebsplanung wurden Leistungen und Kosten für die Arbeitsverfahren unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Schlaggrößen der Betriebe kalkuliert werden. Eine Umstellung auf eine wendende Grundbodenbearbeitung bedeutet für die Betriebe der Betriebskategorie unter 200 Hektar einen höheren

Arbeitsaufwand von 0,64 AKH je Hektar. Inder Betriebskategorie „200 -1.000 ha“ beliefe sich der höhere Arbeitsaufwand auf 0,58 AKH je Hektar. Bei der Betriebskategorie „>1.000 ha“ entstünde ein höherer Arbeitsaufwand von 0,39 AKH je Hektar.

10.5.2. Anwendung nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen

Bei der Umsetzung von nicht-chemischen Maßnahmen spielen externe Faktoren eine eher indirekte Rolle. Das Marktgeschehen hat keinen direkten Einfluss auf die Ausgestaltung des Anbauverfahrens, es beeinflusst jedoch die wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe und hat somit indirekt einen innovationsfördernden bzw. hemmenden Einfluss.

Tab. 66. Auswahl von Einflussfaktoren auf die Anwendung nicht-chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen

Hemmende Faktoren	**Fördernde Faktoren**
Betriebliche Faktoren	
Betriebswirtschaftlich:	**Betriebswirtschaftlich**:
Schlechte Betriebsergebnisse	Gute Betriebsergebnisse
Investitionsbedarf	Pflanzenschutzmittelkosten-Einsparung bzw. Ertragssicherung durch besseres Resistenzmanagement
Auslastung bei geringem Einsatz führt zu höheren Kosten je Hektar	Positive Wirkung auf Bodenstruktur führt zur Ertragssicherung
Arbeitswirtschaftlich:	**Betriebsleitung**:
Implementierung neuer Arbeitsprozesse erfordert Zeit	Positive Einstellung zur Wissenschaft, hohe Risikobereitschaft
Betriebsleitung:	Gesellschaftliche Wertschätzung insbesondere von Berufskolleginnen und Kollegen
Skeptisch, erst durch Gleichgestellte zur Innovationsübernahme bereit,	
Risikoaverse Einstellung	
Innovations- bzw. maßnahmespezifische Faktoren	
Witterungseinfluss	Rechtlicher Rahmen
Wirksamkeit der Maßnahme	Vorteile gegenüber Herbiziden:
Befahrbarkeit der Schläge	langfristig verfügbar (Planungssicherheit)
Technische Umsetzung:	
Gute Wirkungsgrade erfordern Erprobungsphasen	
Höherer Arbeitsaufwand je Hektar im Vergleich mit Herbizid-Anwendungen	
Geringe Schlagkraft	

Ähnlich verhält es sich mit den Standortfaktoren „klimatische Bedingungen“ und „Bodenart“. Sie schließen bestimmte Verfahren nicht aus, können aber z. B. die Befahrbarkeit der Schläge, das Abfrieren von Untersaaten oder die Effizienz der mechanischen Unkrautbekämpfung beeinflussen. Diese Faktoren können auf unterschiedlichen Standorten ein bedeutender Faktor werden und sind somit eher als innovations- bzw. maßnahmenspezifisch einzuordnen (Tab. 66).

10.5.2.1. Mechanische Pflanzenschutzmaßnahmen

Ein wichtiger maßnahmenspezifischer Faktor, der die Umsetzung einer Maßnahme hemmt bzw. fördert, ist die relative Vorzüglichkeit gegenüber der Anwendung eines Herbizids. Um diesbezüglich Orientierungswerte zu generieren, wurden zunächst die durchschnittlichen PSMK für Herbizid-Anwendungen je Hektar, die dafür benötigte Arbeitszeit und die Arbeitserledigungskosten für verschiedene Phasen der Anbauperiode berechnet, und mit den Kosten möglicher mechanischer Maßnahmen verglichen.

Grundsätzlich wollten die meisten Betriebe auf die Anwendung von Herbiziden zur Stoppelbearbeitung verzichten. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen oder Standorten mit starker Verunkrautung waren neben den standardmäßigen Bodenbearbeitungsmaßnahmen noch weitere Maßnahmen zur Unkrautregulierung notwendig. Diese bestanden teilweise in der Behandlung mit Herbiziden. In Tab. 67 werden die Behandlungskosten und der Arbeitszeitbedarf der Herbizidbehandlungen auf den DIPS-Schlägen mit einer zusätzlichen Grubber-Bearbeitung verglichen.

Auf 82 % der Demonstrationsflächen wurde vollständig auf eine Vorsaatbehandlung mit einem Herbizid verzichtet. Die PSK für die Anwendung von Herbiziden auf den übrigen 18 % der Demonstrationsflächen, dienten als Referenzwert für einen Vergleich mit der mechanischen Stoppelbearbeitung (Flachgrubber).

Es fällt auf, dass die PSK je Hektar im Vergleich zu den Arbeitserledigungskosten der mechanischen Stoppelbearbeitung aus betriebswirtschaftlicher Sicht kein Hemmnis dargestellt haben dürfte, da diese bei allen drei Betriebskategorien höher sind.

Ein Hemmnis stellte jedoch der höhere Arbeitszeitbedarf bei der mechanischen Stoppelbearbeitung dar. In der Betriebskategorie „>1.000 ha“ war er im Vergleich zum Referenzwert um 0,24 Stunden je Hektar, in der Betriebskategorie „200-1.000 ha“ um 0,3 Stunden je Hektar und in der Betriebskategorie „<200 ha“ um 0,35 Stunden je Hektar höher.

Tab. 67. Durchschnittliche Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€/ha) der Vorsaat-Herbizide (H-PSMK), die durchschnittlich dafür benötigte Arbeitszeit (h/ha) (H-Arbeitsbedarf), die durchschnittlichen Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) (ohne Monitoring und Saatgutbeizung) für Herbizid-Anwendungen vor der Aussaat auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz mit einer Herbizid-Anwendungen vor der Aussaat. Arbeitsbedarf (h/ha) und Kosten (€/ha) und Arbeitsbreite bzw. Traktorleistung einer zusätzlichen Stoppelbearbeitung (KTBL, 2020a; Lohnansatz bzw. Dieselpreis entsprechen KTBL Mittelwert ((MW)2012-2018) unterteilt nach Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) (n=Anzahl Flächen)

Betriebs-kategorie	**Anzahl Schläge**	**MW H-PSMK je Hektar**	**H-Arbeitsbedarf**	**PSK**	**Stoppelbearbeitung**		
					Arbeitsbreite; Traktorleistung	**Arbeitsbedarf**	**Arbeits-erledigungs-kosten**
	n	€/ha	h/ha	€/ha		h/ha	€/ha
„>1.000 ha“	124	21,83	0,09	30,21	4,5 m; 120 kW	0,33	29,30
„200-1.000 ha“	38	36,58	0,18	47,71	3 m; 102 kW	0,48	34,45
„<200 ha“	36	29,25	0,34	44,99	2,5 m; 67 kW	0,70	37,18
Alle	198	26,01	0,15	36,25	-	0,50	33,64

In Tab. 68 sind die Unterschiede zwischen einer chemischen Vorsaatbehandlung mit Herbiziden auf Basis der Demonstrationsflächen und einer einmaligen Grubber-Behandlung hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfs auf betrieblicher Ebene dargestellt. Es zeigten sich sowohl zwischen den Mechanisierungsvarianten als auch zwischen den Kulturen erhebliche Unterschiede.

Unterstellt man den Verfahren denselben Wirkungsgrad, würden in der Betriebskategorie „>1.000 ha“ 14,5 mehr Arbeitstage zur völligen Substitution der chemischen Pflanzenschutzbehandlungen benötigt als bei der Anwendung von chemischen PSM. Bei verkürzter Arbeitszeit z. B. aufgrund schlechter Befahrbarkeit erhöht sich dieser Wert noch. Ebenfalls können ungünstige Witterungsbedingungen die Wirksamkeit mindern, so dass eine zusätzliche Maßnahme durchgeführt werden müsste. Die (zusätzlich) benötigten Arbeitstage könnten durch den Kauf eines weiteren Grubbers und je nach betrieblicher Kapazität einer Zugmaschine verkürzt werden. Hier besteht allerdings die Herausforderung, dass die notwendige Auslastung der neuen und bestehenden Geräte gewährleistet werden muss, sonst kann es zu einer Erhöhung der Kosten je Hektar kommen. Ein Betrieb investierte z. B. in einen Grubber (7 Meter Arbeitsbreite) 54.000 Euro und in diesem Zusammenhang in einen Traktor 183.000 Euro. Diese Investitionen sind mit einem Risiko behaftet, das nicht nur durch innerbetriebliche Entscheidungen beeinflusst wird, sondern auch durch externe Effekte wie den Wetterbedingungen und den Entwicklungen auf den Agrarmärkten.

Bei den Betrieben der Betriebskategorie „200-1.000 ha“ und der Betriebskategorie „<200 ha“ wäre die zusätzlich benötigte Arbeitszeit je Betrieb wesentlich geringer. Es würden 1 bzw. 0,6 Arbeitstage mehr zur vollständigen Substitution der chemischen Pflanzenschutzbehandlungen benötigt. Falls nicht der zusätzliche Arbeitsbedarf, sondern hohe Investitionskosten bzw. eine zu geringe Auslastung der Arbeitsgeräte ein Hemmnis darstellen, könnten die

gemeinsame Nutzung von Arbeitsgeräten (Maschinenring, private Kooperationen) bzw. Lohnunternehmen einen Lösungsansatz bieten.

Tab. 68. Szenario zur Darstellung der Unterschiede beim Arbeitszeitbedarf auf betrieblicher Ebene zwischen der chemischen Vorsaatbehandlung (VS) gegen Unkräuter auf Basis der Schläge der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und einer einmaligen Grubber-Behandlung

Die Fläche je Kultur und Betriebskategorie leitete sich aus den Angaben der Betriebe zu den Anbauumfängen der einzelnen Kulturen und der durchschnittlichen Betriebsgröße je Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) ab. Der Anteil der Fläche mit Vorsaat (VS)-Unkrautbehandlung je Kultur und Kultur leitete sich aus dem Anteil der Schläge mit Vorsaat-Unkrautbehandlung an allen Demonstrationsflächen je Kultur und Betriebskategorie ab. Die Differenz im Arbeitszeitbedarf wird in Stunden (h) je Jahr bzw. in Arbeitstagen (d) (ein Arbeitstag entspricht 8 Stunden) je Jahr (a) angegeben

Betriebskategorie	Ackerfläche mit Vorsaat-Unkrautbehandlung		Differenz im Arbeitszeitbedarf	
	% VS-Unkrautbehandlung	Fläche je Kultur		
	%	ha	h/a	d/a
	Wintergerste			
„>1.000 ha“	39 %	115,57	-27,74	-3,5
„200-1.000 ha“	14 %	8,86	-2,66	-0,3
„<200 ha“	11 %	3,56	-1,28	-0,2
	Winterraps			
„>1.000 ha“	13 %	63,08	-15,14	-1,9
„200-1.000 ha“	8 %	4,59	-1,38	-0,2
„<200 ha“	2 %	0,54	-0,19	0,0
	Winterweizen			
„>1.000 ha“	36 %	306,80	-73,63	-9,2
„200-1.000 ha“	9 %	12,68	-3,80	-0,5
„<200 ha“	20 %	9,52	-3,43	-0,4
	alle Kulturen			
„>1.000 ha“	29 %	485,45	-116,51	-14,6
„200-1.000 ha“	10 %	26,13	-7,84	-1,0
„<200 ha“	12 %	13,62	-4,90	-0,6

Die Betriebsgröße und die damit verbundenen Geräteoptionen, Arbeitszeitbedarf, Maschinenauslastung und die externen Faktoren Markt und Wetter beeinflussen auch die Möglichkeiten eines Einsatzes von mechanischen Methoden zur Unkrautbekämpfung im Bestand.

Um die Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes der mechanischen Unkrautbekämpfung darzustellen, wurden die durchschnittlichen PSK bzw. der Arbeitszeitbedarf der Demonstrationsflächen für die Anwendung von Herbiziden im Bestand berechnet (Referenzsystem) mit dem Arbeitszeitbedarf und den Arbeitserledigungskosten des zweimaligen Einsatzes einer Hacke im Winterraps bzw. des zweimaligen Einsatzes eines Striegels im Wintergetreide verglichen (Tab. 69). Unterschiedliche Betriebsgrößen wurden über Mechanisierungsvarianten berücksichtigt. Die Ergebnisse für die Demonstrationsflächen dienten als Referenzsystem für die jeweilige Kultur bzw. Mechanisierungsvariante.

Beim Vergleich der benötigten Arbeitszeit zeigt sich deutlich, dass die mechanischen Maßnahmen einen deutlich höheren Arbeitszeitbedarf aufweisen. Selbst wenn die Anwendung mechanischer Verfahren zu einem völligen Verzicht von Herbiziden führen würde, wäre der Arbeitsbedarf der mechanischen Verfahren im Winterraps zwischen 0,02 Stunden je Hektar bei der Betriebskategorie „>1.000 ha“ und 0,77 Stunden je Hektar bei der Betriebskategorie „<200 ha“ höher als beim jeweiligen Referenzsystem. Bei den Kosten liegen die mechanischen Verfahren (zweimaliges Striegeln bzw. Hacken) unter den berechneten PSK für Herbizide.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist von Bedeutung, inwieweit mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen die Kosten für die notwendigen chemischen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen senken können. Im „Szenario Striegeln im Wintergetreide“ bzw. im „Szenario Hacken im Winterraps“ werden die im

Projekt ermittelten PSK für die Anwendung von Herbiziden im Bestand (PSK REF), mit den Kosten einer mechanischen Unkrautbekämpfung und den reduzierten PSK für Herbizide (PSK Mix (Chem+Mech)) verglichen. Die reduzierten PSK leiteten sich aus den im Projekt ermittelten PSK für die Anwendung von Herbiziden im Bestand ab.

Tab. 69. Durchschnittliche Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha; ohne Monitoring und Saatgutbeizung) bzw. Arbeitszeitbedarf (h/ha) der Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz für die Anwendung von Herbiziden im Bestand je Hektar.
Arbeitszeitbedarf (h/ha) bzw. Arbeitserledigungskosten (€/ha) des zweimaligen Einsatzes einer Hacke bzw. eines Striegels zur mechanischen Unkrautbekämpfung nach KTBL Feldarbeitsrechner (Lohnansatz bzw. Dieselpreisentsprechen KTBL Mittelwert ((MW) 2012-2018) unterteilt nach Mechanisierungsvarianten MeV („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „<200 ha“) und Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen; n=Anzahl Schläge)

Kultur	Anzahl Schläge	MW Arbeitszeit-bedarf	PSK	zweimaliges Hacken		zweimaliges Striegeln	
				Arbeitszeit-bedarf	Arbeits-erledigungs-kosten	Arbeits-zeit-bedarf	Arbeits-erledigungs-kosten
	n	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha	h/ha	€/ha
Mechanisierungsvariante MeV „>1.000 ha“							
	Herbizid Anwendungen im Bestand			**9 m; 67 kW**		**18 m; 120 kW**	
Wintergerste	130	0,14	55,68			0,16	23,77
Winterraps	152	0,20	125,20	0,38	38,46		
Winterweizen	150	0,14	59,05			0,16	23,77
Mechanisierungsvariante MeV „200-1.000 ha“							
	Herbizid Anwendungen im Bestand			4,5 m; 54 kW		9 m; 67 kW	
Wintergerste	113	0,26	67,29			0,36	26,26
Winterraps	117	0,36	124,53	0,80	52,18		
Winterweizen	128	0,25	53,95			0,36	26,26
Mechanisierungsvariante MeV „<200 ha“							
	Herbizid Anwendungen im Bestand			3 m; 45 kW		4,5 m; 45 kW	
Wintergerste	98	0,41	73,37			0,7	33,02
Winterraps	106	0,47	104,83	1,24	64,49		
Winterweizen	115	0,47	75,32			0,7	33,02

Wenn sich die PSK für Herbizide im Wintergetreide durch den Einsatz eines Striegels um mehr als 44 % in den Betriebskategorien „<200 ha“ und „200-1.000 ha“ bzw. um mehr als 41 % in der Betriebskategorie „>1.000 ha“ senken ließen (Abb. 144), würden die Kosten für das Szenario „Striegeln im Wintergetreide plus Herbizide“ unter denen des Referenzsystems liegen.

Im Szenario „Hacke im Winterraps“ (Abb. 145) wurden diese Werte für den Einsatz der 2-maligen Hacke berechnet. Die durchschnittlichen Werte der Betriebe der einzelnen Betriebskategorien liegen hier weiter auseinander. Für die Betriebskategorie „<200 ha“ würden die Kosten des Szenarios ab einer Reduktion der PSK für Herbizide von über 62 % zu einem Kostenvorteil der Hacke führen. Bei der Betriebskategorie „200-1.000 ha“ würden die Kosten des Szenarios ab einer Reduktion der PSK für Herbizide von über 42 % zu einem Kostenvorteil führen, und bei der Betriebskategorie „>1.000 ha“ würde eine Kostenreduktion von 31 % der PSK-Herbizide bereits zu einem Kostenvorteil der Hacke führen.

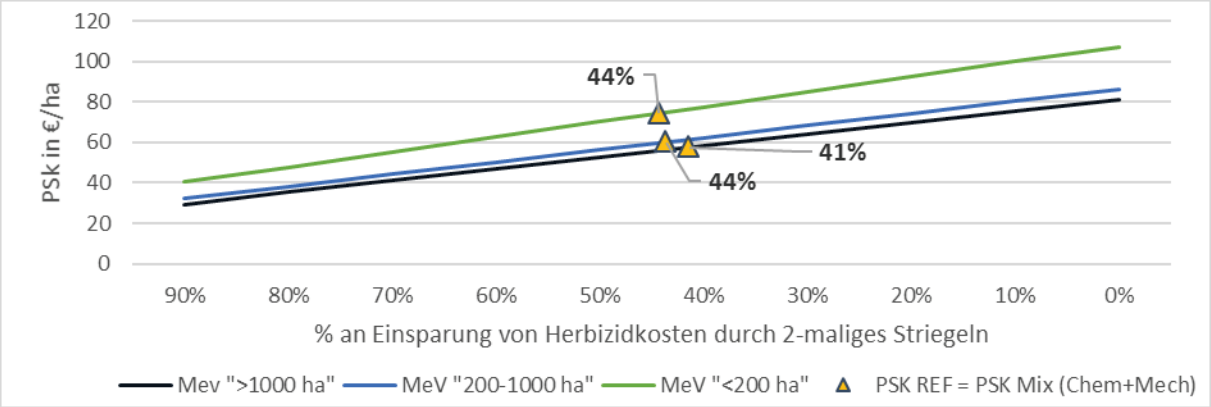


Abb. 144. Szenario Striegeln im Wintergetreide:
Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) (ohne Monitoring und Saatgutbeizung) für die Anwendung von Herbiziden und 2-maliges Striegeln in Abhängigkeit der Höhe der PSK-Herbizide im Referenzsystem (Referenzsystem: Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz mit Wintergerste und Winterweizen), die durch den Einsatz des Striegels eingespart werden würden. Mechanisierungsvariante (MeV „>1.000 ha“, MeV „200-1.000 ha“, MeV „<200 ha). Im Punkt PSK REF = PSK Mix (Chem+Mech) entsprechen die reduzierten PSK-Herbizide und die Kosten für das 2-malige Striegeln den PSK-Herbizide des Referenzsystems.

Bei durchschnittlich drei ausgebrachten Herbiziden je Anbauperiode bedeutet dies grob gesagt für Betriebe der Kategorie „<200 ha“ sie müssten zwei Pflanzenschutzmittel inklusive einer Überfahrt einsparen. Betriebe der Betriebskategorie „>1.000 ha“ müssten eine Pflanzenschutzmittelanwendung inklusive einer Ausbringung einsparen, um Kostenvorteile aus der Nutzung der Hacke zu ziehen.

Die Kosten wären dementsprechend in Abhängigkeit von der Schlagkraft der Technik und der bisherigen PSK ein, zumindest bei den Betrieben mit der Betriebskategorie „>1.000 ha“, fördernder Faktor. Hinsichtlich der anderen Betriebskategorien und insbesondere bei der Betriebskategorie „<200 ha“ würden höhere Wirkungsgrade der mechanischen Arbeitsverfahren bzw. die dadurch induzierten Reduktionen bei den Herbiziden zu einem Kostenvorteil des Einsatzes des mechanischen Arbeitsverfahrens führen.

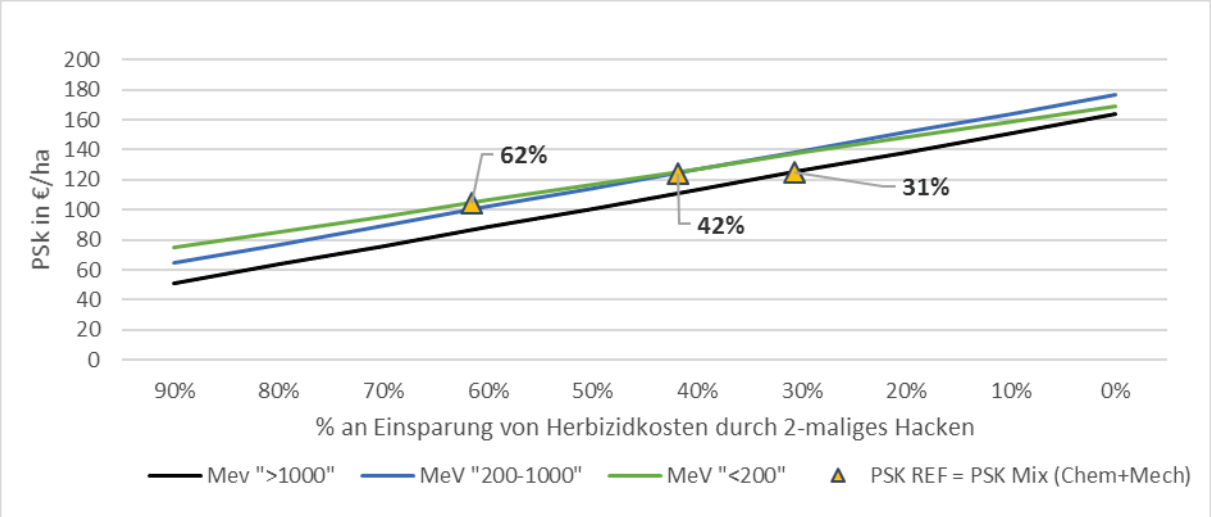


Abb. 145. Szenario Hacken im Winterraps:
Pflanzenschutzkosten (PSK) (€/ha) (ohne Monitoring und Saatgutbeizung) für die Anwendung von Herbiziden und 2-maliges Hacken in Abhängigkeit der Höhe der PSK-Herbizide im Referenzsystem (Referenzsystem: Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz mit Wintergerste und Winterweizen), die durch den Einsatz der Hacke eingespart werden würden. Mechanisierungsvariante (MeV „>1.000 ha“, MeV „200-1.000 ha“, MeV „>200 ha“). Im Punkt PSK REF = PSK Mix (Chem+Mech) entsprechen die reduzierten PSK-Herbizide und die Kosten für das 2-malige Hacken den PSK-Herbizide des Referenzsystems.

Der Arbeitszeitbedarf stellt hingegen für alle Betriebskategorien ein Hemmnis dar. Vergleicht man das oben beschriebene Verfahren bestehend aus einen Mix aus reduzierter Anwendung von Herbiziden und mechanischen Verfahren mit den Durchschnittswerten der DIPS-Schläge würde sich ein deutlich erhöhter Arbeitszeitbedarf ergeben.

Tab. 70. „Betriebsszenario mechanische Unkrautbekämpfung im Bestand“:
Arbeitszeitbedarf je Betrieb (h/ha) für die Unkrautbekämpfung im Wintergetreide bzw. Winterraps auf den Demonstrationsflächen (Referenz) und einer Mischung aus 2-maliger mechanischer Unkrautbehandlung (2-maliges Striegeln im Wintergetreide bzw. 2-maliges Hacken im Winterraps) und reduzierter Herbizidanwendung (Mix) je Betriebskategorie („>1.000 ha“, „200-1.000 ha“, „>200 ha“). Der Grad der Reduktion der Herbizidanwendungen im Szenario „Mix „entspricht dem Punkt an dem die Pflanzenschutzkosten des Referenzsystems denen des Mix Szenario) entsprechen. Die zu behandelnde Ackerfläche leitet sich aus den durchschnittlichen Ackerflächen der DIPS-Betriebe je Kultur ab. Differenz des Arbeitszeitbedarfs zwischen Mix und Differenz je Betrieb in Stunden je Jahr (h/a) bzw. Arbeitstagen je Jahr (d/a)

Betriebskategorie	Arbeitszeitbedarf je Hektar		Arbeitszeitbedarf je Betrieb			
	Referenz	Mix (Chem.+ Mech.)	Referenz	Mix (Chem.+ Mech.)	Differenz (Mix - Referenz)	
	h/ha	h/ha	h/a	h/a	h/a	d/a
	Wintergetreide					
„>1.000 ha“	0,14	0,22	162,13	252,35	90,22	11,28
„200-1.000 ha“	0,26	0,47	50,35	93,72	43,37	5,42
„<200 ha“	0,45	0,90	35,85	72,51	36,66	4,58
	Winterraps					
„>1.000 ha“	0,20	0,44	99,60	219,84	120,24	15,03
„200-1.000 ha“	0,36	0,84	19,66	45,86	26,21	3,28
„<200 ha“	0,47	0,99	13,82	29,08	15,26	1,91

Im Wintergetreide wäre die Kombination der Anwendung des Striegels und der Herbizide im „Betriebsszenario mechanische Unkrautbekämpfung im Bestand“ für Betriebe der Kategorie „>1.000 ha“ mit einem erhöhten Arbeitsaufwand von ca. 90 Stunden bzw. 11,3 Arbeitstagen verbunden. Für Betriebe der Kategorie „200-1.000 ha“ betrüge der erhöhte Arbeitsaufwand ca. 43,4 Stunden bzw. 5,4 Arbeitstage. Für die Betriebskategorie „<200 ha“ wurde für das Szenario ein erhöhter Arbeitsaufwand von ca. 36.7 Stunden bzw. 4,6 Arbeitstagen berechnet werden. Dieser erhöhte Arbeitsaufwand stellt für die Betriebe ein Hemmnis dar (Tab. 70).

Neben den direkten Anschaffungskosten muss der standort- bzw. witterungsspezifische Einsatz des mechanischen Verfahrens im laufenden Betrieb erlernt und optimiert werden, dadurch entstehen indirekte Anpassungskosten. Schlechte Betriebsergebnisse, Ertragsrisiken und niedrige Erzeugerpreise verstärken die Hemmschwelle in neue Arbeitsverfahren zu investieren, und die Kosten, die durch das Erlernen und die Optimierung des Arbeitsverfahrens entstehen, in Kauf zu nehmen. Außerdem spiegeln sich die langfristigen Kosteneinsparungen bzw. die Mehrerlöse durch den Beitrag zur Vermeidung von Unkrautresistenzen nicht unmittelbar in den Kostenkalkulationen wieder.

10.5.3. Anwendung chemischer Behandlungsmaßnahmen

Ein Ziel des integrierten Pflanzenschutzes ist es, die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß zu beschränken. Die wirtschaftlichen Voraussetzungen der Betriebe sind sowohl bei der Definition des „notwendigen Maßes“ als auch bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelanwendungen ein wichtiger Faktor. Sie werden zum einem durch externe Faktoren bestimmt (s. o.) und zum anderen durch unternehmensinterne Faktoren wie z. B. die Kostenstruktur des Arbeitsverfahrens. In Tab. 71 ist eine Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelanwendung sowie hemmende und fördernde Faktoren aufgelistet. Diese Maßnahmen haben neben den Wirkungen auf die Pflanzenschutzmittelintensität auch wirtschaftliche Auswirkungen auf den Betrieb.

Im Folgenden werden die Auswirkungen sowie exemplarisch Hemmnisse und Förderer von Maßnahmen zur Optimierung der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel im integrierten Pflanzenschutz, mithilfe von Betriebsszenarien und der Auswertung der im Projekt erhobenen Daten, analysiert. Dabei wird explizit nicht die Substitution von chemischem Pflanzenschutz durch vorbeugende bzw. nicht chemische Maßnahmen analysiert, sondern es wird analysiert, welche Potentiale und Hemmnisse bei der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel bestehen.

Tab. 71. Auswahl von Einflussfaktoren auf die optimale Ausgestaltung von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen im Betrieb

	Hemmende Faktoren	Fördernde Faktoren
Ermittlung des Befalls und Nutzung von Entscheidungshilfen		
Kontrolle der Schläge	- Zeitaufwand	- Nähe zum Hof - Geringe Anzahl an Schlägen
Nutzung von Prognosemodellen	- Genauigkeit: Entfernung zur Wetterstation - Handhabung von Prognosemodellen - Mangelndes Vertrauen (anonyme App) - Schlechte Erfahrungen haben langjährigen Effekt	- Verbesserung der Nutzungsoberfläche - Nähe zur Wetterstation - Empfehlungen aus dem Landhandel - Kontinuierliche Nutzung - Kompatibilität der amtlichen Prognosemodelle mit privaten Wetterstationen.
Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel		
Reduzierung der Aufwandmenge	- Resistenzproblematik - Zusätzliche Maßnahmen notwendig	- Kostenersparnis
Teilflächenbehandlung	- Information über Grad und Ort des Schaderregerbefalls - Technische Umsetzung	- Technische Innovation - Kosteneinsparungen
Optimaler Anwendungszeitpunkt	- Vorhandene Kapazität zu klein - Lohnunternehmer mit festem Behandlungszeitpunkt - Unsicherheit bezüglich Witterung	- Vorhandene Kapazität ausreichend - Vertrauen in Prognosemodelle
Reduzierung der Spritzfolgen um ein Pflanzenschutzmittel	- Wissen um Wirkung bewährter Produkte - Informationskosten - Mittelkosten - Potentielle Ertragsminderung	- Gesetzliche Regularien - Resistenzen gegenüber bewährten PSM - Rückstandsauflagen vom Handel

10.5.3.1. Reduktion der angewendeten Wirkstoffe je Hektar durch die Reduktion der Aufwandmenge bzw. der angewendeten Mittel

Die Reduktion der Aufwandmenge von Pflanzenschutzmitteln bietet die Möglichkeit Kosten einzusparen. Sowohl die VGB-Betriebe als auch die DIPS-Betriebe nutzen diese Möglichkeit in einem bestimmten Rahmen aus (Tab. 72).

Vor allem bei den Fungiziden und den Wachstumsreglern wurden bei vielen Anwendungen die maximal zugelassenen Aufwandmengen erheblich unterschritten. Auch bei der Anwendung von Herbiziden wurde bei den meisten Anwendungen die maximal erlaubte Aufwandmenge unterschritten. Hinsichtlich der Insektizide wurde hingegen meist die volle Aufwandmenge ausgeschöpft. Der Quotient aus reeller Aufwandmenge und maximaler Aufwandmenge weist zwischen den Demonstrationsflächen und den VGB-Flächen nur sehr geringfügige Unterschiede auf. Diese Unterschiede zeigen wiederum auch keine positive oder negative Tendenz. Folglich sind die Kostendifferenzen nicht auf die Reduktion der Aufwandmengen je Pflanzenschutzmittel, sondern auf den Verzicht von Pflanzenschutzmitteln zurückzuführen. Am deutlichsten zeigte sich dies bei den Überfahrten je Hektar und Anbauperiode und bei der Anzahl der durchschnittlich angewendeten Pflanzenschutzmittel je Überfahrt. Hier konnten in allen Bereichen Überfahrten und Pflanzenschutzmittel je Überfahrt eingespart werden. Eine Erklärung könnten Einschränkungen bezüglich der Pflanzenschutzmittel-Applikation zum optimalen Behandlungszeitpunkt sein, welche den Demonstrationsbetrieben hier nur einen geringen Spielraum gewährten.

Tab. 72. Differenz zwischen den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz und den Flächen der Betriebe des Netzes Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz (VGB-Flächen) bei den Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) (€ /ha) den Überfahrten je Kategorie (n/ha), den Pflanzenschutzmitteln (PSM) je Überfahrt (n/ha) und dem Verhältnis von Aufwandmenge zu maximal zugelassener Aufwandmenge je Kultur (Wintergerste, Winterraps, Winterweizen) und Pflanzenschutzmittelkategorie (Fungizide, Herbizide, Insektizide, Wachstumsregler) im Durchschnitt aller Projektjahre (2012-2018)

PSM-Kategorie	Differenz zwischen Demonstrationsflächen und VGB-Schlägen			
	Kosten je angewendetem PSM	Überfahrten je Kategorie	PSM je Überfahrt	Aufwandmenge/max. Aufwandmenge
	€/ha	n/ha	n/ha	%
		Wintergerste		
Fungizide	1,09	-0,11	-0,32	-1 %
Herbizide	-0,29	-0,23	-0,34	-3 %
Insektizide	-0,63	-0,09	0,06	-4 %
Wachstumsregler	-0,43	0,04	-0,44	0 %
		Winterraps		
Fungizide	0,16	0,03	-0,32	-1 %
Herbizide	3,34	-0,38	-0,38	-1 %
Insektizide	-0,47	-0,33	-0,20	0 %
Wachstumsregler	2,11	-0,13	-0,33	1 %
		Winterweizen		
Fungizide	3,02	-0,09	-0,58	2 %
Herbizide	1,78	-0,16	-0,47	-3 %
Insektizide	-0,63	-0,10	-0,40	-1 %
Wachstumsregler	1,81	-0,19	-0,49	3 %

10.5.3.2 Optimaler Behandlungszeitpunkt

Ein wichtiger Baustein im integrierten Pflanzenschutz ist die Wahl eines optimalen Anwendungszeitpunktes. Dieser wird zum einen durch Bonituren und zum anderen durch die Nutzung von zuverlässigen Prognosemodellen bestimmt. Beides waren zentrale Bausteine des DIPS-Projektes. Es wurden zwar Boniturzeiten je Schlag und Schaderregerkategorie erfasst, es blieb jedoch offen, ob und wie die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bzw. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die restlichen Schläge des landwirtschaftlichen Unternehmens bonitierten.

Auch bei der Nutzung und der Zuverlässigkeit von Prognosemodellen bestehen Unsicherheiten. Von Seiten der Landwirtinnen und Landwirte wurden die großen Unterschiede im Mikroklima der unterschiedlichen Schläge als Hemmnis angeführt. Die teils großen Entfernungen zu den Wetterstationen (Tab. 73), deren Werte den Prognosemodellen als Basis zur Berechnung des Schaderregerdrucks dienen, und den Schlägen, schmälerten das Vertrauen in die Verlässlichkeit der Ergebnisse.

Tab. 73. Durchscnittliche Entfernung der Demonstrationsflächen zur nächstgelegen Wetterstation

Entfernung der Demonstrationsflächen zur nächsten Wetterstation			
Gruppierung anhand mittlerenEntfernung der Schläge je Betrieb in km	0-5	5-10	10-30
Mittlere Entfernung der Schläge je Betrieb in km	3,71	9,14	17,32
Anzahl Betriebe je Gruppe	8	8	11

Es gibt einen wachsenden Markt an privaten Anbietern von Prognosemodellen. Oftmals werden auch Paketlösungen (Prognosemodell und Wetterstation) angeboten. Bei privaten Anbietern, die sich bei der Berechnung des Schaderregerdrucks auf ein dichteres Netz an privaten Wetterstationen beziehen, besteht teilweise eine Unsicherheit bezüglich der Qualität der Ergebnisse der verwendeten Prognosemodelle.

Gelingt es, den optimalen Anwendungszeitpunkt zu bestimmen, können der Wirkungsgrad des angewendeten Pflanzenschutzmittels erhöht und die Aufwandmenge dementsprechend reduziert werden. Voraussetzung hierfür ist eine technische Ausstattung, die es ermöglicht, die notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen termingerecht durchzuführen (VIETINGHOF & TILINSKY, 2014). Eine Möglichkeit dies zu gewährleisten, besteht in der Investition in die

Spritztechnik, um die Schlagkraft zu erhöhen und somit die Spritzkapazität optimal an die betrieblichen Notwendigkeiten anzupassen.

Um die optimale Kapazität für die Pflanzenschutztechnik bestimmen zu können, sind folgende Faktoren zu beachten:

- Flächenleistung der eingesetzten Pflanzenschutzspritze
- verfügbare Arbeitsstunden je Tag
- verfügbare Feldarbeitstage.

Es muss zwischen der Gesamtkapazität für alle Kulturen innerhalb einer Anbauperiode und der notwendigen Kapazität, um einen optimalen Anwendungszeitraum gewährleisten zu können, unterschieden werden. Neben den oben genannten Faktoren ist die zu behandelnde Fläche der entscheidende Faktor bei der Berechnung der notwendigen Kapazität:

- optimaler Anwendungszeitpunkt: Fläche (einer oder mehrerer Kulturen) die innerhalb eines kurzen Zeitpunkts behandelt werden soll
- Gesamtkapazität: Fläche aller angebauten Kulturen und Überfahrten je Kulturfläche und Anbauperiode.

Die betriebswirtschaftlich optimale Nutzung der Pflanzenschutztechnik ist im Bereich der Auslastungsschwelle gegeben. Die Auslastungsschwelle hängt von der Nutzungsdauer der Geräte ab und wird zum einem durch den technischen Verschleiß (leistungsabhängig) und zum anderen durch die technische bzw. materielle Überalterung der Maschine (zeitabhängig) bestimmt.

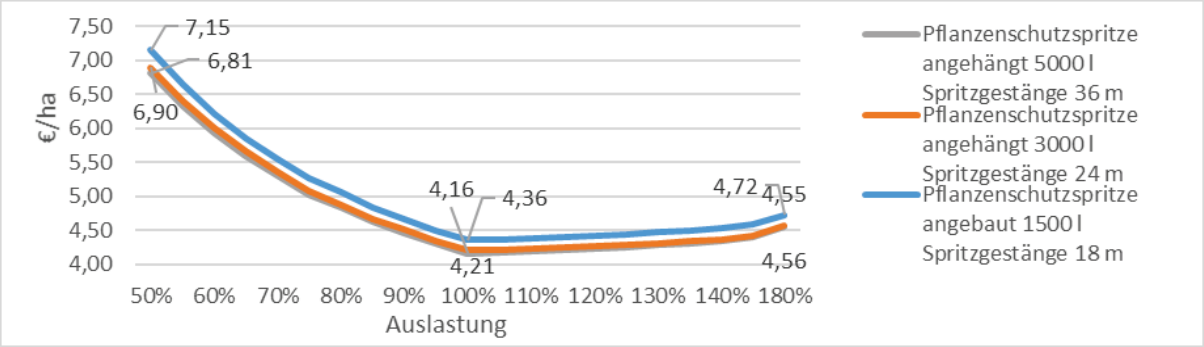


Abb. 146. Maschinenkosten (€/ha) für drei Mechanisierungsvarianten (unterschiedliche Volumina der Pflanzenschutzspritze bzw. Arbeitsbreiten) in Abhängigkeit der Auslastung in % der Auslastungsschwelle.

In Abb. 146 sind die Maschinenkosten in Abhängigkeit der Auslastung dargestellt. Bei einer Auslastung von 100 % ist die Auslastungsschwelle erreicht. Bei einem geringeren Einsatzumfang je Jahr steigen die Kosten je Hektar stark an, da hier die zeitbedingte Alterung der Maschine die Nutzungsdauer bestimmt. Der Restwert der Maschine ist zwar höher und die Reparaturkosten sind niedriger als bei einer Nutzung im Bereich der Auslastungsschwelle, da die Höhe der Abschreibung auf weniger Hektar verteilt wird, so dass die gesamten Maschinenkosten steigen.

Die benötigte Gesamtkapazität wurde anhand der Anbauanteile der jeweiligen Kulturen an der Ackerfläche der Demonstrationsbetriebe und den Überfahrten je Kultur für die einzelnen Betriebskategorien bzw. Mechanisierungsvarianten bestimmt.

Für die untersuchten Kulturen Winterweizen, Winterraps und Wintergerste konnte die Anzahl der Überfahrten je Kultur aus den DIPS-Daten entnommen werden. Für die übrigen Kulturen wurde die Anzahl der Überfahrten aus den jeweiligen KTBL-Produktionsverfahren übernommen. So konnte für die jeweilige Betriebskategorie die jährlich zu behandelnde Fläche bestimmt werden (Anl. 37). Bei den Betrieben der Kategorie „>1.000 ha“ (mittlere Ackerfläche 2.426 Hektar), die mit zwei Anhängerspritzen a 5.000 Liter ausgestattet sind, liegt der jährliche Einsatzumfang bei 10.332 Hektar, die Maschinen werden oberhalb der Abschreibungsschwelle genutzt. Vor allem beim Spritzgestänge liegt die Nutzung weit oberhalb der Abschreibungsschwelle, so dass hier die Nutzungsdauer von 10 auf 5 Jahre verkürzt wurde. Dadurch entstehen bei den Maschinenkosten Mehrkosten von 0,3 Euro je Hektar für das Spritzgestänge. Die kürzere Nutzungsdauer beim Spritzgestänge ermöglicht es, schneller Innovationen im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes zu berücksichtigen.

Betriebe der Kategorie „<200 ha“ (mittlere Ackerfläche 148 Hektar) behandeln jährlich 607,16 Hektar, die Abschreibungsschwelle liegt bei 800 Hektar. Hier liegt beim Einsatzumfang der Spritze eine Nutzung unterhalb der

Abschreibungsschwelle vor. Die Maschinenkosten würden sich bei einer Nutzungsdauer gemäß KTBL (KTBL, 2018) um 0,28 Euro je Hektar erhöhen. Für die Betriebe der Kategorie „200-1.000 ha“ (mittlere Ackerfläche 385 Hektar) liegt ebenfalls ein Einsatzumfang unterhalb der Abschreibungsschwelle vor, die Maschinenkosten würden sich hier um 0,8 Euro je Hektar erhöhen.

Um die Spritzen bei einer geringen Auslastung je Jahr kosteneffizient zu nutzen, bietet es sich an, die Nutzungsdauer der Spritzen zu verlängern. Verlängert der Betrieb „<200 ha“ die Nutzungsdauer von 10 auf 13 Jahre bzw. Betrieb „200-1.000 ha“ die Nutzungsdauer auf 16,5 Jahre, könnten die Betriebe diese Kostensteigerungen auffangen. Allerdings führt dies zu einer Verringerung der Geschwindigkeit bei der Einführung technischer Innovationen und hemmt die Umsetzung des IPS.

Liegt eine Unterauslastung vor, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Auslastung zu verbessern. Wenn es die Arbeitskräfteausstattung zulässt, und eine Nachfrage besteht, könnten für andere Landwirtinnen und Landwirte Pflanzenschutzmaßnahmen als Lohnunternehmer übernommen werden und so die eigene Maschinenauslastung gesteigert werden. Außerdem kann die Spritze zur Durchführung von Flüssigdüngeranwendungen verwendet werden. Bei einer Neu-Investition kann die Größe der Pflanzenschutzspritze reduziert werden. Hier ist allerdings nicht nur die Gesamtkapazität, sondern auch die Schlagkraft bestimmter Arbeitsspitzen zu beachten.

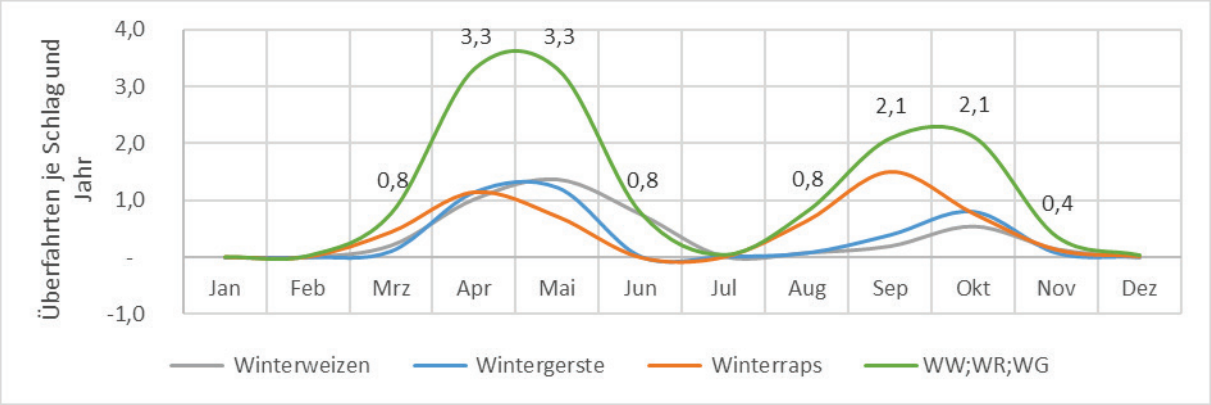


Abb. 147. Überfahrten im Jahresverlauf (je Monat) auf den Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterraps und der Summe aller Kulturen.

Abb. 147 zeigt die Verteilung der Überfahrten auf den Demonstrationsflächen im Jahresverlauf. Die Arbeitsspitzen liegen im Vor- bzw. Nachauflaufbereich (vor allem bei den Herbizidanwendungen) in den Monaten September und Oktober und in den Frühjahrsanwendungen in den Monaten April und Mai. Die Witterung in diesen Monaten bestimmt die Anzahl der möglichen Feldarbeitstage um Pflanzenschutzanwendungen durchzuführen, und somit auch die notwendige Kapazität um diese in einem bestimmten Zeitraum durchzuführen.

Neben der erforderlichen Kapazität je Monat, ist es für die Betriebe wichtig, schnell auf Schadorganismen reagieren zu können, und möglichst innerhalb eines kurzen Zeitraumes (optimaler Behandlungstermin) eine bestimmte Fläche behandeln zu können. Tab. 74 stellt die Arbeitszeit dar, die benötigt wird, um die gesamte Anbaufläche der Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps je Betriebskategorie einmal zu behandeln. Es wird von einer täglichen Einsatzzeit von 8 Stunden ausgegangen. Hier zeigt sich die betriebswirtschaftliche Schwierigkeit, die Kapazität der Pflanzenschutzmaßnahmen effizient zu gestalten. Die Gesamtkapazität der Betriebskategorie „<200 ha“ ist hinsichtlich der zu behandelnden Fläche eher zu groß bemessen und führt zu höheren Maschinenkosten (siehe oben). Dies ermöglicht es aber, die gesamte Kultur innerhalb von 1-2 Tagen zu behandeln. Somit kann die Aufwandmenge optimiert werden und positive Ertragseffekte einer ausgenutzt werden und das Risiko von Wirkstoffeinträge in Nichtzielflächen bzw. Gewässer zu minimiert werden. Bei der Betriebskategorie „200-1.000 ha“ werden bei der Kultur mit den höchsten Anbauumfängen (Winterweizen) 3 Arbeitstage benötigt, um die Kultur komplett zu behandeln, und dies, obwohl die Auslastung der Technik nur bei 60 % der Abschreibungsschwelle liegt. Betrachtet man die Betriebskategorie „>1.000 ha“ bei der die Auslastung 30 % oberhalb der Abschreibungsschwelle liegt, steigt die Zahl der benötigten Arbeitstage auf über 5 an. Hinzu kommt, dass die Witterungsbedingungen, insbesondere die Windverhältnisse, die täglich verfügbare Einsatzzeit oftmals weiter verringern. Es ist also fraglich, ob in dieser Betriebskonstellation eine Behandlung zum optimalen Behandlungszeitpunkt durchgeführt werden kann.

Tab. 74. „Szenario Arbeitszeit chemischer Pflanzenschutz“:
Flächenleistung (ha/d) je Betriebskategorie („<200 ha“, „200-1.000 ha“, „>1.000 ha“) (bei 8 Stunden Einsatzzeit je Tag) bzw. benötigte Arbeitstage (d), die benötigt werden, um eine einmalige Behandlung der gesamten Kultur durchzuführen und Fläche (ha) je Kultur (Winterweizen, Wintergerste, Winterraps)

Betriebskategorie		Winterweizen		Wintergerste		Winterraps	
	Flächenleistung	Fläche	Arbeitstage	Fläche	Arbeits-tage	Fläche	Arbeitstage
	ha/d	ha	d	ha	d	ha	d
„<200 ha“	24,7	46,8	1,9	33,8	1,4	29,4	1,2
„200-1.000 ha“	43,9	136,3	3,1	62,6	1,4	54,6	1,2
„>1.000 ha“	81,5	862,5	5,3	295,6	1,8	498,0	3,1

Dies kann wiederum zu erhöhten Aufwandmengen, einer verminderten Mittelwirksamkeit und einem erhöhten Risiko für Wirkstoffeinträge in Nichtzielflächen bzw. Gewässer führen. Die Lösung wäre die Investition in zusätzliche Spritzkapazitäten, z. B. in ein drittes Spritzfass bzw. die Investition in größere Spritzfässer. Die Investition in eine dritte Spritze würde die jährliche Auslastung auf 86 % reduzieren, die Maschinenkosten für die Spritze würden um 0,13 Euro je Hektar steigen. Das wäre selbst bei 10.000 Hektar behandelter Fläche ein überschaubarer Betrag. Die Investitionskosten von 79.100 Euro bzw. deren Finanzierung stellen das größere Hemmnis dar.

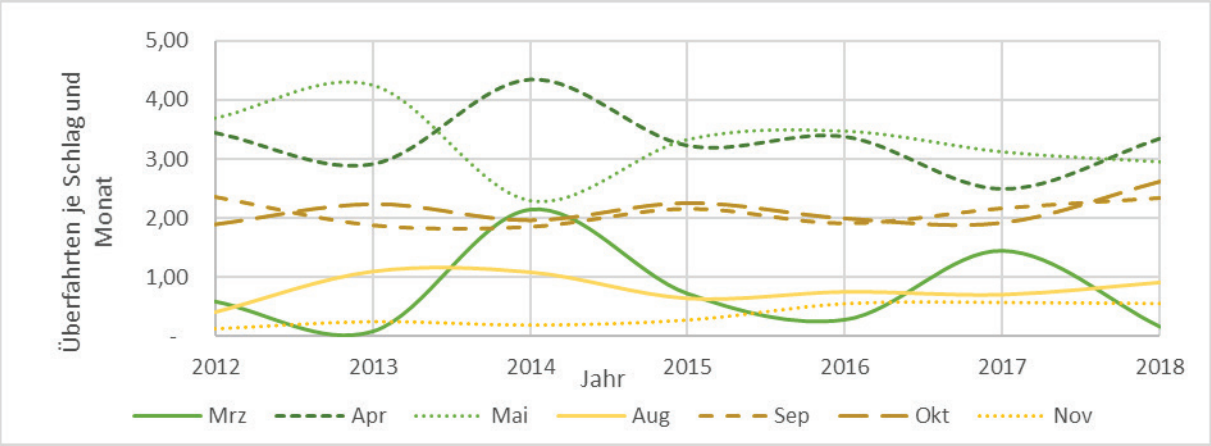


Abb. 148. Anzahl der Überfahrten je Monat (März (Mrz), April (Apr), Mai, August (Aug), September (Sep), Oktober (Okt) und November (Nov)) je Schlag aufgeteilt nach Projektjahr (2012-2018).

Eine mögliche Lösung um die Schlagkraft zu erhöhen, wäre die Beauftragung von Lohnunternehmen. Allerdings wurde die Verfügbarkeit zum optimalen Anwendungszeitpunkt von einigen Betrieben als Hemmnis genannt. Es war eine Variabilität der Anwendungszeitpunkte von Pflanzenschutzmaßnahmen im Projektverlauf festzustellen (Abb. 148). Dieser Aspekt ist in den unterschiedlichen Witterungsverläufen und Schaderregeraufkommen der einzelnen Projektjahre begründet. Für Lohnunternehmen ist eine langfristige Planung ihrer Maschinen- und Arbeitskapazitäten wichtig. So könnte es für Lohnunternehmer unter Umständen nicht möglich sein, vor allem für Betriebe mit kleinerem Flächenumfang, die zur Einhaltung eines optimalen, Anwendungszeitpunktes notwendige Variabilität bei den Arbeitskapazitäten bereitzustellen.

10.6. Zusammenfassung der ökonomischen Auswertung

Zunächst wurden die Erlöse, die PSMK, die Arbeitserledigungskosten, die Monitoringkosten, die PSK sowie die PSKFL für die Demonstrationsflächen berechnet und mit den Kosten der VGB-Flächen verglichen. Dadurch konnten Einsparpotentiale bestimmt und Einflussfaktoren (Bundesland, Projektjahre, CEPI-Cluster, Betriebsgröße) untersucht werden.

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die drei untersuchten Kulturen waren schwierig. Nachdem in den Jahren 2012 und 2013 im Vergleich zum langjährigen Schnitt hohe Erzeugerpreise erzielt werden konnten, kam es zur Ernte 2013 zu einem Preisrückgang. In den folgenden Jahren blieben die Preise auf diesem niedrigen Niveau. Beim Wintergetreide konnten aufgrund des Preisrückgangs zu Beginn des Jahres 2013 die höheren Erträge der Jahre 2013-2015 und 2017 nicht in höhere Erlöse umgesetzt werden, sondern es kam zu einem Erlösrückgang. Beim Winterraps war der Preisrückgang zu Beginn des Jahres 2013 von einer tendenziell negativen Ertragsentwicklung begleitet, so dass der Erlösrückgang hier besonders stark war.

Der wichtigste Faktor für die Höhe der PSMK war die Kultur. Die Berechnungen der PSMK der Demonstrationsflächen ergaben für Winterraps die höchsten Kosten (209 Euro je Hektar) und für Wintergerste die niedrigsten (160 Euro je Hektar). Winterweizen lag mit 182 Euro je Hektar dazwischen. Aufgrund von Mengen- bzw. Händlerrabatten dürften die tatsächlichen PSMK deutlich unter den berechneten liegen. Während beim Wintergetreide die Fungizide den größten Anteil an den PSMK ausmachten, nahmen beim Winterraps die Herbizide den größten Anteil an den PSMK ein. Insektizide hatten nur im Winterraps einen größeren Anteil an den gesamten PSMK.

Der Einfluss der Projektjahre auf die Höhe der PSMK war signifikant. Die Unterschiede der PSMK zwischen dem Jahr mit den höchsten Kosten und dem Jahr mit den niedrigsten betrug zwischen knapp 20 % in Wintergerste und fast 30 % im Winterweizen.

Um die unterschiedlichen Maschinenausstattungen der Demonstrationsbetriebe zu berücksichtigen, wurden die Demonstrationsbetriebe in Betriebskategorien nach der von ihnen bewirtschafteten Ackerfläche in Betriebe unter 200 Hektar, von 200 bis 1.000 Hektar und über 1.000 Hektar eingeteilt.

Die Arbeitserledigungskosten für eine Überfahrt waren auf den Schlägen der kleinsten Betriebskategorie um fast 7 Euro je Hektar höher als in der Betriebskategorie „<1000 ha". Bei der Anzahl der Überfahrten wiesen die Betriebskategorien nur geringe Unterschiede auf. Über die gesamte Anbauperiode waren in der Wintergerste 3,9 Überfahrten, im Winterweizen 4,4 Überfahrten und im Winterraps 5,4 Überfahrten zur Ausbringung aller Pflanzenschutzmittel nötig. Dementsprechend hoch waren die Unterschiede in Bezug auf die jährlichen Arbeitserledigungskosten zwischen den einzelnen Betriebskategorien. Die Kosten für die Saatgutbeizung lagen zwischen 4 % und 5 % und die Kosten für das Monitoring bei ca. 3 % der PSK und waren dementsprechend von untergeordneter Bedeutung.

Im Gegensatz zu den PSK, die direkt durch das Projekt und dessen Ziele beeinflusst wurden, hatte das Projekt nur indirekt (Erträge) oder keinen (Erzeugerpreise) Einfluss auf die Erlöse, welche maßgeblich für die Berechnung der PSKFL sind. Die durchschnittliche PSKFL in der Kultur Wintergerste lag für alle Schläge bei ca. 984 Euro je Hektar. Im Winterweizen lag die durchschnittliche PSKFL bei 1.120 Euro je Hektar und im Winterweizen bei 1.115 Euro je Hektar. Im Winterraps bzw. Winterweizen war ein kontinuierlicher Rückgang der PSKFL ab dem Jahr 2013 zu verzeichnen, was größtenteils auf den Rückgang der Erzeugerpreise zurückzuführen war. Eine Ausnahme stellte das Jahr 2018 dar, hier war der Rückgang der PSKFL auf einen Ertragsrückgang zurückzuführen.

Das Jahr 2015 war aus betriebswirtschaftlicher Sicht das Jahr mit den größten Differenzen hinsichtlich der PSKFL. Für dieses Jahr wurden für die DIPS-Schläge deutlich höhere Erlöse bei geringeren PSK berechnet als bei den VGB-Flächen. Die durchschnittliche PSKFL der Demonstrationsflächen lag in allen drei Kulturen über der durchschnittlichen PSKFL der VGB-Flächen. Die Differenz in der Wintergerste betrug rund 101 Euro je Hektar, im Winterraps und Winterweizen jeweils 56 Euro je Hektar.

Da die Ertragsunterschiede zwischen den Demonstrationsbetrieben und den Vergleichsbetrieben marginal waren, sind die Unterschiede hinsichtlich der PSKFL auf Unterschiede zwischen den PSK der Demonstrationsflächen und den PSK der VGB-Flächen zurückzuführen.

In der Kultur mit den vergleichsweise geringsten Ausgaben für Pflanzenschutzmittel, der Wintergerste, lagen die PSMK der Demonstrationsflächen im Durchschnitt aller Projektjahre 23 % unter denen der VGB-Flächen. Im Winterraps

betrug die Differenz 15 % und im Winterweizen lagen die PSMK der Demonstrationsflächen 21 % unter denen der VGB-Flächen. Betrachtet man die Entwicklung der Kostendifferenz im Projektverlauf, erkennt man, dass das Jahr 2013 in allen Kulturen die geringsten Kostendifferenzen aufweist. Eine weitere Gemeinsamkeit aller Kulturen bestand darin, dass ab dem Jahr 2015 deutlich höhere Einsparungen erzielt werden konnten. Die Einsparungen bei den Überfahrten je Schlag führten zu geringeren Arbeitserledigungskosten bei den Demonstrationsflächen. Die einzelnen Betriebe wiesen große Unterschiede in Bezug auf die PSK auf. Der Betrieb mit den durchschnittlich höchsten PSK hatte im Durchschnitt auf seinen Demonstrationsflächen in der Wintergerste um 109 Euro je Hektar, im Winterraps 213 Euro je Hektar und im Winterweizen um 196 Euro höhere PSK als der Betrieb mit den im Durchschnitt aller Kulturen niedrigsten PSK.

Diese enormen Differenzen zeigen deutlich den Einfluss des Betriebes auf die PSK. Betriebliche Faktoren bestimmten auch, inwieweit nichtchemische und vorbeugende Maßnahmen auf einem Betrieb eingesetzt wurden.

Die Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen, die die Anbaustruktur betreffen, wird stark durch die Vermarktungsstrukturen bestimmt. Eine Erweiterung der Fruchtfolge erfordert neue Absatzwege. Die Implementierung dieser Absatzwege ist mit Transaktionskosten verbunden.

Bei der Wahl resistenter Sorten wurde die Nachfrage nach bestimmten Qualitäten und Sorten als hemmender Faktor genannt. Die Einführung neuer Sorten ist auch mit dem Risiko verbunden, diese Qualitäten zu Beginn des Anbaus neuer Sorten nicht liefern zu können. Bei den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und den schlechten Erlösen, wie sie im Projektverlauf vorherrschten, wollten viele Betriebe dieses Risiko nicht eingehen. Langfristige betriebswirtschaftliche Vorteile, z. B. durch ein dadurch verbessertes Resistenzmanagement oder eine diversere Anbaustruktur, konnten somit nicht in vollem Umfang realisiert werden.

Als vorbeugende Maßnahme wurde auch der Einsatz des Pfluges untersucht. Hier wurde die Betriebsgröße als ein hemmender Faktor identifiziert. Einsparungen bei den PSMK für Herbizide (11 %) stehen Mehrausgaben im gesamten Arbeitsverfahren gegenüber. Außerdem ist der Arbeitsbedarf beim Pflugeinsatz wesentlich höher.

Der Arbeitszeitbedarf wirkt auch hemmend auf die Substitution von Herbiziden durch mechanische Maßnahmen vor der Aussaat. Die Flächenkosten bei zweimaligem Einsatz eines Flachgrubbers vor der Aussaat waren zwar geringer als die PSK für Herbizide auf den DIPS-Schlägen vor der Aussaat, der Arbeitszeitbedarf war jedoch erheblich höher. Für Betriebe mit über 1.000 Hektar Ackerfläche würde eine Substitution der Vorsaatherbizide bei den drei untersuchten Kulturen durch eine zusätzliche Stoppelbearbeitung zu einem zusätzlichen Arbeitsaufwand von fast 15 Arbeitstagen führen. Die Betriebe dieser Betriebskategorie haben auch den größten Anteil an Schlägen bei denen Herbizide vor der Saat angewendet wurden.

Bei den mechanischen Maßnahmen zur Unkrautregulierung im Bestand ist der Arbeitsaufwand ebenfalls ein maßgebliches Hemmnis. In Bezug auf die Verfahrenskosten entstehen durch den Einsatz mechanischer Verfahren Reduktionspotentiale. Hier wurde die Wirtschaftlichkeit von Verfahren untersucht, bei denen mechanische und chemische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen kombiniert werden. Bei einer Reduktion von knapp über 40 % der bisherigen PSK für Herbizidanwendungen würde zweimaliges Striegeln im Wintergetreide zu einer Reduktion der Kosten für Unkrautbekämpfung führen. Für das Hacken im Winterraps liegt dieser Wert in Abhängigkeit der Betriebskategorie zwischen 31 % bei der größten Betriebskategorie und 62 % für Betriebe der kleinsten Betriebskategorie.

Bei der Anwendung nichtchemischer Maßnahmen gab es teilweise Bedenken, ob zu große Entfernungen der Wetterstation zu den Schlägen die Qualität der Prognosen negativ beeinflussen. Hier bleibt offen, welche wirtschaftlichen Auswirkungen eine Verbesserung der Anbindung der Schläge an die Prognosemodelle haben würde bzw. welche Hemmnisse diesbezüglich bestehen.

Neben der Bestimmung des optimalen Behandlungszeitpunktes ist die technische Ausstattung ein Hemmnis, die Pflanzenschutzanwendung zum optimalen Zeitpunkt durchzuführen. Die technische Ausstattung, die eine entsprechende Schlagkraft bzw. Flächenleistung liefern würde, könnte von Betrieben der Betriebskategorie „<200 ha“ aufgrund der Betriebsgröße nicht adäquat ausgelastet werden, was zu höheren Kosten bzw. längeren Nutzungsdauern führen würde. Beides hemmt die Nutzung von Innovationen. Der Durchschnittsbetrieb der Betriebskategorie „<1.000 ha“ könnte die technische Ausstattung mit entsprechender Schlagkraft auslasten. Sie müssten aber in eine dritte Pflanzenschutzspritze investieren. Bei schlechten Betriebsergebnissen würde dies jedoch ein hohes wirtschaftliches Risiko bedeuten. Mit der vorhandenen Technik kann eine Anwendung zum optimalen Zeitpunkt unter Umständen

nicht immer gewährleistet werden. Dies wird sowohl durch die berechneten Szenarien als auch durch Aussagen von Betriebsleiterinnen und Betriebsleitern bestätigt. Am Beispiel des „optimalen Zeitpunkts“ zeigt sich, wie das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, und somit auch die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes, beeinflusst.

10.7. Forschungsbedarf Ökonomie

Auslastung und Kosten der bestehenden Pflanzenschutztechnik

Die Untersuchung zeigte, dass es hinsichtlich der Pflanzenschutztechnik eines Betriebes eine Diskrepanz zwischen der betriebswirtschaftlich optimalen Kapazität der Pflanzenschutztechnik und der Kapazität, die für eine optimale Umsetzung des IPS notwendig ist, gibt. Hier besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der betrieblichen Mehrkosten (Anschaffungskosten und Verfahrenskosten), die aus einer Erneuerung und Anpassung der bestehenden Kapazitäten im Sinne des IPS entstehen würden.

Kooperationen und Nutzung von externer Dienstleister

Überbetriebliche Kooperationen und die Nutzung von externen Dienstleistern stellen eine Möglichkeit dar, vorhandene Kapazitätsengpässe zu überbrücken und somit eine effiziente und termingerechte Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen zu gewährleisten. Hier besteht Forschungsbedarf, inwieweit diese Möglichkeiten in der landwirtschaftlichen Praxis verfügbar sind, und ob bei der Nutzung von externen Dienstleistern ein optimaler Behandlungszeitpunkt besser einzuhalten ist.

Qualität und Nutzung von Prognosemodellen

Bei der Nutzung und der Zuverlässigkeit von Prognosemodellen besteht Forschungsbedarf. Die teils großen Entfernungen zwischen der Wetterstation, deren Daten als Basis zur Berechnung des Schaderregerdrucks dienen, und den Schlägen schmälerten das Vertrauen in die Verlässlichkeit der Ergebnisse. Hier gilt es Möglichkeiten zu finden, das Netz der Wetterstationen engmaschiger zu gestalten, ohne dass es zu Qualitätsverlusten bei den verwendeten Wetterdaten kommt. Auch besteht Forschungsbedarf inwieweit private Wetterstationen in die offiziellen Modelle integriert werden können, ohne dass es zu Qualitätsverlusten kommt.

Es gibt einen wachsenden Markt an privaten Anbietern von Prognosemodellen. Oftmals werden auch Paketlösungen (Prognosemodell und Wetterstation angeboten). Es besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Qualität bzw. den Kosten dieser Angebote. Vor allem bei der Frage, ob und inwieweit die Zielsetzung der gewerblichen Modelle den Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes entsprechen, besteht Forschungsbedarf.

Betriebliche Ausgestaltung des Monitorings

Bei den Bonituren des Schaderregerauftretens besteht beim Zeitaufwand je Betrieb nach wie vor großer Forschungsbedarf. Es wurden zwar Boniturzeiten je Schlag und Schaderregerkategorie erfasst, es blieb jedoch offen, ob und wie die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter bzw. Angestellten die restlichen Schläge des landwirtschaftlichen Unternehmens bonitieren.

Kurz- und langfristige betriebswirtschaftliche Auswirkungen der Anwendung von Maßnahmen zur Umsetzung des IPS

Als ein Hemmnis für die Umsetzung des IPS wurden immer wieder die schlechten betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen genannt. Unter schlechten wirtschaftlichen Bedingungen ist die Bereitschaft der landwirtschaftlichen Betriebe für Investitionen in neue Technik bzw. neue Anbauverfahren eher gering.

Viele Maßnahmen zur Umsetzung des IPS sind zunächst mit Lernkosten verbunden. Die optimale Anwendung der Technik muss erlernt werden. Der Anbau neuer Kulturen und Sorten muss für die Standortbedingungen eines Betriebes optimiert werden und es entstehen Transaktionskosten für die Implementierung neuer Vermarktungswege. Demgegenüber stehen viele Effekte, die erst langfristig zu einer Erhöhung bzw. Sicherung der Erlöse der landwirtschaftlichen Betriebe führen. Hier besteht großer Forschungsbedarf hinsichtlich der Höhe der kurzfristigen Kosten bzw. der langfristigen Erlöse. Durch eine Dokumentation und Quantifizierung dieser Effekte können Maßnahmen bzw. Programme erarbeitet werden, wie landwirtschaftliche Unternehmen gezielt bei der Implementierung von Maßnahmen im Sinne des IPS unterstützt werden können.

11. Zusammenfassung

Mit dem Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das im Jahr 2011 gestartet ist, wurde schrittweise ein Netzwerk eingerichtet, in dem Praxisbetriebe den integrierten Pflanzenschutz (IPS) bestmöglich umsetzen und demonstrieren sollten. Die teilnehmenden Betriebe vertraten wichtige Produktionsrichtungen und repräsentative Regionen Deutschlands. Das Vorhaben sollte erstmals Aussagen über die Möglichkeiten und Grenzen des integrierten Pflanzenschutzes unter Praxisbedingungen erlauben. Eingebettet war das Projekt in die Maßnahmen des „Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“, der 2013 vom Bundeskabinett beschlossen wurde (ANONYMUS, 2013). Ziel des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ war die Etablierung, Begleitung und Analyse von Demonstrationsbetrieben. Als Handlungsgrundlage dienten kulturpflanzen- oder sektorspezifische Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz, die im Rahmen des MuD erarbeitet wurden. Die Betriebe sollten die „Best practice“ im Pflanzenschutz demonstrieren und Innovationen, die besonders dazu beitragen, die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu begrenzen, umsetzen. Um die Vorzüglichkeit der Innovationen im Pflanzenschutz zu zeigen, war ein direkter Vergleich mit den in der jeweiligen Region vorhandenen Vergleichsbetrieben vorgesehen, die den Status-Quo im Pflanzenschutz darstellen.

Das Modellvorhaben wurde vom Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, am Standort Kleinmachnow koordiniert. Als Forschungseinrichtung des BMEL oblag dem JKI die betriebsübergreifende Auswertung der gewonnenen Daten. Inhalt des Berichtes war die Untersuchung der Anwendung vorbeugender und nichtchemischer Verfahren, der für die Umsetzung des IPS notwendigen zeitlichen Aufwendungen für die Schaderregerüberwachung, der Entscheidungsgrundlagen, die den Pflanzenschutzmittelanwendungen zugrunde lagen, der Behandlungsintensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendungen und der damit einhergehenden Bewertung des notwendigen Maßes.

Teilprojekt Ackerbau

Im Ackerbau engagierten sich zwischen 2012 und 2018 insgesamt 27 sehr heterogene Betriebe im Modell- und Demonstrationsvorhaben. Die Betriebe lagen in für Deutschland repräsentativen Ackerbauregionen in sieben Bundesländern und nahmen für jeweils fünf Jahre in den Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps am Projekt teil. Ziel war es, die Umsetzung des IPS durch Anpassungen vorbeugender Maßnahmen, wie Sortenwahl, Aussaatzeitpunkt und Fruchtfolgegestaltung, die Demonstration und Erprobung nichtchemischer und alternativer Verfahren sowie die Ausdehnung der Bestandes- und Schaderregerüberwachung direkt im Feld und indirekt über die Nutzung von Entscheidungshilfesystemen, zu optimieren.

Bei der Analyse der vorbeugenden Maßnahmen wurde deutlich, dass der Projektzeitraum von fünf Jahren zu kurz war, um deutliche Veränderungen in den Betrieben zu erkennen. Dennoch konnte gezeigt werden, dass Anpassungen der Aussaatzeitpunkte und ausgewogene Fruchtfolgen zu Reduktionen der Pflanzenschutzmittelanwendungen führen können. Die Analyse des Sortenspektrums im Winterweizen zeigte deutliche Anpassungsleistungen der Betriebe zugunsten resistenterer/toleranterer Sorten. Der Anbau weniger anfälliger Winterweizensorten führte zu Fungizideinsparungen.

Die Demonstrationsbetriebe Ackerbau erprobten verschiedene nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen, machten dabei jedoch immer wieder deutlich, dass in diesem Bereich mehr Innovationen erwartet wurden und ein erheblicher Forschungs- und Weiterentwicklungsbedarf besteht. Ein hoher Aufwand wurde für die Demonstration mechanischer und kulturtechnischer Unkrautbekämpfung betrieben. Einsparungen an Herbiziden konnten durch den Einsatz von Kombinationen mit Hacken und Bandspritzgeräten, von Strohstriegeln in Kombination mit Herbiziden vor der Saat zur Kontrolle von Problemungräsern und zur Beseitigung des Nachauflaufes sowie die Verwendung von Striegeln in der Kultur im Winterweizen und Winterraps ermittelt werden.

Die für die direkte Bestandesüberwachung, als zentrales Instrument des IPS, benötigten zeitlichen Aufwendungen wurden durch die Projektbetreuung erfasst. Für Winterweizen, Wintergerste und Winterraps lagen diese im Mittel aller Projektschläge bei 147, 111, und 170 Minuten pro Schlag bei im Durchschnitt 8, 6 und 10 benötigten Boniturterminen in der Vegetationsperiode. Im Wintergetreide lag der Fokus auf den pilzlichen Schaderregern, im Winterraps auf den Schadinsekten. In den meisten Betrieben wurde das intensive Monitoring der Projektbetreuung durch die Pflanzenschutzverantwortlichen der Betriebe begleitet und/oder die Ergebnisse im Hinblick auf eine

situationsspezifische, schadschwellenbasierte Entscheidungsfindung diskutiert. Das Monitoring und auch die Nutzung indirekter Methoden der Befallserhebung (v. a. die Nutzung von Prognosemodellen) wurde in den Betrieben etabliert und ausgebaut, wobei die meisten Betriebe angaben, den Umfang des Monitorings der Projektbetreuung aus ökonomischen Gründen nicht im selben Maße fortführen zu können.

Die Behandlungsintensitäten in den Demonstrationskulturen streuten sehr stark zwischen den Bundesländern und Jahren, was auf die unterschiedlichen Regionen, Standorte, Betriebsformen und Ausstattungen der Betriebe zurückzuführen ist. Durch die im Projekt unternommenen Anstrengungen der teilnehmenden Betriebe und Bundesländer hinsichtlich der Anpassung vorbeugender ackerbaulicher Maßnahmen, des optimierten Schaderregermonitorings und der exzellenten Beratungsleistung konnten im Hinblick auf die Reduktionspotentiale der Intensitäten der Pflanzenschutzmittelanwendungen im Vergleich zu den in den Regionen der Demonstrationsbetriebe arbeitenden Vergleichsbetrieben gewisse Erfolge erzielt werden. Es konnte gezeigt werden, dass bei dem im Projekt betriebenen enormen Aufwand das größte Reduktionspotential bei der Anwendung von Insektiziden, Fungiziden und Wachstumsregulatoren im Winterweizen und von Insektiziden und Wachstumsregulatoren im Winterraps erzielt werden konnte. Einhergehend mit den erzielten Reduktionen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnte eine deutliche Steigerung bei der Einhaltung des notwendigen Maßes auf meist über 95 % erreicht werden.

Die Optimierung des IPS im Ackerbau ist durch intensive Befallserhebungen auf dem Schlag und durch Nutzung von Prognosemodellen und damit der Stärkung eigenständiger, situationsgerechter und selbstbewusster Entscheidungen im Pflanzenschutz möglich. Das Bewusstsein dafür konnte in den Betrieben geschärft und ausgebaut werden. Herausforderungen zeigten sich in der Bewertung der Sortenanfälligkeit durch die Landwirtinnen und Landwirte, der Einschätzung der Behandlungsnotwendigkeit von Rapskrebs und der Beurteilung von Schadinsekten im Herbst, sowohl im Getreide als auch im Winterraps. Die Rolle der unabhängigen Offizialberatung hat sich dabei als maßgeblich herausgestellt. Als nicht zielführend erwiesen sich im Projektverlauf entstandene Erwartungen nach pauschalen Reduktionen der Behandlungsintensitäten im Ackerbau. Die Optimierung vorbeugender Maßnahmen war meist abhängig vom Markt und den betrieblichen Gegebenheiten und eher nur mittelfristig beeinflussbar. Nichtchemische Alternativen wurden demonstriert und regional bzw. einzelbetrieblich sehr unterschiedlich bewertet. Hier besteht erheblicher Innovations- und Forschungsbedarf.

Teilprojekt Apfelanbau

Im Apfelanbau nahmen im Zeitraum von 2011 bis 2018 insgesamt 13 Obstbaubetriebe am Modellvorhaben teil. Sie repräsentierten die Anbaugebiete Altes Land und Bodensee sowie Rheinhessen/Pfalz, Neckar und die Rheinebene. Für die zusammenfassende Auswertung wurden die beiden DIPS-Regionen Altes Land und Südwest gebildet.

In Zusammenarbeit mit den Projektbetreuerinnen und Projektbetreuern demonstrierten die Betriebe verschiedene, überwiegend altbekannte, nichtchemische Verfahren, die sich größtenteils als praktikabel erwiesen haben und in die Betriebsabläufe integriert wurden. Die mechanischen Unkrautbekämpfungsverfahren waren jedoch mit den bekannten Einschränkungen (Witterung, Bodenbeschaffenheit, Arbeitsaufwand) verbunden und konnten Herbizide nur in Einzelfällen vollständig ersetzen. Forschungsbedarf besteht hier im Hinblick auf die Neu- und Weiterentwicklung von innovativen, wirksamen und ausreichend wirtschaftlichen Systemen für die mechanische Beikrautregulierung. Zur Vorbeugung des Befalls mit Pilzkrankheiten wurden Hygieneschnitte durchgeführt und ein Reihenkehrer getestet. Auch diese Maßnahmen bewährten sich, konnten Fungizidapplikationen jedoch meist nur komplementieren. Vor allem zur Krankheitsvorbeugung/-bekämpfung fehlt es auch aufgrund der nur wenigen vermarktungsfähigen, pilztoleranten Apfelsorten an Innovationen und effektiven Alternativen. Zur Schädlingsbekämpfung werden vor allem die Verfahren Pheromonverwirrung, Grabenmahd und Schlagfallen fortgeführt. Sehr aktiv waren die Demonstrationsbetriebe darüber hinaus in der Nützlingsförderung und Förderung der Biodiversität der Apfelanlagen. Auch wenn sich der Effekt von Blühstreifen, Hecken, Insektenhotels oder Vogelnistkästen nicht quantifizieren ließ, werden die Maßnahmen nach Projektende beibehalten.

Gewissenhafte Bonituren sind im Apfelanbau aufgrund der zahlreichen Schaderreger, des hohen Schadpotentials und der hohen Kosten einer Pflanzenschutzbehandlung essentiell. Im Projektzeitraum wurden pro Anlage und Jahr Monitoringmaßnahmen an insgesamt etwa 20 Boniturterminen im Alten Land bzw. 25 in der Region Südwest mit einem Gesamtzeitaufwand von durchschnittlich 10 bzw. 14 Stunden durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass das Monitoring in diesem Umfang von einem Betrieb selbst nicht durchgeführt werden kann und dazu Unterstützung von Experten notwendig ist. Weiterhin wird angenommen, dass der im Projekt ermittelte Boniturаufwand überschätzt

wurde und bei einer Fokussierung auf Schlüsselschaderreger geringer wäre, wozu allerdings weitergehende Untersuchungen notwendig sind.

Die elementare Rolle der Offizialberatung bei der Umsetzung des IPS im Apfelanbau wurde bei der Auswertung der Entscheidungsgrundlagen sichtbar. Die Beratung durch den Pflanzenschutzdienst einschließlich des daran angeschlossenen Warndienstes wurde mit durchschnittlich 70 - 80 % am häufigsten als Entscheidungsgrundlage für durchgeführte Pflanzenschutzmittelanwendungen genannt. Insbesondere für die meist prophylaktisch durchgeführten Fungizidanwendungen sind die Warndienstmeldungen unerlässlich. Die Auswertung des notwendigen Maßes zeigte, dass mehr als 98 % der Pflanzenschutzanwendungen auf den Demonstrationsbetrieben im Apfelanbau im notwendigen Maß lagen. Reduktionspotentiale bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnten nicht aufgezeigt werden. Vielmehr hat sich trotz der insgesamt sehr hohen Behandlungsintensität das hohe Niveau, auf dem die ausgewählten Betriebe den integrierten Pflanzenschutz ausgehend von den IP-Richtlinien schon seit Jahren betreiben, bestätigt. Nur mit Hilfe einer umfangreichen Bestandesüberwachung und intensiven Beratung war unter bestimmten Befallsbedingungen in Teilbereichen eine Reduzierung der Pflanzenschutzmittelanwendung möglich. Perspektivisch würde insbesondere eine Reduktion der Fungizidanwendungen im Apfelanbau mehr kurative Mittel bzw. neue Wirkstoffe oder wesentliche Fortschritte bei der Züchtung resistenter Sorten voraussetzen.

Teilprojekt Gemüsebau

Im Gemüsebau nahmen im Zeitraum von 2014 bis 2017/18 insgesamt 5 Kohlbetriebe und 5 Möhrenbetriebe am Modellvorhaben teil, die die Gemüseanbaugebiete in der Pfalz, im Rheinland und in Dithmarschen repräsentierten. Die Untersuchungen konnten vor allem zeigen, wo der IPS im Möhren- und Kohlanbau noch deutliche Defizite aufweist. Bei den vorbeugenden Pflanzenschutzmaßnahmen zeigte sich, dass die Anforderungen des Lebensmitteleinzelhandels den Anbau in den Bereichen Düngung, Sortenwahl und Aussaatzeiträume stark beeinflussten. Stellschrauben wurden bei der Einhaltung der Anbaupausen und der Vorfruchtwahl deutlich. Von den in den Betrieben demonstrierten alternativen Pflanzenschutzverfahren überzeugten im Möhrenanbau das biologische Fungizid Contans WG in Kombination mit Kalkstickstoff zur Vorbeugung von bodenbürtigen Schaderregern und Mäusen, Greifvogelsitzstangen und Mäusegräben zur Feldmausbekämpfung sowie mechanische Unkrautbekämpfungsverfahren. Wegen der wenigen zugelassenen Herbizide und den zunehmend milden Wintern findet im Möhrenanbau ein Umdenken zu alternativen Unkrautbekämpfungsmaßnahmen statt, es wird zunehmend in moderne Hacktechnik investiert. Im Kohlanbau gilt das Unkrauthacken seit Langem als Standardmaßnahme. In den Spitzkohlbetrieben konnten Kulturschutznetze überzeugen und Insektizide einsparen. Auch die Anlage von Blühstreifen wird nach dem Projekt weitergeführt. Im Möhren- wie auch im Kohlanbau besteht großer Forschungsbedarf bei den nichtchemischen Pflanzenschutzmaßnahmen, da nur wenige alternative Pflanzenschutzverfahren zur Verfügung stehen. Die Untersuchung der Behandlungsintensitäten zeigte, dass Einsparpotentiale bei den Fungiziden wegen der vielen prophylaktischen Behandlungen insbesondere im Lagerkohl und in Lagermöhren kaum vorhanden sind. Spritzfenster konnten jedoch bei der Entscheidungsfindung für oder gegen eine Fungizidbehandlung beitragen. Die Anwendung von Herbiziden kann in Abhängigkeit von der Witterung durch den verstärkten Einsatz von Hacktechnik reduziert werden. Bei den Insektiziden bestand sowohl im Möhrenanbau als auch im Kohlanbau wenig Handlungsspielraum. Das intensive Schädlingsmonitoring durch die Projektbetreuung sowie die Netzabdeckungen im Kohlanbau konnten jedoch zur Reduktion der Insektizidbehandlungen beitragen.

Die Auswertung der Einhaltung des notwendigen Maßes zeigte, dass mehr als 99 % der Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Demonstrationsbetrieben im Möhrenanbau im notwendigen Maß lagen. Im Kohlanbau entsprachen rund 87 % (2014-2018) der Behandlungen dem notwendigen Maß. Gründe für unnötige Maßnahmen und kritische Kommentare waren vor allem in den Bereichen Befallsermittlung und Terminierung der Behandlungen zu verorten. Die Möhren- und Kohlbetriebe stützten ihre Behandlungsentscheidungen auf das Bestandesmonitoring der Projektbetreuung, die Empfehlungen der unabhängigen Beratung, auf Warndienstmeldungen sowie die eigenen Erfahrungen. Im Rahmen des intensiven Befallsmonitorings erprobte die Projektbetreuung verschiedene Monitoringmethoden. Am zeitaufwendigsten und auch am bedeutendsten war sowohl in den Möhren- als auch den Kohlkulturen das Schädlingsmonitoring. Zum einen weil das Erntegut frei von Schäden und Insekten (Nützlinge/Schädlinge) sein musste, damit der Lebensmitteleinzelhandel dieses akzeptieren, zum anderen weil die Wirkungsgrade der Insektizidbehandlungen von der genauen Terminierung des Anwendungszeitpunktes abhingen. Der Monitoringumfang von rund 10 Stunden in Möhrenkulturen und 7 bzw. 4 Stunden im Frisch-/Lagerkohlanbau ist mit den damit verbundenen Monitoringmethoden von den Betrieben allein so

nicht leistbar. Für eine Vielzahl Schädlinge fehlen praktikable Monitoringmethoden und valide Bekämpfungsrichtwerte. Die verfügbaren Bekämpfungsschwellen sind oftmals veraltet und müssen überarbeitet werden. Zukünftig wird das Schaderregermonitoring im Hinblick auf die Anforderungen der Abnehmer in Bezug auf Pflanzenschutzmittelrückstandsmengen, die geringe Anzahl zugelassener Pflanzenschutzmittel, den Wegfall wichtiger Mittel und die Wirkungsabnahmen bei Herbiziden und Insektiziden in extremen Jahren deutlich an Bedeutung gewinnen. Neben dem hier aufgezeigten Forschungs- und Entwicklungsbedarf liefert eine unabhängige und qualifizierte Beratung einen wesentlichen Beitrag bei der Unterstützung der Betriebe bei der Umsetzung des IPS.

Teilprojekt Hopfenanbau

Von 2014 bis 2018 nahmen fünf Hopfenanbaubetriebe aus der Hallertau am Modellvorhaben teil. In der Projektlaufzeit konnten mit Unterstützung durch die Projektbetreuung verschiedene nichtchemische Verfahren, unter anderem aus den Bereichen Zwischenfruchteinsaat, Unkrautbekämpfung und Hopfenputzen sowie Bekämpfung von Spinnmilben und Maßnahmen gegen Wildverbiss demonstriert und erprobt werden. Ein Großteil davon hat sich als arbeitsaufwendig und witterungsabhängig, aber dennoch praktikabel und wirkungsvoll erwiesen und wird auch nach Projektende fortgeführt werden. Allerdings hat sich auch gezeigt, dass zum aktuellen Stand der (technischen) Entwicklung keine vollwertige Alternative zur Anwendung von beispielsweise Herbiziden im Hopfenanbau zur Verfügung steht, mit der sowohl ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Hopfenputzen als auch bei der Unkrautbekämpfung erzielt werden kann. Nach Ansicht der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter fehlten darüber hinaus wirksame nichtchemische Alternativen vor allem bei der Krankheits- und Schädlingsbekämpfung. So konnten nur wenige Alternativen zur Anwendung von Fungiziden und keine vorbeugenden oder direkten nichtchemischen Verfahren gegen die Hopfenblattlaus oder Bodenschädlinge erprobt werden, da diese nicht zur Verfügung standen.

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den Demonstrationsbetrieben für Hopfenanbau war gekennzeichnet durch einen sehr hohen Anteil von mindestens 99 % der Behandlungen, die im notwendigen Maß lagen. Bei den Pilzkrankheiten sind Peronospora und Echter Mehltau die wichtigsten Schaderreger im Hopfenanbau. Während der Echte Mehltau aufgrund fehlender Entscheidungshilfen und lediglich vorbeugend wirkender Pflanzenschutzmittel prophylaktisch behandelt werden muss, erfolgt die Bekämpfung der Peronospora-Sekundärinfektion aufgrund von gezielten Bekämpfungsaufrufen des etablierten staatlichen Peronospora-Warndienstes, differenziert nach Anfälligkeit der Sorten. Insgesamt konnte hier ein bereits sehr hohes Maß der Umsetzung des IPS konstatiert werden. Die Sortenwahl als weitere vorbeugende Maßnahme hat sich als signifikante Einflussgröße auf die Behandlungsintensität von Fungiziden herausgestellt. Tolerante Sorten wiesen einen deutlich niedrigeren Fungizid-BI auf als anfällige Sorten. Die Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter waren bei der Wahl der Sorten jedoch beschränkt, da Ertragsleistung und Inhaltsstoffe bzw. die Nachfrage am Markt entscheiden, so dass weitere Optimierungs- bzw. Reduktionsmöglichkeiten bei der Anwendung von Fungiziden kaum vorhanden sind.

Gewissenhafte Bonituren sind im Hopfenanbau aufgrund der hohen Kosten einer Pflanzenschutzbehandlung essentiell. Im Zeitraum von 2014 bis 2018 wurden pro Anlage und Jahr Monitoringmaßnahmen an insgesamt 12 Boniturterminen mit einem Gesamtzeitaufwand von durchschnittlich 10 Stunden durchgeführt. Der durchschnittliche Zeitaufwand pro Boniturtermin lag bei etwa 50 Minuten. Ein Großteil der Boniturzeit entfiel auf das Monitoring von Schädlingen wie Hopfenblattlaus und Spinnmilbe, deren Auftreten regelmäßig überwacht und Bekämpfung sorgfältig abgewogen werden musste. Denn die Anwendung von Insektiziden und Akariziden im Hopfenanbau ist gekennzeichnet durch eine geringe Auswahl an zugelassenen Wirkstoffen, dem teilweisen Verlust an Wirksamkeit bei alten Pflanzenschutzmitteln und zunehmender Resistenzgefahr. Hier ist zukünftig auch aufgrund eines steigenden Befallsdruckes, z. B. bei Spinnmilben, eine eher zunehmende Behandlungsintensität zu erwarten. Abhilfe kann hier nur durch stärkere Anstrengungen in Forschung und Beratung sowie insbesondere die Entwicklung und Zulassung neuer effektiver Wirkstoffe geschaffen werden.

Teilprojekt Weinbau

Im Projektzeitraum 2011 bis 2018 nahmen insgesamt 12 Weinbaubetriebe in den Anbauregionen Baden, Pfalz, Nahe, Rheingau und Rheinhessen am MuD teil. Die Auswertung der vorbeugenden und nichtchemischen Pflanzenschutzmaßnahmen zeigte, dass die Wahl der Rebsorten stark vom Markt bestimmt wird und vorrangig Traditionssorten (Riesling, Spät- und Grauburgunder) angebaut werden. Die Betriebe erprobten verschiedene Unterstockbearbeitungsgeräte, die in die Pflanzenschutzstrategien integriert wurden und unter bestimmten Bedingungen Herbizidanwendungen ersetzen konnten. Der mit den Maßnahmen verbundene personelle und

finanzielle Aufwand kann jedoch nicht in jedem Weinberg geleistet werden. Der Anteil herbizidfreier Rebflächen nahm von ursprünglich 25 % (2011) auf über 80 % der Demonstrationsflächen (2016, 2017, 2018) zu. Zum Ende des Projektes arbeiteten 8 Betriebe auf ihren Flächen herbizidfrei. Die Traubenwicklerverwirrung mit dem biotechnologischen Verfahren RAK 1 + 2 wird in den Weinanbauregionen flächendeckend angewendet und konnte Insektizidbehandlungen einsparen. B.t.-Präparate zur Traubenwicklerbekämpfung überzeugten im Wirkungsvergleich mit herkömmlichen Insektiziden nicht. Die verschiedenen erprobten Entlaubungsverfahren führten zu einer besseren Durchlüftung der Laubwand und konnten hohem Pilzdruck und ggf. Kirschessigfliegenbefall vorbeugen. Die getesteten Verfahren zur Traubenausdünnung führten zu geringerem Botrytisbefall und höheren Lesegutqualitäten und sind vorrangig für das Premium-Segment interessant. Kulturschutznetze zur Bekämpfung der Kirschessigfliege werden auch zukünftig auf betroffenen Flächen eingesetzt und sollen zur Einsparung von Insektiziden beitragen. Darüber hinaus weiteten die Betriebe ihre Begrünungsflächen aus und schafften sich z. T. Pflanzenschutzgeräte mit höheren Abdriftminderungsraten an. Die Untersuchung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ergab, dass 99 % der Anwendungen dem notwendigen Maß entsprachen. Der Behandlungsindex wurde durch die vielen Fungizidbehandlungen zur Bekämpfung der Hauptschaderreger Peronospora, Oidium und Botrytis bestimmt. Einzelne Betriebe sparten durch Traubenzonenbehandlungen und den Einsatz von Recyclingtechnik Fungizide ein. Weitere Einsparpotentiale könnten zukünftig durch präzisere Prognosemodelle und vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen erschlossen werden. Der Anbau lockerbeeriger Klone kann neben Fungiziden auch Wachstumsreglerbehandlungen einsparen. Raubmilbenschonende Spritzfolgen können Akarizidbehandlungen einsparen. Die Auswertung des zeitlichen Aufwands zur Schaderregerüberwachung ergab, dass pro Jahr und Rebfläche rund 19 Boniturtermine nötig waren, um den Entwicklungs- und Gesundheitszustand der Reben zu überwachen. Das umfangreiche Befallsmonitoring wurde hauptsächlich von der Projektbetreuung durchgeführt und war für die Offizialberatung von besonderem Interesse. Die Weinbaubetriebe können solch einen Monitoringaufwand nicht leisten. Dennoch hatten sie ihre Flächen genau im Blick und nutzten Werkzeuge zur Befallsermittlung (Schadschwellen, Fallen), Prognosemodelle und das Beratungsangebot des Pflanzenschutzdienstes, was durch die Auswertung der Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen bestätigt werden konnte. Im Projektzeitraum zeigte sich wie flexibel der Weinbau auf unterschiedliche und teilweise extreme Jahreswitterungen und auf das entsprechende Schaderregerauftreten reagieren muss. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind Veränderungen im Schaderregerauftreten bzgl. des Schaderregerspektrums (u. a. invasive Arten) und der Populationsdynamik sowie bei der Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel und den Anwendungszeiträumen zu erwarten. Die amtlichen Rebschutzdienste werden diesbezüglich mit der Anpassung der regionalen Pflanzenschutzstrategien und der Schädlingsüberwachung ausgelastet sein. Parallel dazu sollte intensive Forschungsarbeit zur Weiterentwicklung, Bewertung (u. a. ökonomisch, ökologisch) und Etablierung nichtchemischer Verfahren wie z. B. Unterstockbearbeitungsgeräten und der Verbesserung der Prognosesicherheit von Prognosesystemen geleistet werden.

Teilprojekt Ökonomie

Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der bestmöglichen Umsetzung des IPS wurden für den Ackerbau anhand ökonomischer Kennzahlen untersucht. Dazu wurden im Rahmen einer Kosten-Leistungsrechnung die Pflanzenschutzkosten (PSK) und die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) je Anbauperiode und Hektar bestimmt und auf unterschiedlichen Ebenen (Kultur, CEPI-Cluster, Betriebsgröße und Bundesland) ausgewertet, so dass spezifische Einflüsse auf die Kostenstruktur und die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenschutzes abgeleitet werden konnten. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die drei untersuchten Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Winterraps waren im Projektzeitraum schwierig. Beim Winterraps wurden niedrige Erzeugerpreise von einer tendenziell negativen Ertragsentwicklung begleitet, so dass der Erlösrückgang hier besonders stark war.

Beim Wintergetreide hatten die Fungizide den größten Anteil an den Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK), beim Winterraps waren es hingegen die Herbizide. Insektizide hatten nur im Winterraps einen größeren Anteil an den gesamten PSMK. Der Einfluss der Projektjahre auf die Höhe der PSMK war signifikant. Die Unterschiede der PSMK zwischen dem Jahr mit den höchsten Kosten und dem Jahr mit den niedrigsten betrugen zwischen knapp 20 % in Wintergerste und fast 30 % im Winterweizen. Hinsichtlich der PSMK gab es deutliche Unterschiede zwischen den Demonstrationsbetrieben und den Vergleichsbetrieben. In der Kultur mit den vergleichsweise geringsten Ausgaben für Pflanzenschutzmittel, der Wintergerste, lagen die PSMK der Demonstrationsflächen im Durchschnitt aller Projektjahre

23 % unter denen der Vergleichsbetriebe. Im Winterraps betrug die Differenz 15 % und im Winterweizen lagen die PSMK der Demonstrationsbetriebe 21 % unter denen der Vergleichsbetriebe.

Unterschiedliche Maschinenausstattungen der Demonstrationsbetriebe führten zu unterschiedlichen Arbeitserledigungskosten. Der Unterschied in den Kosten je Überfahrt zwischen der kleinsten und der größten Maschinenausstattung betrug fast 7 Euro je Hektar. Über die gesamte Anbauperiode waren in der Wintergerste 3,9 Überfahrten, im Winterweizen 4,4 Überfahrten und im Winterraps 5,4 Überfahrten zur Ausbringung aller Pflanzenschutzmittel nötig. Einsparungen bei den Überfahrten je Schlag führten zu geringeren Arbeitserledigungskosten bei den Demonstrationsbetrieben im Vergleich zu den Vergleichsbetrieben.

Im Winterraps bzw. Winterweizen war ein kontinuierlicher Rückgang der PSKFL ab dem Jahr 2013 zu verzeichnen, was größtenteils auf den Rückgang der Erzeugerpriese zurückzuführen war. Die durchschnittliche PSKFL der Demonstrationsbetriebe lag in allen drei Kulturen über der durchschnittlichen PSKFL der Vergleichsbetriebe. Da die Ertragsunterschiede zwischen den Demonstrationsbetrieben und den Vergleichsbetrieben marginal waren, sind die Unterschiede hinsichtlich der PSKFL auf Unterschiede zwischen den PSK der Demonstrationsbetriebe und den PSK der Vergleichsbetriebe zurückzuführen.

Die einzelnen Betriebe wiesen große Unterschiede in Bezug auf die PSK auf. Der Betrieb mit den höchsten PSK hatte im Durchschnitt auf seinen Demonstrationsflächen in der Wintergerste um 109 Euro je Hektar, im Winterraps 213 Euro je Hektar und im Winterweizen um 196 Euro je Hektar höhere PSK als der Betrieb mit den im Durchschnitt aller Kulturen niedrigsten PSK. Diese enormen Differenzen zeigen deutlich den Einfluss des Betriebes (und damit ggf. auch seiner regionalen Lage) auf die PSK.

Betriebliche Faktoren bestimmten auch, inwieweit nichtchemische und vorbeugende Maßnahmen auf einem Betrieb eingesetzt wurden. Die Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen, die die Anbaustruktur betreffen, wird stark durch die Vermarktungsstrukturen bestimmt. Eine Erweiterung der Fruchtfolge erfordert neue Absatzwege. Die Implementierung dieser Absatzwege ist mit Transaktionskosten verbunden.

Bei den mechanischen Maßnahmen zur Unkrautregulierung im Bestand ist der Arbeitsaufwand ein maßgebliches Hemmnis. In Bezug auf die Verfahrenskosten bestehen dagegen durch den Einsatz mechanischer Verfahren Reduktionspotentiale. Hier wurde die Wirtschaftlichkeit von Verfahren untersucht, bei denen mechanische und chemische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen kombiniert werden. Am Beispiel des „optimalen Zeitpunktes“ zeigte sich, wie das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, und somit auch die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes, beeinflusste. Die technische Ausstattung, die eine entsprechende Schlagkraft bzw. Flächenleistung liefern würde, um eine Pflanzenschutzanwendung zum optimalen Zeitpunkt durchzuführen, ist für viele Betriebe mit erheblichen Mehrkosten bzw. Investitionskosten verbunden. Bei schlechten Betriebsergebnissen würde dies jedoch ein zusätzliches wirtschaftliches Risiko bedeuten. Es besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der betriebsspezifischen arbeitswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Vorrausetzungen, die es landwirtschaftlichen Betrieben ermöglichen, Innovationen im Sinne des IPS umzusetzen.

Fazit

Zusammenfassend kann zur Durchführung des Modellvorhabens resümiert werden, dass das Projekt von allen Beteiligten als sehr wertvoll und erfolgreich angesehen wurde. Die Zusammenarbeit der Pflanzenschutzdienste und der Betriebe wie auch der weiteren beteiligten Akteure verlief sehr vertrauensvoll und offen. In Bezug auf die Umsetzung des IPS konnten in Abhängigkeit der Maßnahmen und der jeweiligen Kulturen unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden.

Die Anpassung vorbeugender Maßnahmen (Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl, Bodenbearbeitung, Aussaatzeitpunkt) erfolgte in den Feldkulturen kurzfristig, innerhalb der fünfjährigen Projektteilnahme der Betriebe, nicht über die in den Betrieben langfristig eigenständig geplanten Anstrengungen hinaus. Die Erfolge langfristiger Anstrengungen bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen können jedoch nur fruchtfolgeübergreifend und in Raumkulturen nach langwierigen Anpassungen der Produktionssysteme bewertet werden. Im Ackerbau besteht beim Erkennen des Sorteneffektes bei der Nutzung von resistenteren/toleranteren Getreidesorten in Kombination mit der Bestandesüberwachung noch Entwicklungspotential.

Hinsichtlich des Ersatzes von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen durch alternative Maßnahmen stellten sich die kulturtechnischen, mechanischen Beikrautbekämpfungsverfahren in allen Demonstrationskulturen als umsetzbar

heraus. Speziell in den Dauerkulturen aber auch in den Feldkulturen sind neue Verfahren in den Betriebsablauf integriert worden.

Die Bestandesüberwachung direkt als Monitoringprozess im Feld oder indirekt durch Nutzung von Entscheidungshilfesystemen wurde über große Anstrengungen der Projektbetreuung und der Betriebe im Betriebsablauf etabliert oder weiter ausgebaut. Dennoch können die meisten Betriebe das Monitoring aus ökonomischen und organisatorischen Gründen nicht in dem vollen Umfang, wie durch die Projektbetreuung ermöglicht, fortsetzen. Die unabhängige Offizialberatung spielte während des Projektes und darüber hinaus eine maßgebliche Rolle für die Betriebe, ihre Flächen und Bestände und damit die Pflanzenschutzstrategien und teilweise ihre Betriebskonzepte zu überprüfen und immer weiter anzupassen.

Durch die Optimierung der Umsetzung des IPS konnten im Ackerbau Insektizide und Wachstumsregulatoren (Winterweizen, Winterraps) wie auch Fungizide (Winterweizen) eingespart und die Einhaltung des notwendigen Maßes auf über 95 % verbessert werden. Im Gemüsebau wurde die Umsetzung des IPS durch Markteinflüsse auf z. B. Erntetermin, Sortenwahl und Pflanzenschutzmittelwahl sowie Defizite im Bereich des Schaderregermonitorings und nichtchemischer Maßnahmen erschwert. Dennoch konnte die intensive Beratung zur Verbesserung und zunehmenden Einhaltung des notwendigen Maßes beitragen. In den Dauerkulturen gelang dies nicht in dem Umfang, da hier der Großteil der Pflanzenschutzmaßnahmen protektiv nach Warndienstaufruf erfolgte. Die Umsetzung des IPS dieser Betriebe befand sich auch schon vor Projektbeginn auf einem sehr hohen Niveau, was die konstante Einhaltung des notwendigen Maßes von nahezu 100 % verdeutlicht.

Neben der mehrjährigen intensiven Begleitung der Demonstrationsbetriebe, diente der hohe Input der Pflanzenschutzdienste im Projekt auch dem Erkenntnisgewinn und der Validierung aktueller Beratungsstrategien. Vieles wurde hierbei bestätigt, es konnte aber auch ein hoher Handlungs- und Forschungsbedarf abgeleitet werden. Es kann konstatiert werden, das der IPS ein Pflanzenschutzkonzept darstellt, das nicht kategorisch und einheitlich umgesetzt, sondern betriebs- und sektorspezifisch dynamisch in den jeweiligen Betrieben an die unterschiedlichen Bedürfnisse der Produktionsrichtung und Region angepasst werden muss. Für die erfolgreiche Implementierung des IPS auch als betriebsphilosophische Grundhaltung und dessen Anwendung nicht nur aus der ordnungsrechtlichen Notwendigkeit heraus in die Breite der landwirtschaftlichen Betriebe sind noch weitere Anstrengungen notwendig. Hierfür wären neue Demonstrationsvorhaben zur Weiterentwicklung und Demonstration spezieller Fragestellungen oder kompletter Anbaukonzepte und –systeme auch im Sinne der Ackerbaustrategie ebenso zielführend wie die Stärkung der Offizialberatung in den Ländern.

12. Literaturverzeichnis

AGRATHAER GMBH, 2018: Wissenstransfer und Kommunikation im integrierten Pflanzenschutz (IPS transfer). Schlussbericht, 46 S.

ALBRECHT, H., 1969: Innovationsprozesse in der Landwirtschaft. Hrsg.: Sozialwissenschaftlichen Studienkreis für internationale Probleme (SSIP) E.V. Selbstverlag.

AMI, 2016: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2016: AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH.

AMI, 2019: Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2019: AMI Marktbilanz. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH.

ANDERSEN, J. B., 2005: Evolution of antifungal drug resistance: mechanisms and pathogen fitness. Nature reviews, Microbiology **3**, 547-556.

ANDERT, S., J. BÜRGE, B. GEROWITT, B., 2016: Zur Bedeutung betrieblicher Faktoren für die Pflanzenschutzmittel-Intensität im Ackerbau. Gesunde Pflanzen **68**, 1-13.

ANONYMUS, 2010: Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz - Grundsätze für die Durchführung, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), 71 S.

ANONYMUS, 2013: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. NAP Hrsg. BMELV Bonn, 75 S.

ANONYMUS, 2017: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP). Hrsg. BMEL Bonn, 68 S.

ANONYMUS, 2019: Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau. Erarbeitet vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 60 S.

AOUADI, N, J.N. AUBERTOT, J. CANEILL, N. MUNIER-JOLAIN, 2015: Analyzing the impact of the farming context and environmental factors oncropping systems: a regional case study in Burgundy. Eur J Agron **66**, 21-29.

BASF, 2002: RAK®1. Neu- Einbindiger Traubenwickler. http://www.ivv.public.lu/beratung/pdf/konfusionsverfahren_basf.pdf, Abruf am 04.09.2014.

BENZ, R., P. JUCKER, M. ALBRECHT, J.-D. CHARRIÈRE, F. HERZOG, K. JACOT, M. TSCHUMI, H. LUKA, L. PFIFFNER, H. RAMSEIER, K. KNAUER, P. STEINMANN, E. TSCHUMI, G. SILVESTRI, 2015: Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge - Wertvolle Nahrungsquellen im Ackerbau. Merkblatt. Hrsg. AGRIDEA, Ch-Lausanne. 6 S.

BISCHOFF, J., M. SCHRÖDTER, F. HOLZ, 2010: Untersuchungen zum Infiltrationsvermögen von Böden nach langjährigen Pflugverzicht und Direktsaat. In: MEHRLÄNDERPROJEKT AGRARBEZOGENER BODENSCHUTZ. Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe des LfULG **15**, p 15-22.

BLE, 2020a: Modell- und Demonstrationsvorhaben zur pflanzlichen Erzeugung. https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungen-Auftraege/Modellvorhaben/Pflanzliche-Erzeugung/pflanzliche-erzeugung_node.html Abruf am: 19.05.2020.

BLE, 2020b: Situation der Offizialberatung in den Ländern (Beratungsindex). https://nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher-pflanzenschutzindex/deutscher-pflanzenschutzindex/situation-der-offizialberatung-in-den-laendern-beratungsindex/?L=0 Abruf am 28.05.2020.

BLEYER, G., 2017: Ende gut alles gut: Abschlussbehandlung. Der Dt. Weinbau **14**, 34-37.

BLEYER, K., 2019a: Neue Feinde. Der Dt. Weinbau **14**, 35-37.

BLEYER, K., 2019b: Neue Feinde (II). Der Dt. Weinbau **15**, 28-31.

BLEYER, K., 2019c: Neue Feinde (III). Der Dt. Weinbau **18**, 18-19.

BRODT, S., K. KLONSKY, L. TOURTE, 2006: Farmer goals and management styles: implications for advancing biologically based agriculture. Agricultural Systems **89**, 90–105.

BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE, 2006: II. überarbeitete und erweiterte Richtlinie für den kontrollierten Integrierten Anbau von Obst und Gemüse in der Bundesrepublik Deutschland. Stand: 31- 12- 2006. Abruf am 12.05.2020: https://www.obstbau.org/dokumente-download.html.

BUNDESSORTENAMT, 2000: Beschreibende Sortenliste: Kernobst. Hrsg. Bundesortenamt. Hannover, 255 S.

BUNDESSORTENAMT, 2015: Beschreibende Sortenliste: Reben. Hrsg. Bundesortenamt Hannover, 421 S.

BUNDESSORTENAMT, 2018: Beschreibende Sortenliste. Getreide, Mais Öl- und Faserpflanzen Leguminosen Rüben Zwischenfrüchte 2018. Hrsg. Bundesortenamt Hannover, 158 S.

BURNSTONE, J. R. COLLIER, 2009: Improving the targeting of thrips control measures. IOBC/WPRS Bulletin **51,** 49-56.

BUSER, H. H., 2008: Anfälligkeit einiger Karottensorten auf *Alternaria dauci*. Der Gemüsebau/Le Maraîcher, 23-24.

CADOUX, S., G. SAUZET, M. VALANTIN-MORISON, C. PONTET, L. CHAMPOLIVIER, C. ROBERT, J. LIEVEN, F. FLÉNET, O. MANGENOT, P. FAUVIN, N. LANDÉ, 2015: Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. Oilseed & Fats Crops and Lipids **22,** 11 S.

CHRISTEN, O., 2001: Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Pflanzenbauwissenschaften **5** (1), 33-39.

DACHBRODT-SAAYDEH, S., J. SELLMANN, J. STRASSEMEYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, H. KEHLENBECK, 2018: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016. Berichte JKI **194**, 123 S.

DACHBRODT-SAAYDEH, S., J. SELLMANN, D. ROßBERG, 2019: Cluster zur regionalen Erhebung und Analyse der Pflanzenschutzintensität (CEPI) im Ackerbau; J. Kulturpflanzen, **71** (10), 264–270.

DESTATIS, 2017: Statistisches Bundesamt. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung – Baumobstflächen. Fachserie 3 Reihe 3.1.4. Abruf am 09.03.2020: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Obst-Gemuese-Gartenbau/Publikationen/Downloads-Obst/baumobstflaechen-2030314179004.pdf? blob__publicationFile Abruf am 09.03.2020.

DIEREND, W., H. MENKE, 2018: IP auf dem Prüfstand - Ist die „Richtlinie für die kontrollierte Integrierte Produktion“ noch zeitgemäß? Obstbau **06**, 344–348.

DLR, 2020: Agrarumweltprogramm EULLA. DLR Ländlicher Raum. Rheinland-Pfalz. https://www.agrarumwelt.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=74YIPD31AI&p1=6C0576O6UP&p3=B0M2ASUNS3&p4=V3T2DV1CT7. Abruf am 28.02.2020.

ENGELHARDT, H., 2004: Auswirkungen von Flächengröße und Flächenform auf Wendezeiten, Arbeitserledigung und verfahrenstechnische Maßnahmen im Ackerbau (Dissertation Landtechnik). Justus Liebig Universität. Gießen. http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2005/2254/pdf/EngelhardtHeiko-2005-02-22.pdf.

EL TITI, A., H. LANDES, 1990: Integrated farming system of Lauterbach: a practical contribution toward sustainable agriculture in Europe. In: *Sustainable Agricultural Systems, Soil & Water Conservation Society*. EDWARDS, C. A., I. A. ANKENY, p. 249–264.

ENTLING, W., C. HOFFMANN, 2019: Single and combined effects of Drosophila suzukii and Drosophila melanogaster on sour rot development in viticulture. J. Appl. Entomol. **00**, 1–8.

ERHART, E., 2016: Humusaufbau mit Begrünungsmanagement. Der Dt. Weinbau, **20**, 16-17.

FINK, H., V. VILICH, B. SCHULTZ, S. SCHUMACHER, A. GUMMERT, J. HELBIG, M. PAAP, G. EBERHARDT, H. KEHLENBECK. B. FREIER, 2021: Integrierter Pflazenschutz in der Praxis. Erfahrungen aus acht Jahren Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ Hrsg. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 32 S.

FREIER, B., R. GOTTWALD, W. KARG, U. BURTH, 1990: Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes gegen tierische Schaderreger im Apfelanbau. Gartenbau **37**, 82-84.

FREIER, B., B. PALLUTT, M. JAHN, J. SELLMANN, V. GUTSCHE, W. ZORNBACH, 2008: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2007. Berichte JKI **144**, 53 S.

FREIER, B., M. PETERS, A. GUMMERT, S. GOLTERMANN, C. VON KRÖCHER, R. GÖTZ, 2014a: JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“, 10 S. Hrsg.: JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Institut für Strategien- und Folgenabschätzung. Kleinmachnow. https://demo-ips.julius-kuehn.de/.

FREIER, B., M. PETERS, A. FRIED, 2014b: JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ 9 S. Hrsg.: JKI,

Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Institut für Strategien- und Folgenabschätzung. Kleinmachnow. https://demo-ips.julius-kuehn.de/.

FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMEYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, S. DACHBRODT-SAAYDEH, H. KEHLENBECK, W. ZORNBACH, 2015a: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Jahresbericht 2013. Berichte JKI **178**, 107 S.

FREIER, B., A. GUMMERT, B. SCHLAGE, M. HOMMES, J. KEßLER, B. MAHLBERG, T. ALDENHOFF, J. HEIDRICH, H.-J. KRAUTHAUSEN, R. BODE, U. KIRCHNER, 2015b: JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Gemüsebau - Möhre - zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ 9 S. Hrsg.: JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Institut für Strategien- und Folgenabschätzung. Kleinmachnow. https://demo-ips.julius-kuehn.de/.

FREIER, B., A. GUMMERT, B. SCHLAGE, M. HOMMES, J. KEßLER, B. MAHLBERG, T. ALDENHOFF, J. HEIDRICH, H.-J. KRAUTHAUSEN, R. BODE, U. KIRCHNER, 2015c: JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Gemüsebau - Weißkohl - zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ 9 S. Hrsg.: JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Institut für Strategien- und Folgenabschätzung. Kleinmachnow. https://demo-ips.julius-kuehn.de/.

FISCHER, M., 2002: Apfelanbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 223 S.

GEHRING, K., R. BALGENHEIM, E. MEINLSCHMIDT, C. SCHLEICH-SAIDFAR, 2012: 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, March 13-15, 2012, Braunschweig, Germany, 89-101.

GEYRHOFER, A., 2018: Unterm Stock (II). Der Dt. Weinbau **8**, 16-20.

Gölles, M., 2019: Fruchtbarkeit von Reben nach Spätfrost. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau **1**, 6-9.

GÖTZ, G. 2009: Klonfrage bei Burgundersorten, Vortrag anlässlich der 53. Kreuznacher Wintertagung 2009, DLR Rheinpfalz. https://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/948d5a6a17403f71c125755200345757?OpenDocument.

GUMMERT A., B. FREIER, J. HELBIG, J. PORTNER, M. LUTZ, 2016: JKI-Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau zur Durchführung des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ 10 S. Hrsg.: JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Institut für Strategien- und Folgenabschätzung. Kleinmachnow. https://demo-ips.julius-kuehn.de/.

GÜNTHER, A. K., 2010: Analysen zur Intensität der Pflanzenschutzmittel-Anwendung und Aufklärung ihrer Einflussfaktoren in ausgewählten Ackerbaubetrieben Band 12. Berliner ökophysiologische und phytomedizinische Schriften. Der Andere Verlag, Tönning, 165 S.

HARTMANN, C., 2017: Weinbau und Klimawandel, Deutscher Wetterdienst Vorhersage- und Beratungszentrale Offenbach, 07.05.2017. https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2017/5/7.html.

HARZER, U., J. STECHMANN, J. DISSELBORG, A. URBANIETZ, 2016: Die Verfügbarkeit von Insektiziden im Obstbau. Wohin geht die Reise? Wie sollen Schlüssel-Schaderreger zukünftig noch bekämpft werden? Obstbau **5**, 262-329.

HEDRICH, T., B. RASCHER, 2019: Lagermöhrensorten 'Norway'F1 'Maestro'F1 und 'Nerac'F1 überzeugen mit hohem Ertragspotential. Versuche im deutschen Gartenbau 2019, https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenbau/dateien/2019_ief_3-14-07_lagerm%C3%B6hren.pdf. Abruf am: 23.06.2020.

HERRMANN, F., 2011: Einfluss der Flächenwahl, Anbaudichte und Landschaftsstruktur auf den Befallsstatus und die Ausbreitung der Möhrenfliege *Psila rosae* F. (Diptera: Psilidae) im ökologischen Möhrenanbau. Dissertation, Universität Kassel, 159 S.

HEßDÖRFER, M., 2019: Weinbau in Zeiten des Klimawandels. Bewässerungsworkshop. Inst. Weinbau und Oenologie, Bay. LWG. http://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebe_weinberg/212432/index.php.

HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2019: Landwirtschaftliche Betriebe in Hessen 1949 bis 2019 nach Betriebsgrößenklassen. Wiesbaden.

HILD SAMEN, 2016: Sortiment-Möhren. H. s. gmbh: 50-51.

HOLTHUSEN, H., M. BRÜGGENWIRTH, M. CLVER, J. HUHS, N. OESER, J.-P. RALFS, 2019: Technik-Tage 2019 an der ESTEBURG – mechanische Entblätterung, herbizidfreie Unkrautbekämpfung und tunnelartige Sprühgeräte. Mitt. OVR **74**, 337-345.

HOMMES, M., 1984: Integrierte Bekämpfung von Raupen und Blattläusen im Kohlanbau - Kolloquium Integrierter Pflanzenschutz im Kohlanbau. Mitt. BBA **218**, 85-107.

HÖNIG, P., D. GLOY, 2016: Biodiversität: Vielfalt dank Querterrassierung, Der Dt. Weinbau **20**, 16-17.

HÜSGEN, K, A. WILLHAUCK, H. WEEBER, 2017: Landesversuche Pflanzenschutz 2017- Versuchsbericht PS 16-01- Möglichkeiten der Rapskrebsbekämpfung in Winterraps bei unterschiedlichen Anwendungsterminen, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), 43 S.

HÜSGEN, K, A. WILLHAUCK, H. WEEBER, 2018: Landesversuche Pflanzenschutz 2018- Versuchsbericht PS 16-01- Möglichkeiten der Rapskrebsbekämpfung in Winterraps bei unterschiedlichen Anwendungsterminen, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), 29 S.

HÜSGEN, K, A. WILLHAUCK, H. WEEBER, 2019: Landesversuche Pflanzenschutz 2019- Versuchsbericht PS 16-01- Möglichkeiten der Rapskrebsbekämpfung in Winterraps bei unterschiedlichen

Anwendungsterminen, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), 44 S.

JAHN, M., O. RÖDER, J. TIGGES, 2005: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut. Mitt. BBA **339**, 128 S.

JEHLE, J. A., A. HERZ, B. KELLER, R. G. KLEESPIES, E. KOCH, A. LAREM, A. SCHMITT, D. STEPHAN, 2014: Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2013. Berichte JKI **173**, 117 S.

JOHANSSON, A., J.-K. C. GOUD, C. DIXELIUS, 2006: Plant host range of Verticillium longisporum and microsclerotia density in Swedish soils. Eur. J. Plant Pathol. **114**, 139-149.

KAHRER, A., M. GROSS, 2002: Gemüseschädlinge: Erkennung, Lebensweise, Bekämpfung. Wien, Österreichischer Agrarverlag, 120 S.

KIRKEGAARD, J., O. CHRISTEN, J. KRUPINSKY, D. LAYZELL, 2008: Break crop benefits in temperate wheat production. Field Crops Research **107 (3)**, 185-195.

KRISTOF, E., O. DEBRECENI, 2003: Variety as the biological basis of the integrated plant protection. Integrated Control in Field Vegetable Crops IOBC, IOBC wprs Bulletin. **26**, 87-91.

KOB, 2020: Apfelwickler. Stiftung Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee. http://www.kob-bavendorf.de/Service/schaedlinge-und-krankheiten/schaedlinge/apfelwickler/apfelwickler. Abruf am 28.02.2020.

KORTEKAMP, A., J. SCHMIDT, D. KAMEKE, S. ALEXANDER, R. SCHÄFER, 2019: Erhöhte Anforderung. Der Dt. Weinbau **06**, 32-42.

KÖPPLER, K., C. AUGEL, 2018: Netze zur Abwehr der Kirschessigfliege, Landinfo **5,** 43-45.

KRUPINSKY, J. M., K. L. BAILEY, M. P. MCMULLEN, B. D. GOSSEN, T. K. TURKINGTON, 2002: Managing Plant Disease Risk in Diversified Cropping Systems. Agron. J. **94**, 198-209.

KÜHNE, S., U. BURTH, P. MARX, 2006: Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Pflanzengesundheit im Ökologischen Landbau. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 288 S.

KTBL, 2012: Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 10S.

KTBL, 2014: Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. Darmstadt, Kuratorium für Technik

und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 13 S.

KTBL, 2016: Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 29 S.

KTBL, 2018: Betriebsplanung Landwirtschaft 2018/19. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 776 S.

KTBL: 2020a: KTBL Feldarbeitsrechner. https://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html;jsessionid=1745992BEF318D8F7C838FA82C8995B5. Abruf am 10.01.2020.

KTBL, 2020b: MaKost. https://daten.ktbl.de/makost/#notLoggedInInfo?language=de-DE. Abruf am 10.01.2020.

LADACH, M. 2019: Widerstand. Der Dt. Weinbau **8**, 14-18.

LANDESBETRIEB LANDWIRTSCHAFT HESSEN, 2019: CASH! - Corporate Agro System Hessen. http://agrarberatung.llh-hessen.de/markt/0103info.html. Abruf am 02.01.2019

LATTAUSCHKE, G., H. LABER, 2014: Gemüsebau. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 584 S.

LFL, 2004: Der Hopfen. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. 16 S.

LFL, 2017: Jahresbericht 2016. Sonderkultur Hopfen. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, S. 84-85.

LFL, 2019: Hopfen 2019: Anbau, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. 136 S.

LINDSTAEDT, J., R. WEBER, A. WICHURA, C. VON KRÖCHER, 2014: Hofseminare 2014 im Projekt "Demonstrationsbetriebe Integrierter Pflanzenschutz". Mitt. OVR **69** (10), 277-280.

LINDSTAEDT, J., A. WICHURA, 2017: Hofseminar der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz 2017. Mitt. OVR **72** (9), 278-279.

LTZ, 2019: Integrierter Pflanzenschutz 2019 - Erwerbsobstbau. Broschüre Hrsg. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Kahlsruhe. 75 S.

MATRAY, S., A. HERZ, 2018: EcoOrchard. Biodiversitätsförderung durch lebendige Obstanlagen. Obstbau **10**, 583-585.

MLR, 2020: Förderwegweiser. Baden-Württemberg – Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz. https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Foerderwegweiser/E_Ackerbau#anker 4671676. Abruf am: 28.02.2020.

MOHR, H.-W., 1977: Bestimmungsgründe für die Verbreitung von neuen Technologien. Hrsg: Duncker & Humblot, Berlin. 184 S.

MOHR, J., 2016: Gesunde Sorten wurden plötzlich anfällig. Wird 2016 wieder ein Gelbrostjahr? Abgerufen am 12.12.2019. https://www.lw-heute.de/gesunde-sorten-wurden-ploetzlich-anfaellig.

MÜLLER, E., 2016: Die Mischung macht's: Einsaaten abwechseln. Der Dt. Weinbau **20**, 18-22.

OESER, N., 2019: Herbizidfreie Beikrautregulierung im Baumstreifen. Mitt. OVR. **74**, 192-196.

PATERSON, G. B., G. SMART, P. MCKENZIE, S. COOK, 2019: Prioritising sites for pollinators in a fragmented coastal nectar habitat network in Western Europe. Landscape Ecol **34**, 2791–2805.

PEDNEAULT, K., C. PROVOST, 2016: Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. Sci. Hortic. J. **208**, 57-77.

PETGEN, M., 2009: Meilensteine in der Fäulnisbekämpfung? Das Dt. Weinmagazin **4**, 26-30.

PETGEN, M., 2016: Pilzfeste Sorten: Das Ende des Nischendaseins. Der Dt. Weinbau **11**, 12–15.

PETGEN, M., 2019: Hitzewallung. Der Dt. Weinbau **6**, 18-21.

PETERS, M., B. FREIER, F. HOLST, S. GOLTERMANN, H. BÄTKE, C. VON KRÖCHER, A. NAGELSCHMITZ, A. DISSEMOND, M. DIETZ, R. GÖTZ, 2014: Checklisten als Instrument zur Feststellung des Standes der Umsetzung der JKI-Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes im Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz". Julius-Kühn-Archiv, **447**, 315 S.

PIEPHO, H. P., 2004: An algorithm for a letter-based representation of all-pairwise comparisons. J. Comput. Graph. Stat. **13**, 456-466.

PIEPHO, H. P. 2012: A SAS macro for generating letter displays of pairwise mean comparisons. Commun. Biometry and Crop Sci. **7**, 4-13.

PLUSCHKELL, U., 1996: Untersuchungen zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes am Beispiel wiedereingerichteter Feldbaubetriebe Ostdeutschlands (Dissertation). Martin-Luther-Universität. Halle. 102 S.

PONISIO, L. C., P. DE VALPINE, L. K. M'GONIGLE, C. KREMEN, 2019: Proximity of restored hedgerows interacts with local floral diversity and species' traits to shape long-term pollinator metacommunity dynamics. Ecology Letters **22** (7), 1048-1060.

PORTEN, M., 2004: Die Wahl des richtigen Spätburgunderklons. DLR. Rheinpfalz Fachinformationen. https://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/se_quick/C1E365C93B460C1FC125703400523B27?OpenDocument.

PORTEN, M., D. REGNERY, S. BEISER, 2019: Bodenwelle. Der Dt. Weinbau **3**, 16-20.

PORTEN, M., 2020: Überzeile und Unterstock. Der Dt. Weinbau **1**, 14-21.

REBLV, 1988: https://www.gesetze-im-internet.de/reblv/BJNR012030988.html.

RID, M. 2019: PI Nr. 24: Forscher setzen im Kampf gegen den Traubenwickler alles auf eine Karte, 12.08.2019; https://www.julius-kuehn.de/presse/pressemeldung/news/pi-nr-24-forscher-setzen-im-kampf-gegen-den-traubenwickler-alles-auf-eine-karte/.

ROßBERG D., V. MICHEL, R. RUDOLF GRAF, R. NEUKAMPF, 2007: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. dt. Pflanzenschutzdienste **59** (7), 155–161.

SCHEPL, U., A. PAFFRATH, 2010: Der Drahtwurm ein Schädling auf dem Vormarsch - Möglichkeiten der Regulierung. BÖL Bundesprogramm Ökologischer Landbau, 16 S.

SCHLAGHECKEN, J., 2004: Kohlhernie - Eine schlimme Wurzelkrankheit an Kohlarten, Rettich und Radieschen. Hrsg.: DLR Rheinpfalz. Neustadt/W., Gartenakademie Rheinland-Pfalz. 11 S.

SCHMID, J., F. MANTY, B. LINDNER, R. RIES, H. KONRAD, E. RÜHL, E. SCHÖNHALS, E. BLESER, 2009 Geisenheimer Rebsorten und Klone. Hrsg.: Forschungsanstalt Geisenheim, 156 S. https://www.schweitzer-online.de/buch/Schmid/Geisenheimer-Rebsorten-Klone/9783934742567/A19829559/.

SCHRÖDER, P., B. HUBER, U. OLAZÁBAL, A. KÄMMERER, J. C. MUNCH, 2002: Land use and sustainability - FAM Research Network on Agroecosystems. Geoderma **105**, 155-166.

SHELTON, A. M., T. WILSEY, M. A. SCHMAEDICK, 1998: "Management of Onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Cabbage by Using Plant Resistance and Insecticides." Journal of Economic Entomology **91**(1), 329-333.

SPERLING, U., C. WOLFF, L. ADAM, E. FAHLENBERG, A. THATE, E. WISKE, 2004: Fungizidstrategien im Winterweizen in Abhängigkeit von Aussaattermin und Sortenresistenz - Zusammenfassung der Ergebnisse aus Ringversuchen in Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt. Mitt. BBA **396**, 125.

STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER, DEUTSCHLAND, 2020: Erträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. https://www.regionalstatistik.de/genesisws/downloader/00/41241-01-03-4_00.csv. Abruf am 10.01.2020.

STATISTISCHES BUNDESAMT, 2020: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wein/Tabellen/rebflaeche.html. Abruf am 10.01.2020.

STECKEL, J., C. WESTPHAL, M. K. PETERS, M. BELLACH, 2014: Landscape composition and configuration differently affect trap-nesting bees, wasps and their antagonists. Biol. Conserv. **172**, 56-64.

STEFFAN-DEWENTER, I., T. TSCHARNTKE, 1999: Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia **121**, 432–440.

STEINER, H., 1975: Erfahrungen bei der Entwicklung und Einführung des integrierten Pflanzenschutzes in Baden-Würrtemberg. Z. angew. Ent. **77**, 398-401.

STEINMANN, H.-H., B. GEROWITT, 2000: Ackerbau in der Kulturlandschaft – Funktionen und Leistungen. Ergebnisse des Göttinger INTEX-Projektes. Duderstadt, Mecke Druck und Verlag, 300 S.

STERN, V. M., R. F. SMITH, R. BOSCH, K. S. HAGEN, 1959: The integrated control concept. Hilgardia **29**, 81-101.

STOKSTAD, E., 2018: France's decade-old effort to slash pesticide use failed. Will a new attempt succeed? https://www.science.org/content/article/france-s-decade-old-effort-slash-pesticide-use-failed-will-new-attempt-succeed. Abruf am: 19.05.2020.

STÖCKLI, S., C. DANIEL, F. CAHENZLI, 2019: Interreg-V Oberrhein: Nachhaltiger Pflanzenschutz gegen invasive Schaderreger im Obst- und Weinbau (InvaProtect). Rede at: Bioweinbautagung 2019, Winterthur-Wülflingen, Schweiz, 27.02.2019.

STROTMANN, K., 2019a: Wachstumsregler: Diese Mischungen sichern Ihren Ertrag. Abruf am 15.03.2020, https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/wachstumsregler-diese-mischungen-sichern-ihren-ertrag-551956.

STROTMANN, K., 2019b: Wann rentieren sich Wachstumsregler im Getreide? Abruf am 15.03.2020, https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/rentieren-wachstumsregler-getreide-552643.

TLL, 2007: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Hopfen. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, 21 S.

VAN DE STEENE, F., L. TIRRY, S. VIDAL, 2003: "Monitoring the flight activity and damage of Thrips tabaci (Lind) in different varieties of white and red cabbage." IOBC WPRS BULLETIN **26**(3): 33-38.

VERBAND DEUTSCHER HOPFENPFLANZER E. V., 2019: Überblick Hopfenfläche 2018. https://www.deutscher-hopfen.de/de/Hopfen-Info/Anbauflaechen Abruf am 01.08.2019.

VERSCHWELE, A., 2018: 38104DLG-Mitteilungen: Agrarmanagement, Trends & Perspektiven **133** (4), 56-57.

VIETINGHOF, J., U. TILINSKY, 2014: Bedeutung der Anwendungstechnik für den nachhaltigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. J. Kulturpflanzen **66** (10), 337–339.

VILLENEUVE, F., F. LATOUR, 2017: A few biological specificities of the carrot root fly (Psila rosae Fabre) for a more accurate forecasting in carrot (Daucus carota L.) production. Acta hortic. 1153, 193-200.

VOGT, E., N. BECKER, G. SCHRUFT, 2000: Weinbau. Stuttgart, Eugen Ulmer, 456 S.

VOGT, H., 2014: Rasante und folgenschwere Ausbreitung eines für den Obst- und Weinbau neuen invasiven Schädlings: Die Kirschessigfliege, Drosophila suzukii (Matsumura). In: *Mitt. DGAAE* **19**, p. 211–221.

WAHMHOFF, W., 1989: Voraussetzungen, Kontrollaufwand und Sicherheit von Bekämpfungsentscheidungen im integrierten Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen **41**, 95-98.

WALG, O., 2019: Saugen oder zupfen? Der Dt. Weinbau **10**, 14-18.

WILHELM, B., 2011: Beikrautmanagement ohne Pflug – Erfahrungen aus der Praxis. In: Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau. Wilhelm, B., Hensel, O. Witzenhausen, Deutsches Institut für Tropische und Subtropische Landwirtschaft (DITSL) GmbH, 69-76 S.

WOLFF, C., H. HARTLIEB, P. MATTHES, 2003: In Trockengebieten den Fungizidaufwand begrenzen. top agrar **4**, 70-73.

ZELLNER, M., S. WAGNER, B. WEBER, J. HOFBAUER, 2011: Versuch zur Beurteilung der Wirkung von Contans WG (Antagonisten-Präparat) auf den Befall mit Weißstängeligkeit in Winterraps, Versuchsergebnisse aus Bayern 2011, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, 9 S.

ZIESEMER A., H. HEILMANN, 2008: Zusammenfassung praxisrelevanter Schlagkarteidaten und ökonomische Bewertung ausgewählter Verfahrensabschnitte im Acker- und Pflanzenbau, Schlagkarteiauswertung Mähdruschfrüchte 2008. http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Betriebswirtschaft/Archiv_Verfahrensoekonomie/_Dateien/MD2009_Bericht. pdf.

ZIESEMER, A., E. LEHMANN, 2011: Wie früh kann man Weizen säen? Bauernzeitung **52** (33), 8-9.

13. Anlagen

13.1. Ackerbau

Anl. 1. Anzahl der Demonstrations- und Vergleichsbetriebe und der Demonstrations-, Vorher-, Rest- und Vergleichsflächen im Ackerbau

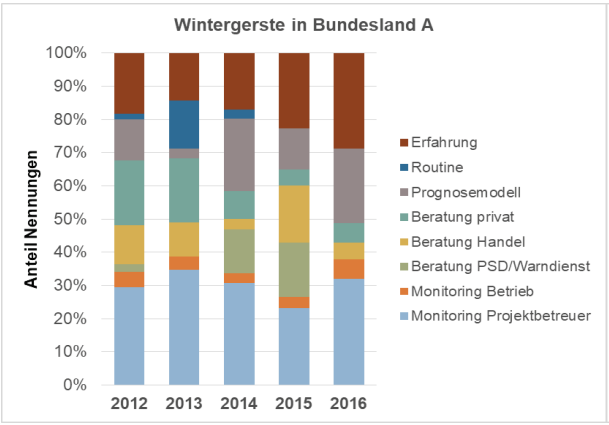
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	Winterweizen								
Bundesland A									
Demonstrationsbetriebe			5	5	5	5	5		
Vorherflächen	20	20							
Demonstrationsflächen			15	15	15	14	15		
Restflächen			4	4	5	3	5		
Vergleichsbetriebe	5	5	5	4	4	3	4		
Vergleichsflächen	15	15	15	12	12	9	12		
Bundesland B									
Demonstrationsbetriebe				2	3	3	3	3	
Vorherflächen		6	6						
Demonstrationsflächen				6	9	9	9	9	
Restflächen				1	1	1	3	2	
Vergleichsbetriebe		2	2	2	2	2	3	3	
Vergleichsflächen		6	6	6	6	6	8	8	
Bundesland C									
Demonstrationsbetriebe				5	5	5	5	5	
Vorherflächen		14	14						
Demonstrationsflächen				15	15	12	15	15	
Restflächen				3	5	4	5	5	
Vergleichsbetriebe		21	25	23	24	25	26	23	
Vergleichsflächen		63	65	74	80	72	73	70	
Bundesland D									
Demonstrationsbetriebe					3	3	3	3	3
Vorherflächen			10	10					
Demonstrationsflächen					9	9	9	9	9
Restflächen					2	2	3	2	1
Vergleichsbetriebe			3	3	3	3	3	3	3
Vergleichsflächen			9	9	9	9	9	9	9
Bundesland E									
Demonstrationsbetriebe				5	5	5	5	5	
Vorherflächen		18	15						
Demonstrationsflächen				15	15	15	15	15	
Restflächen				4	1	5	4	4	
Vergleichsbetriebe		5	5	5	5	5	5	5	
Vergleichsflächen		14	15	15	15	15	15	15	

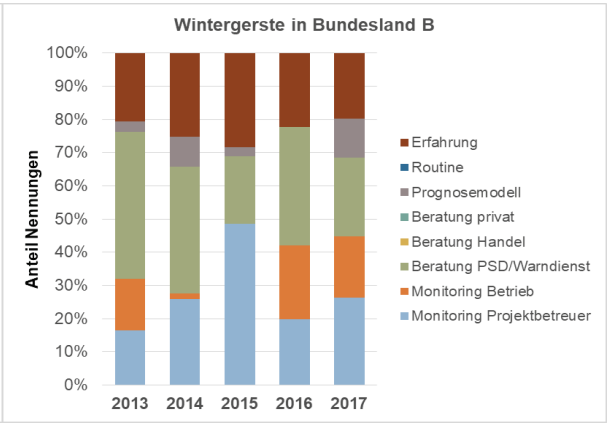
Bundesland F									
Demonstrationsbetriebe					3	3	3	3	3
Vorherflächen			9	8					
Demonstrationsflächen					9	9	9	9	10
Restflächen					3	2	3	3	2
Vergleichsbetriebe			1	1	1	1	1	1	1
Vergleichsflächen			3	3	3	3	3	3	3
Bundesland G									
Demonstrationsbetriebe					3	3	3	3	3
Vorherflächen			8	12					
Demonstrationsflächen					9	9	9	7	9
Restflächen					3	3	3	2	3
Vergleichsbetriebe			2	2	2	2	2	2	2
Vergleichsflächen			6	6	6	5	5	5	5
	Wintergerste								
Bundesland A									
Demonstrationsbetriebe			5	5	5	5	5		
Vorherflächen	19	20							
Demonstrationsflächen			14	15	15	15	15		
Restflächen			5	5	5	4	4		
Vergleichsbetriebe	4	5	4	3	4	3	4		
Vergleichsflächen	12	13	12	9	11	8	12		
Bundesland B									
Demonstrationsbetriebe				2	3	3	3	3	
Vorherflächen		6	6						
Demonstrationsflächen				6	8	8	8	6	
Restflächen							2	2	
Vergleichsbetriebe		2	2	2	2	2	2	2	
Vergleichsflächen		6	6	6	6	6	6	6	
Bundesland C									
Demonstrationsbetriebe				5	5	4	5	4	
Vorherflächen		13	9						
Demonstrationsflächen				13	12	9	15	11	
Restflächen				2	3	2	3	3	
Vergleichsbetriebe			17	21	20	23	22	21	
Vergleichsflächen			43	52	52	66	52	58	

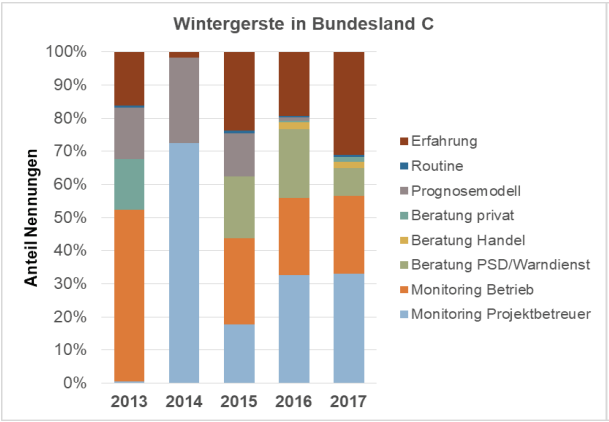
Bundesland D									
Demonstrationsbetriebe					3	3	3	3	3
Vorherflächen			7	9					
Demonstrationsflächen					9	8	8	8	7
Restflächen					2	1	2	1	1
Vergleichsbetriebe			3	3	3	3	3	3	3
Vergleichsflächen			7	9	9	9	9	9	9
Bundesland E									
Demonstrationsbetriebe				4	4	4	4	4	
Vorherflächen		12	13						
Demonstrationsflächen				11	11	12	12	10	
Restflächen				3	2	3	3	2	
Vergleichsbetriebe		4	4	4	4	4	4	4	
Vergleichsflächen		9	12	12	12	11	12	12	
Bundesland F									
Demonstrationsbetriebe					2	3	3	3	3
Vorherflächen			6	6					
Demonstrationsflächen					6	7	8	8	7
Restflächen					1	1	2	1	2
Vergleichsbetriebe			1	1	1	1	1	1	1
Vergleichsflächen			3	3	3	3	3	3	3
Bundesland G									
Demonstrationsbetriebe					3	3	3	3	3
Vorherflächen			4	10					
Demonstrationsflächen					8	8	7	8	9
Restflächen					2	3	2	2	3
Vergleichsbetriebe			2	2	2	2	2	2	2
Vergleichsflächen			6	6	6	6	6	6	6
	Winterraps								
Bundesland A									
Demonstrationsbetriebe			5	5	5	5	5		
Vorherflächen	20	20							
Demonstrationsflächen			14	15	15	15	15		
Restflächen			5	5	5	4	5		
Vergleichsbetriebe	5	5	5	4	4	3	4		
Vergleichsflächen	15	15	15	12	12	9	12		

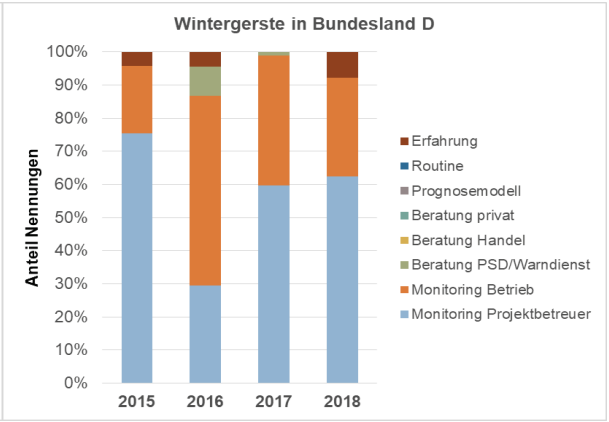
Bundesland B								
Demonstrationsbetriebe			2	3	3	3	3	
Vorherflächen	6	4						
Demonstrationsflächen			6	9	9	8	9	
Restflächen						2	2	
Vergleichsbetriebe	2	2	2	2	2	3	3	
Vergleichsflächen	6	6	6	6	6	8	7	
Bundesland C								
Demonstrationsbetriebe			5	5	4	5	5	
Vorherflächen	13	12						
Demonstrationsflächen			14	15	11	13	12	
Restflächen			1	4	2	2	2	
Vergleichsbetriebe	15	18	16	18	14	16	15	
Vergleichsflächen	27	40	34	42	30	41	33	
Bundesland D								
Demonstrationsbetriebe				3	3	3	3	3
Vorherflächen		9	9					
Demonstrationsflächen				9	8	8	9	6
Restflächen				1	1	1	1	1
Vergleichsbetriebe		2	3	3	3	3	2	3
Vergleichsflächen		6	9	9	7	8	6	7
Bundesland E								
Demonstrationsbetriebe			5	5	5	5	5	
Vorherflächen	17	16						
Demonstrationsflächen			14	15	14	15	15	
Restflächen			3	3	4	4	4	
Vergleichsbetriebe	5	5	5	5	5	5	5	
Vergleichsflächen	14	14	15	15	15	14	15	
Bundesland F								
Demonstrationsbetriebe				3	3	3	3	3
Vorherflächen		9	9					
Demonstrationsflächen				9	7	9	9	8
Restflächen				2	3	2	2	3
Vergleichsbetriebe								
Vergleichsflächen								
Bundesland G								
Demonstrationsbetriebe				3	3	3	3	3
Vorherflächen		8	12					
Demonstrationsflächen				9	8	9	9	9
Restflächen				2	2	3	3	3
Vergleichsbetriebe		2	2	2	2	2	2	2
Vergleichsflächen		6	6	6	6	6	6	6

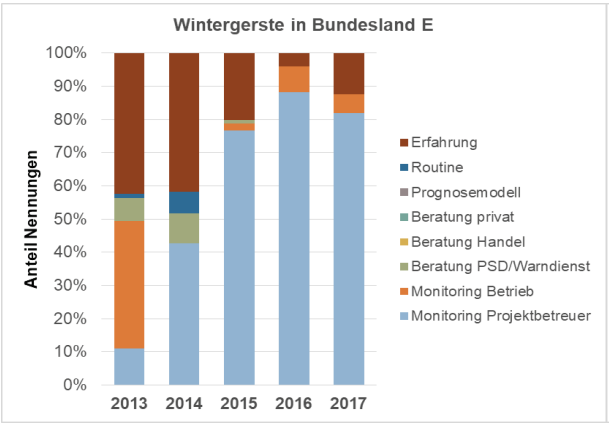
Anl. 2. Entscheidungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittelanwendungen in Wintergerste [%], DIPS Ackerbau, Demonstrationsflächen 2012-2016 Bundesland (BL) A, 2013-2017 BL B, C, E, 2014-2018 BL F, 2015-2018 BL D, G

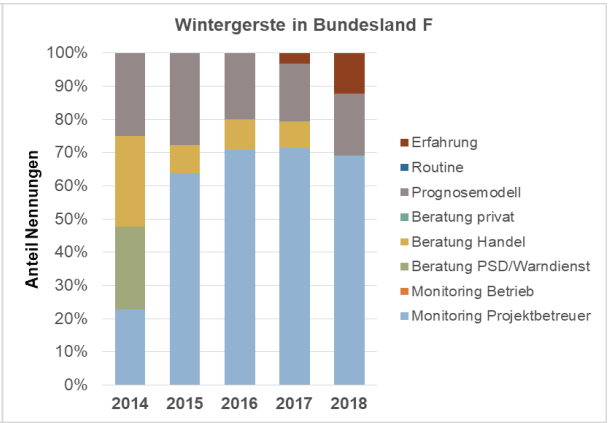


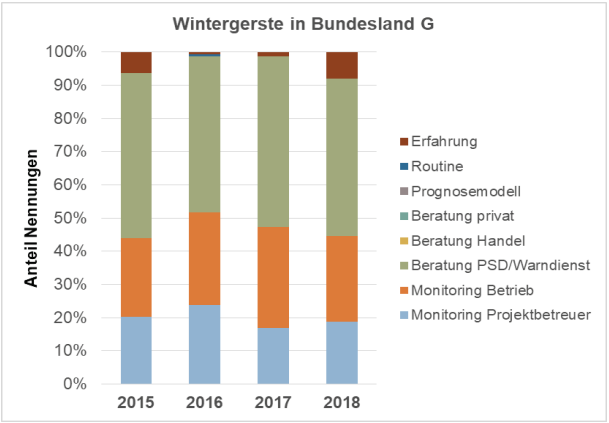




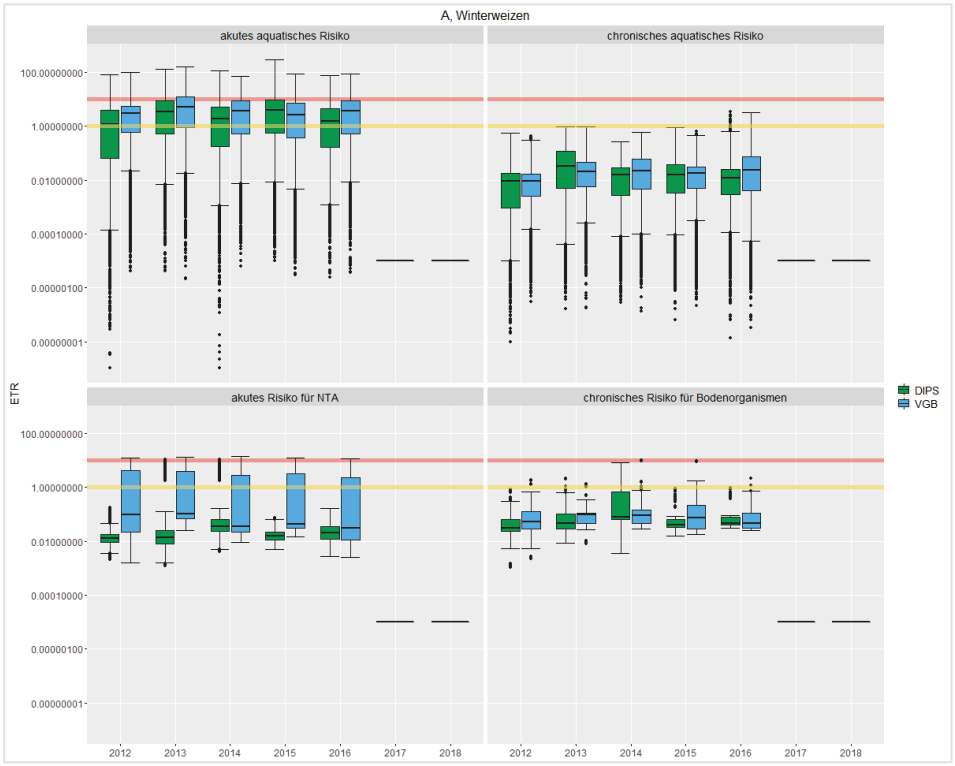




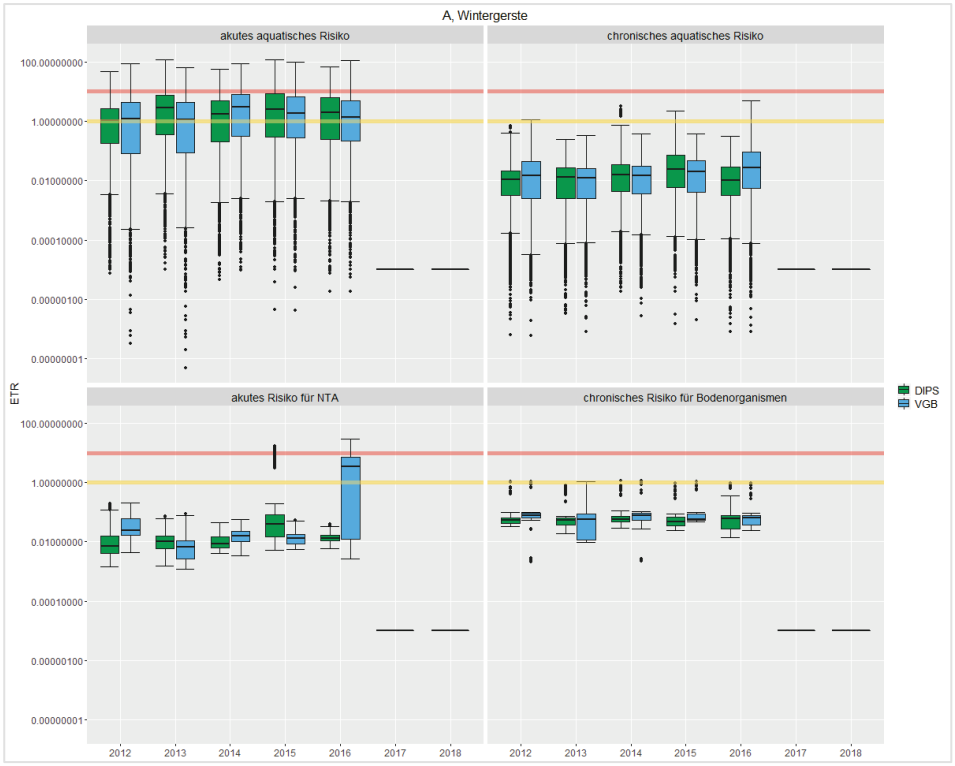




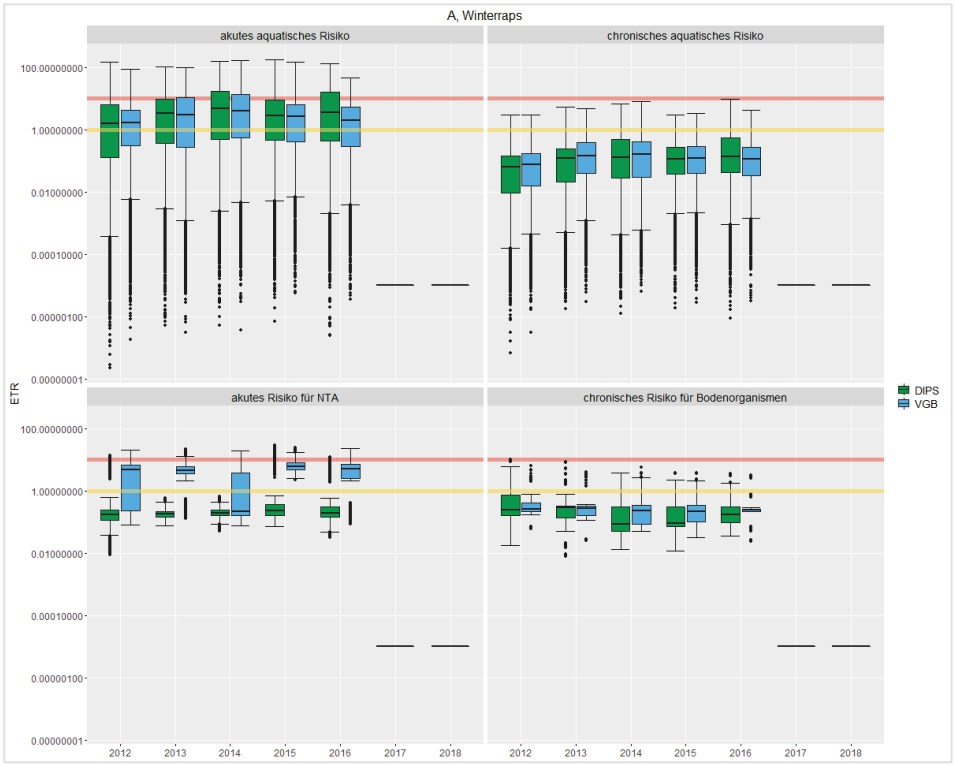
Anl. 3. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland A in Winterweizen in den Jahren 2012-2016



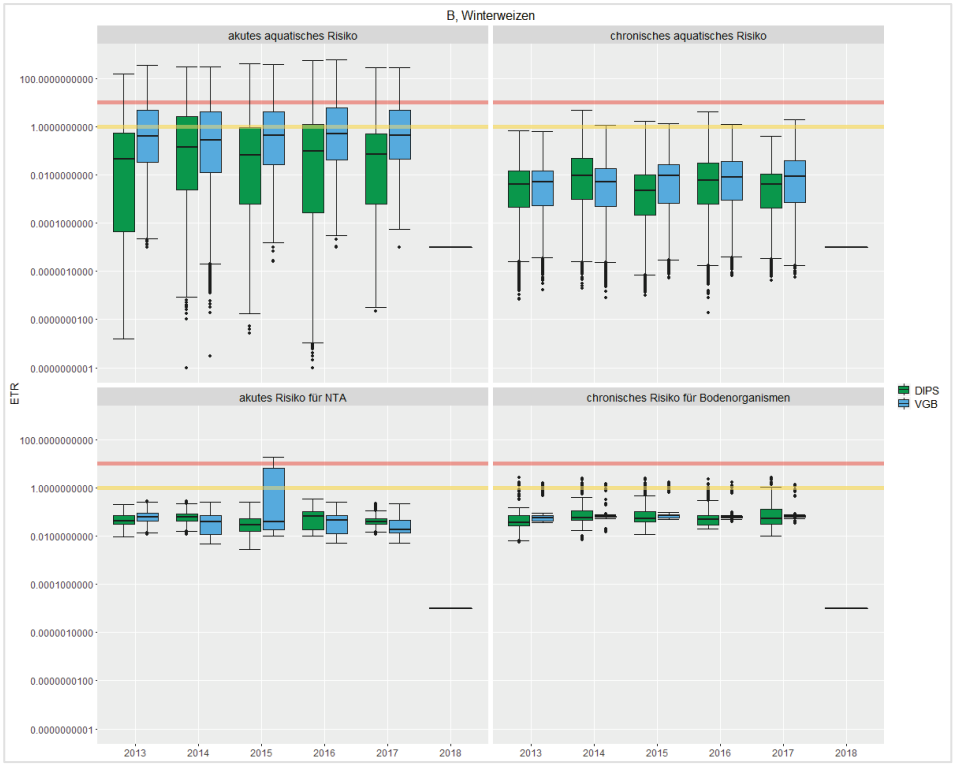
Anl. 4. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland A in Wintergerste in den Jahren 2012-2016



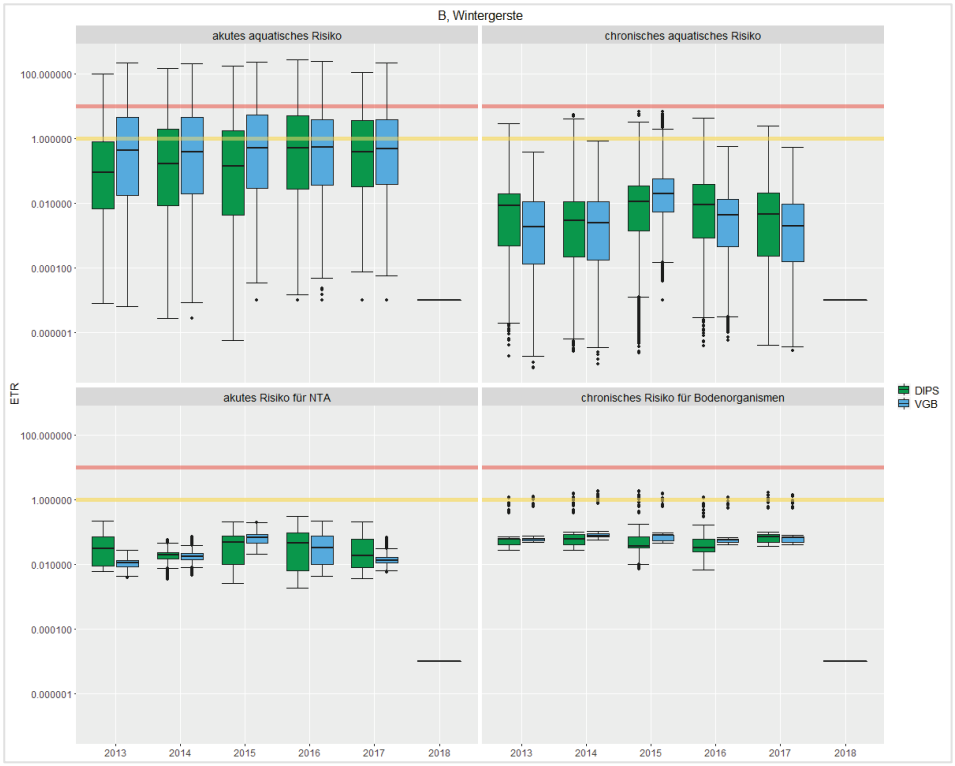
Anl. 5. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland A in Winterraps in den Jahren 2012-2016



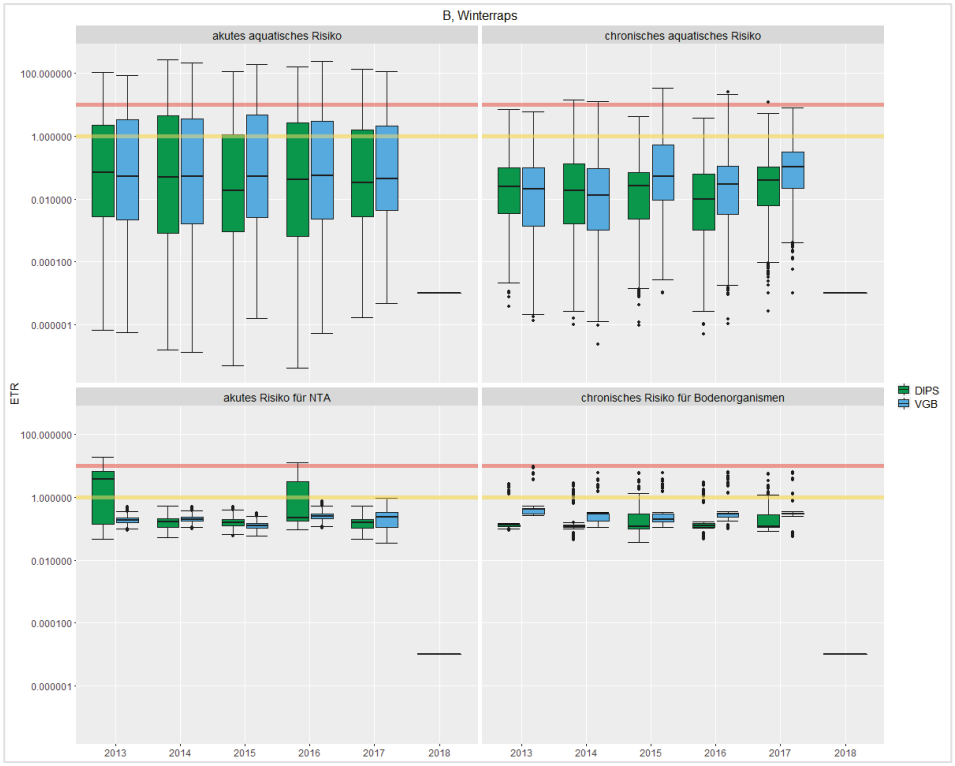
Anl. 6. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland B in Winterweizen in den Jahren 2013-2017



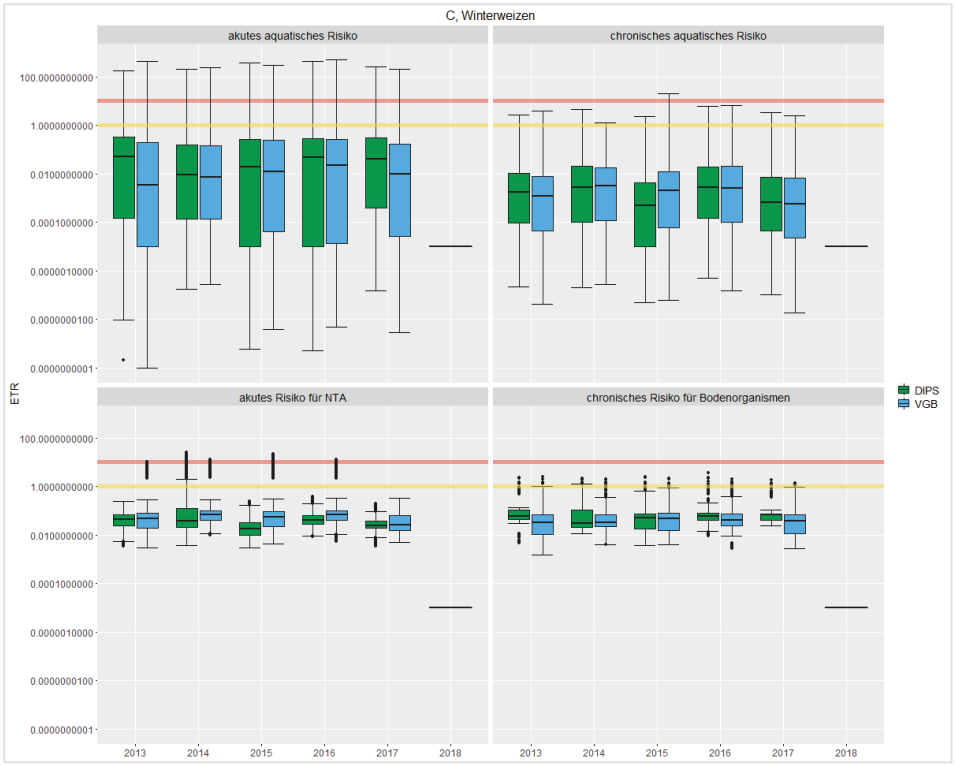
Anl. 7. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland B in Wintergerste in den Jahren 2013-2017



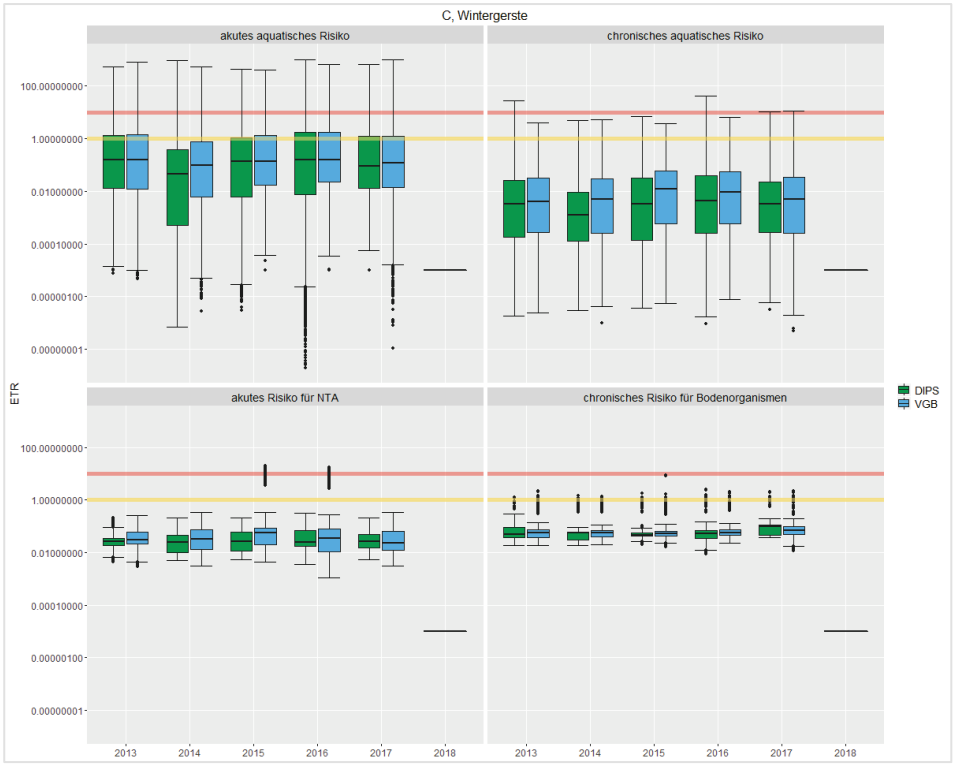
Anl. 8. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland B in Winterraps in den Jahren 2013-2017



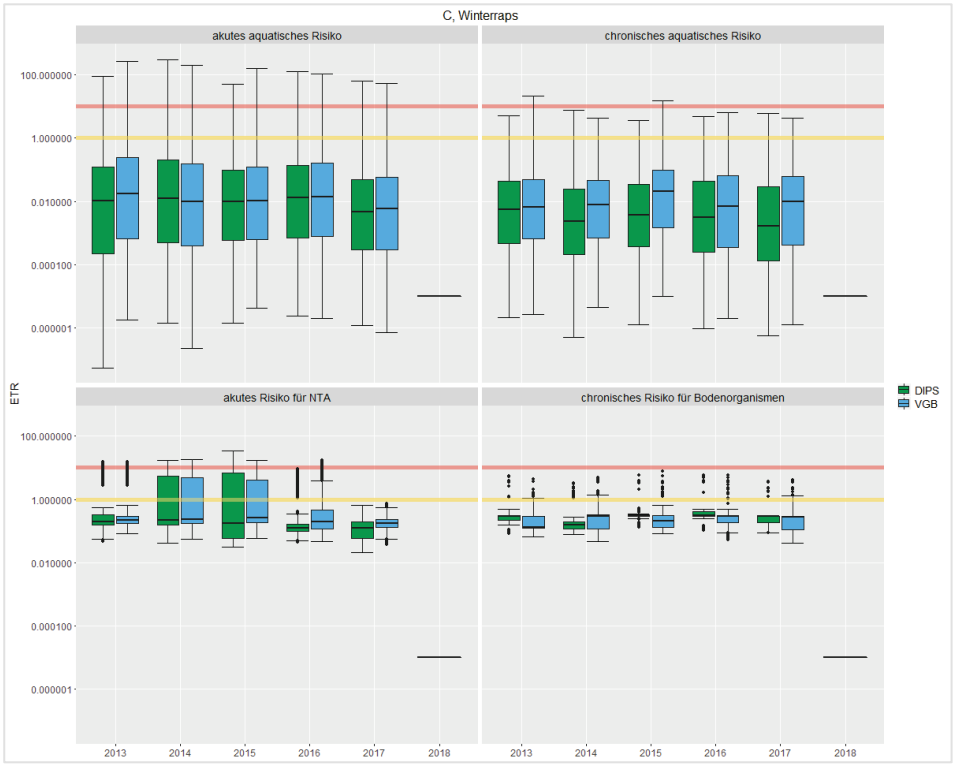
Anl. 9. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland C in Winterweizen in den Jahren 2013-2017



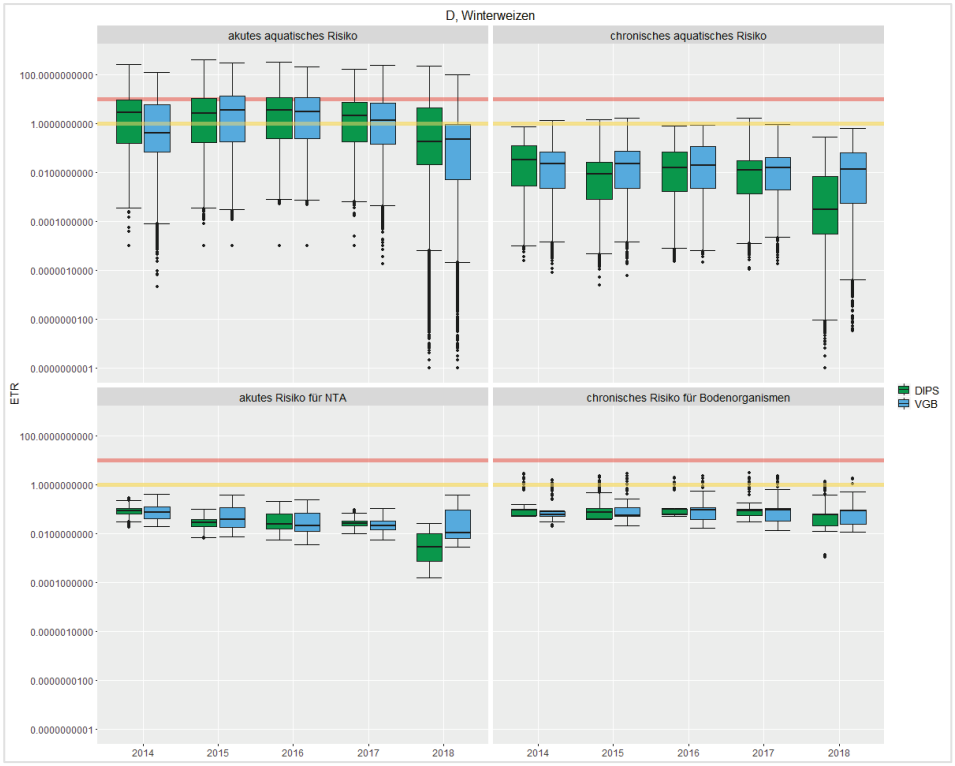
Anl. 10. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland C in Wintergerste den Jahren 2013-2017



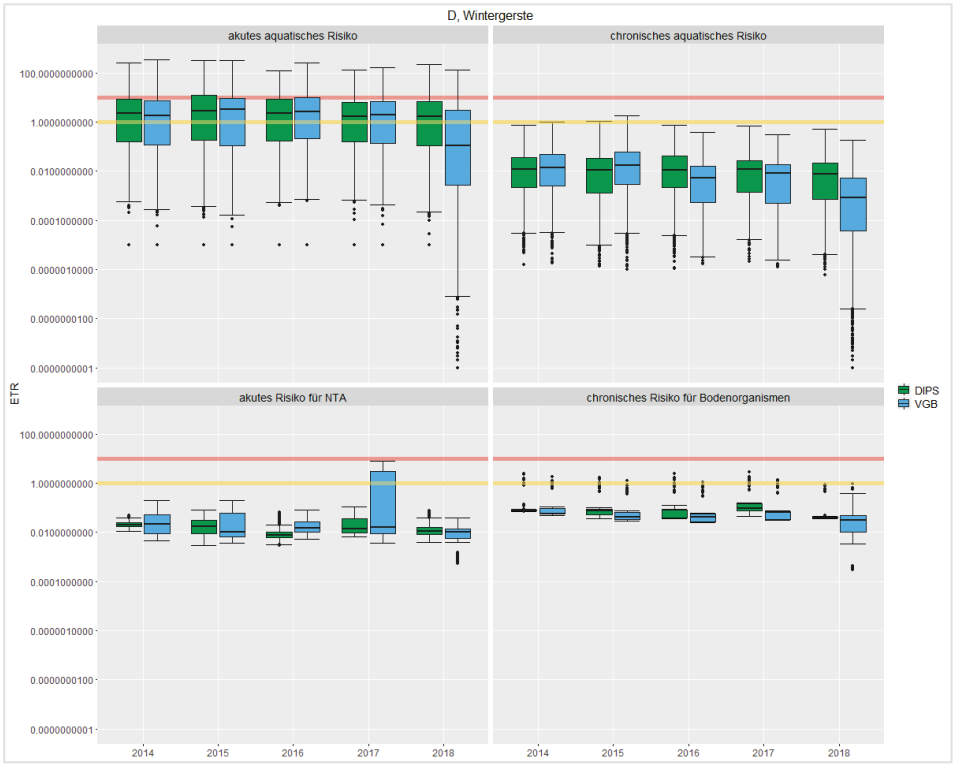
Anl. 11. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland C in Winterraps in den Jahren 2013-2017



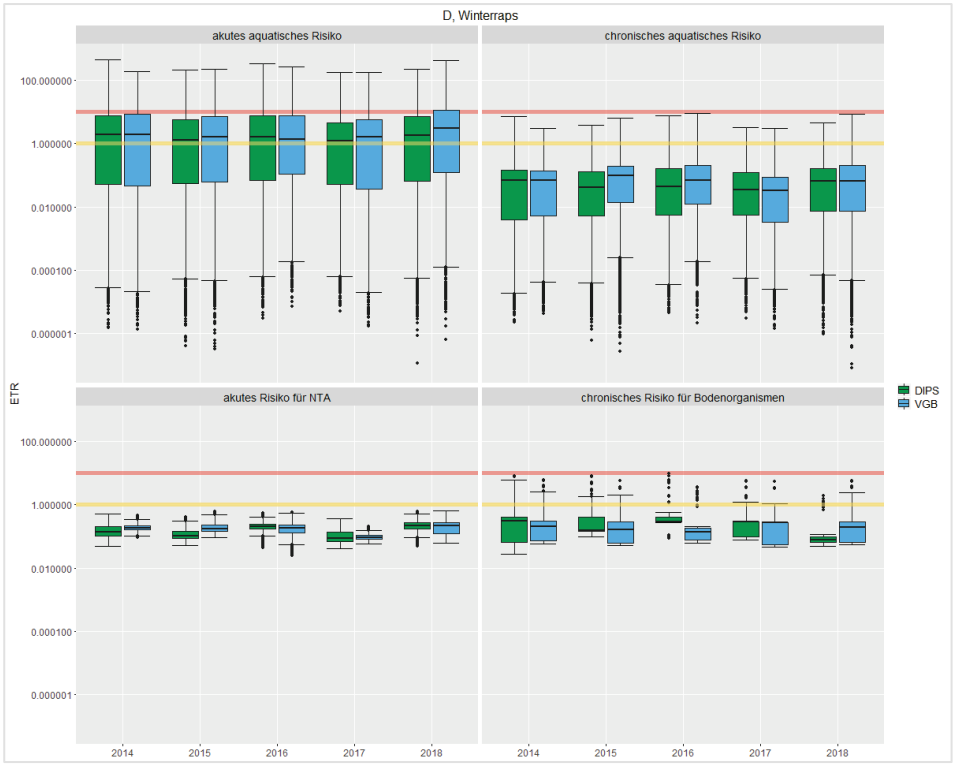
Anl. 12. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland D in Winterweizen in den Jahren 2014-2018



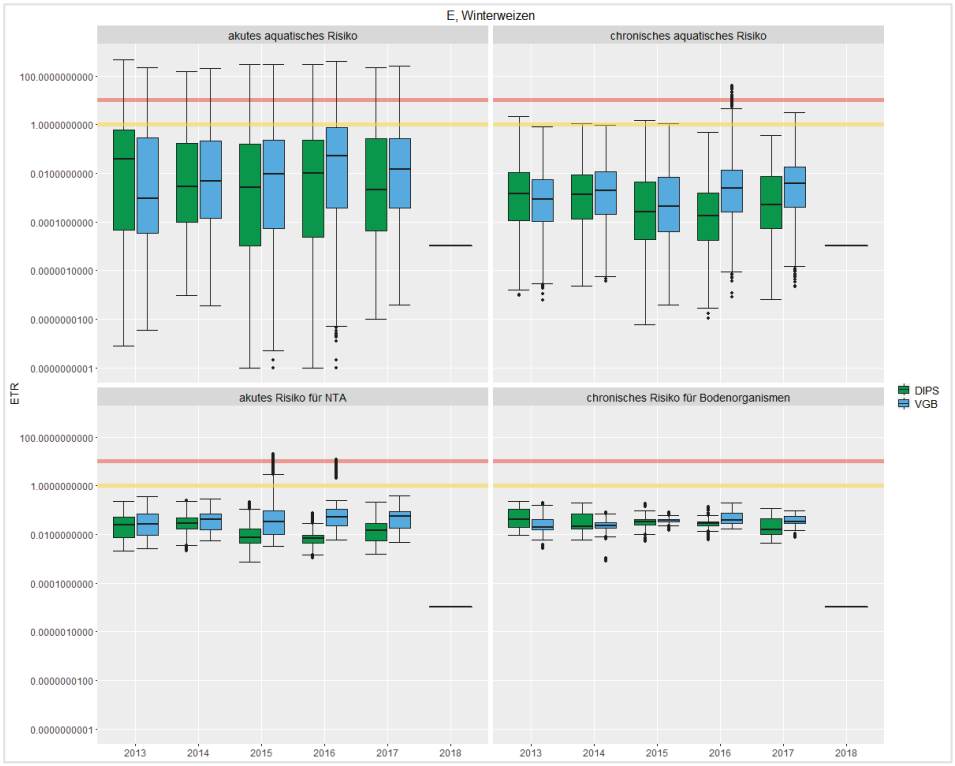
Anl. 13. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland D in Wintergerste in den Jahren 2014-2018



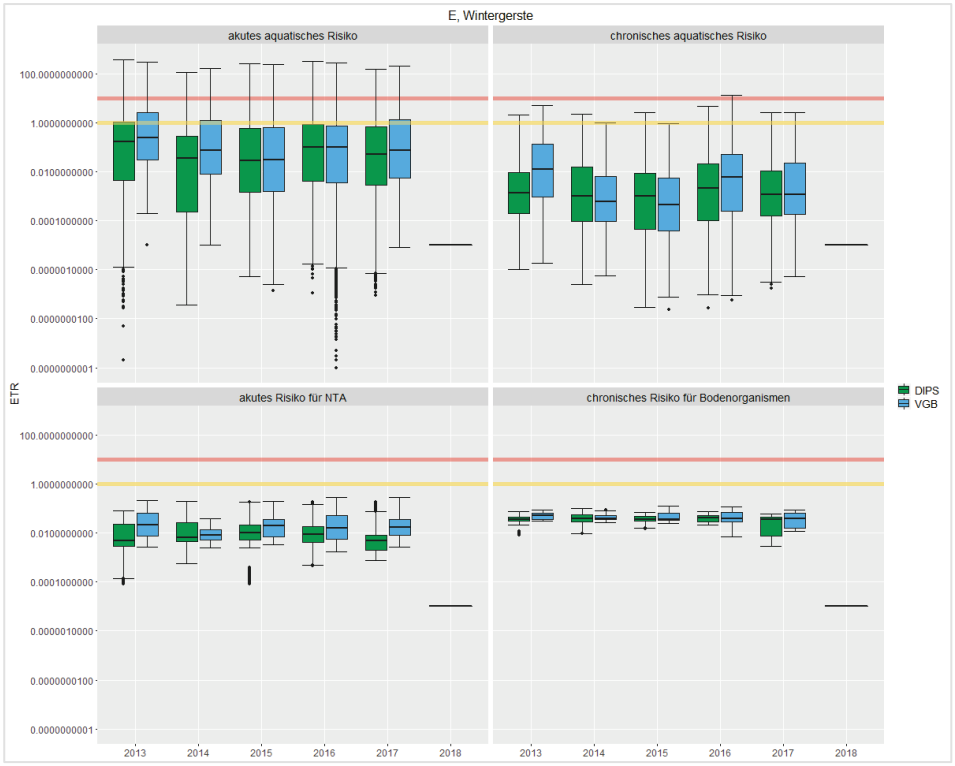
Anl. 14. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland D in Winterraps in den Jahren 2014-2018



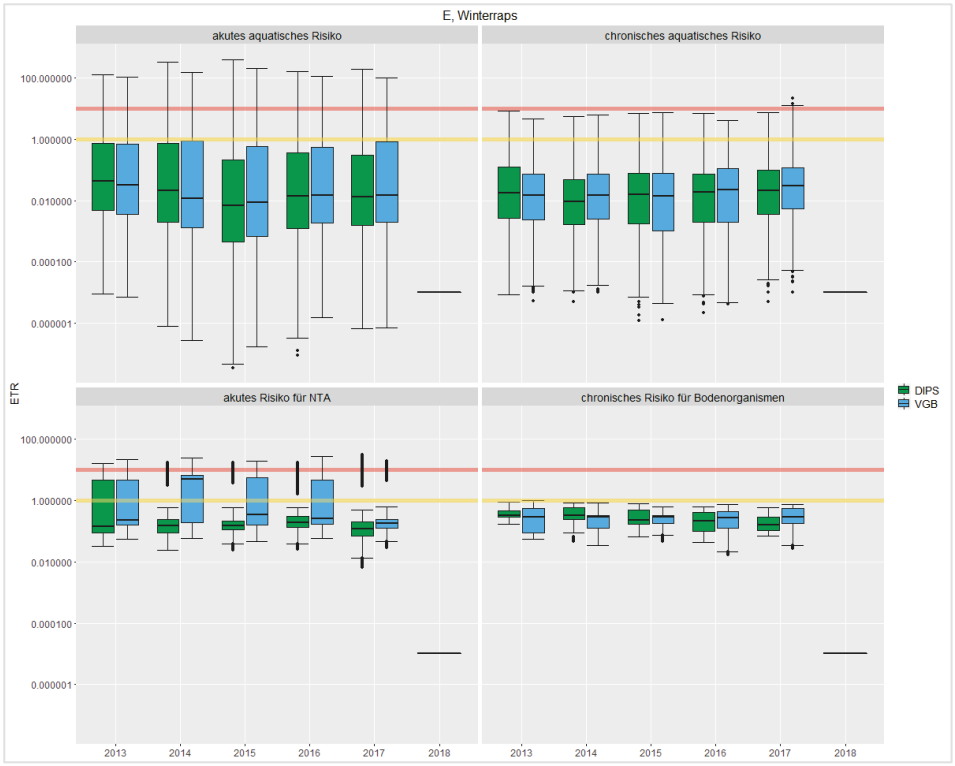
Anl. 15. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland E in Winterweizen in den Jahren 2013-2017



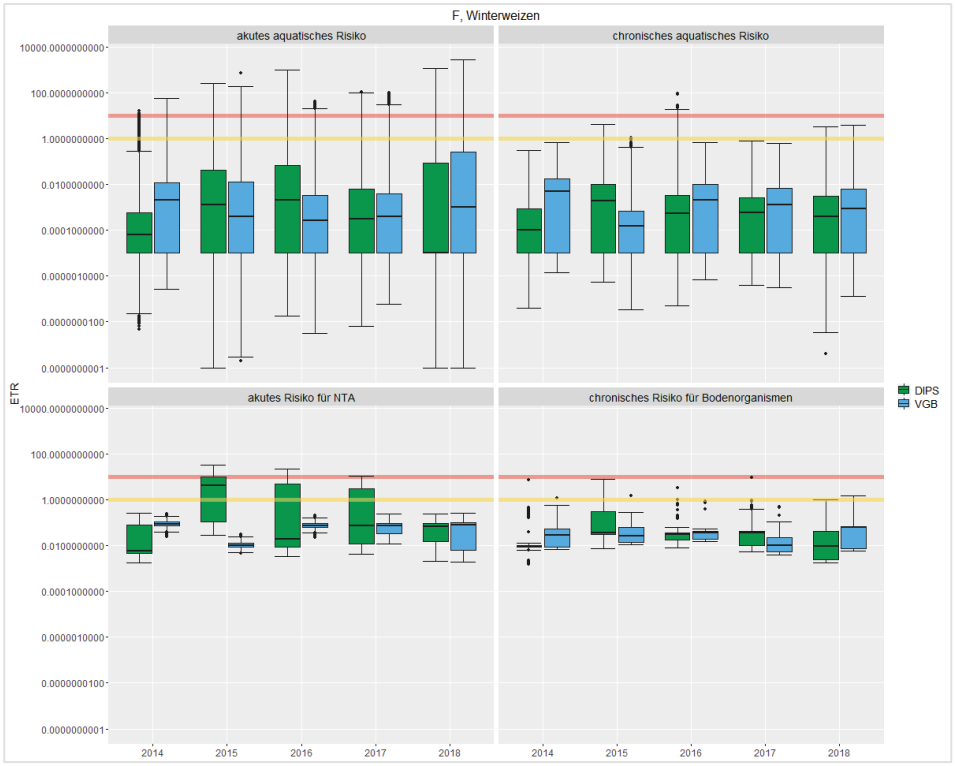
Anl. 16. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland E in Wintergerste in den Jahren 2013-2017



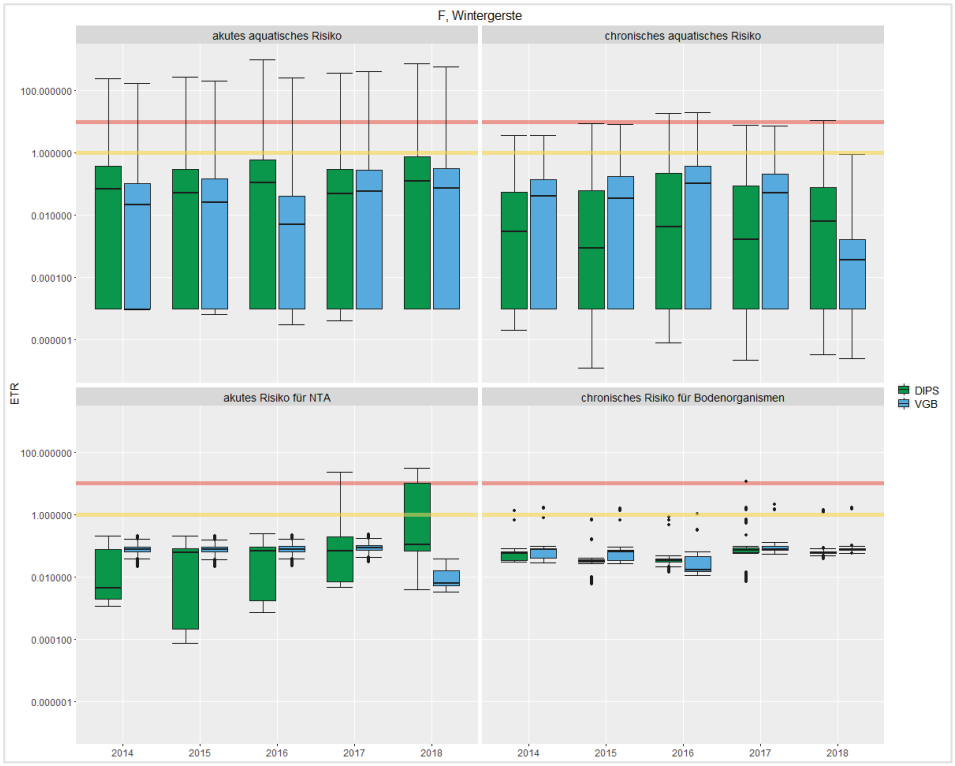
Anl. 17. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland E in Winterraps in den Jahren 2013-2017



Anl. 18. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland F in Winterweizen in den Jahren 2014-2018

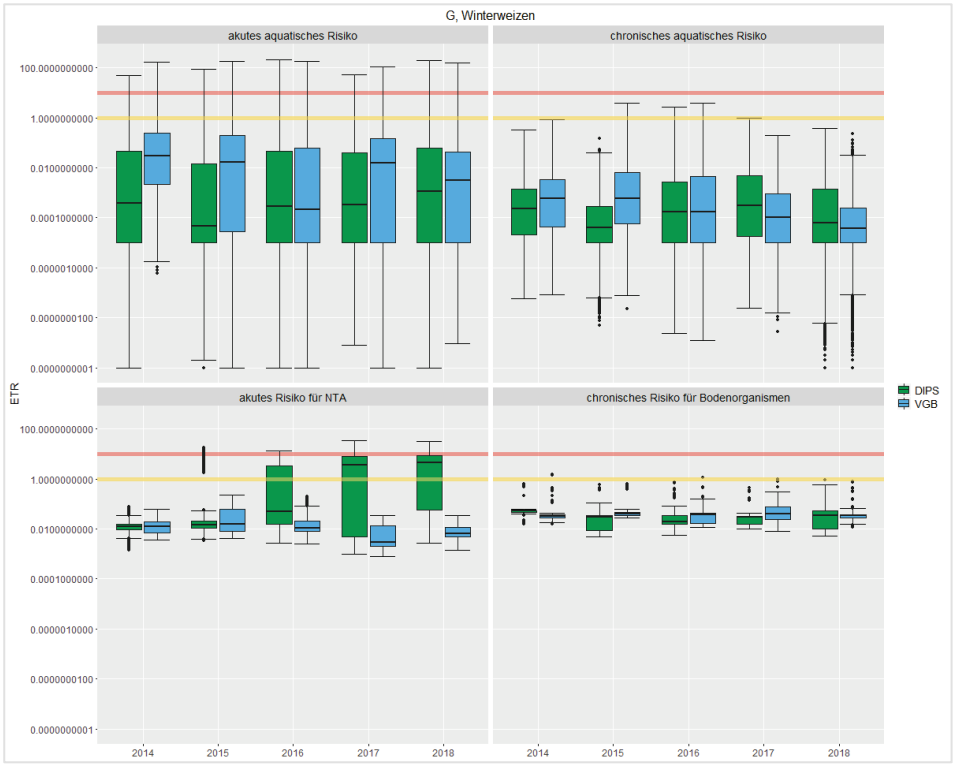


Anl. 19. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland F in Wintergerste in den Jahren 2014-2018

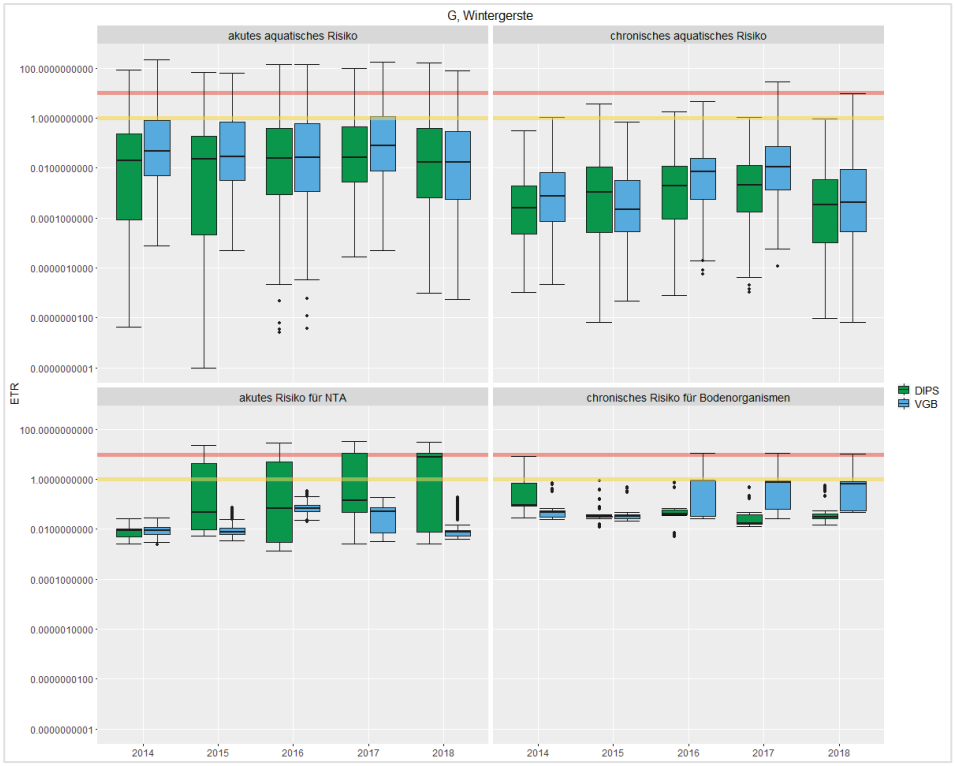


Anl. 20. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) Bundesland F in Winterraps aus in den Jahren 2014-2018

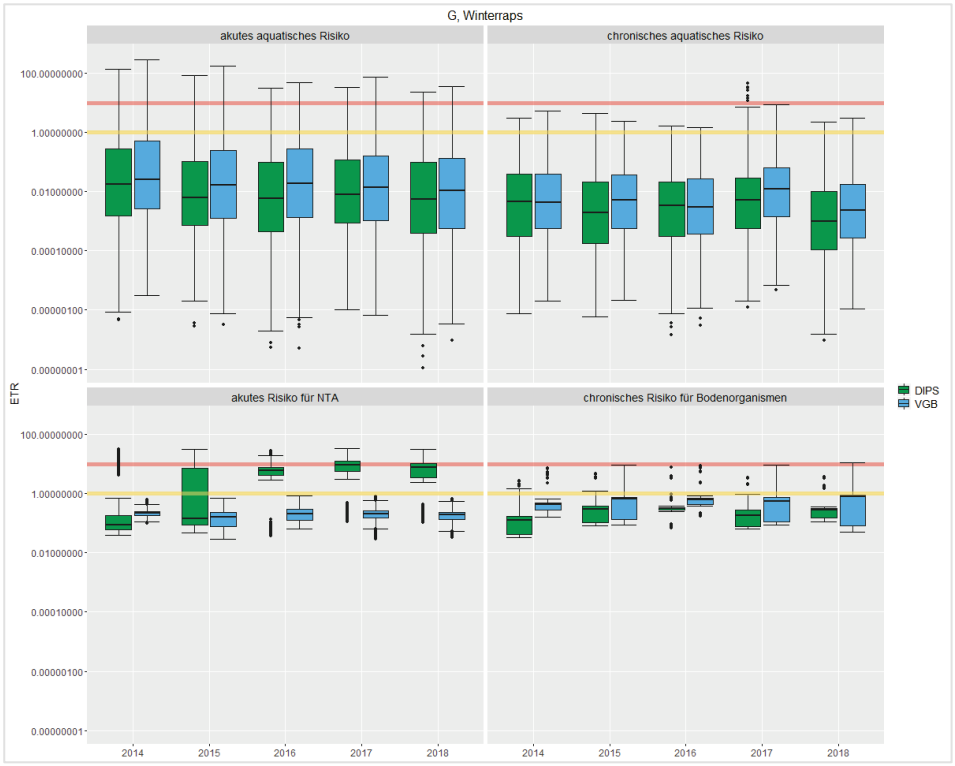
Anl. 21. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland G in Winterweizen in den Jahren 2014-2018



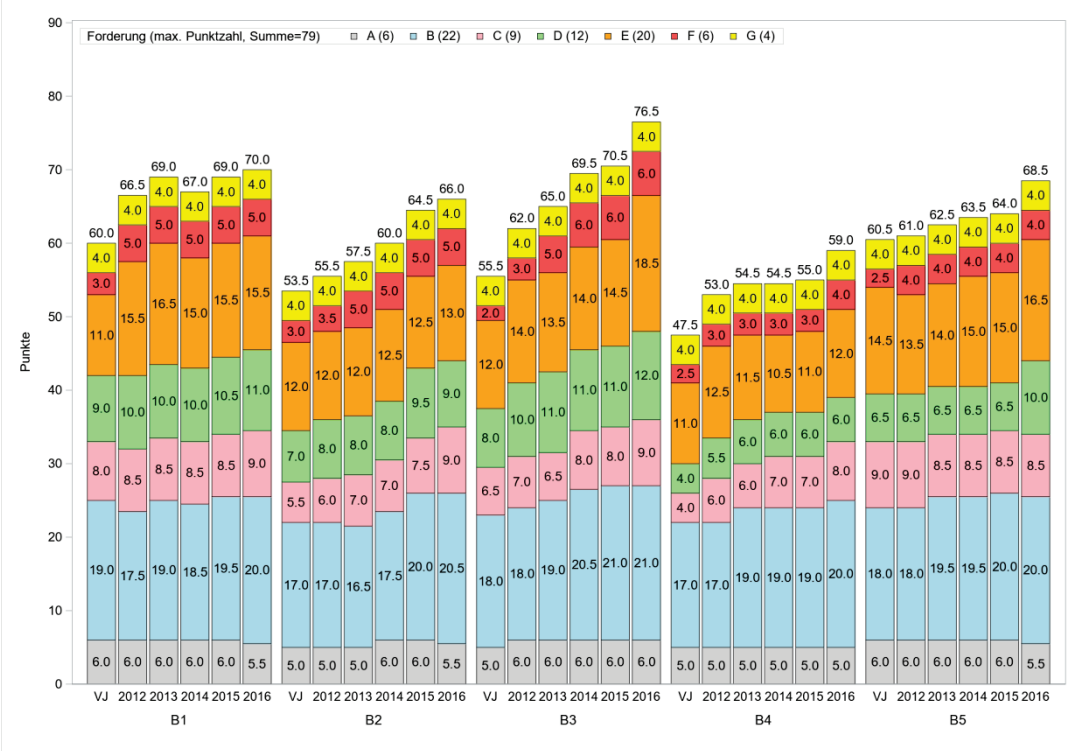
Anl. 22. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland G in Wintergerste in den Jahren 2014-2018



Anl. 23. Risikoindices (ETR) der Demonstrationsbetriebe (DIPS) und Vergleichsbetriebe (VGB) aus Bundesland G in Winterraps in den Jahren 2014-2018

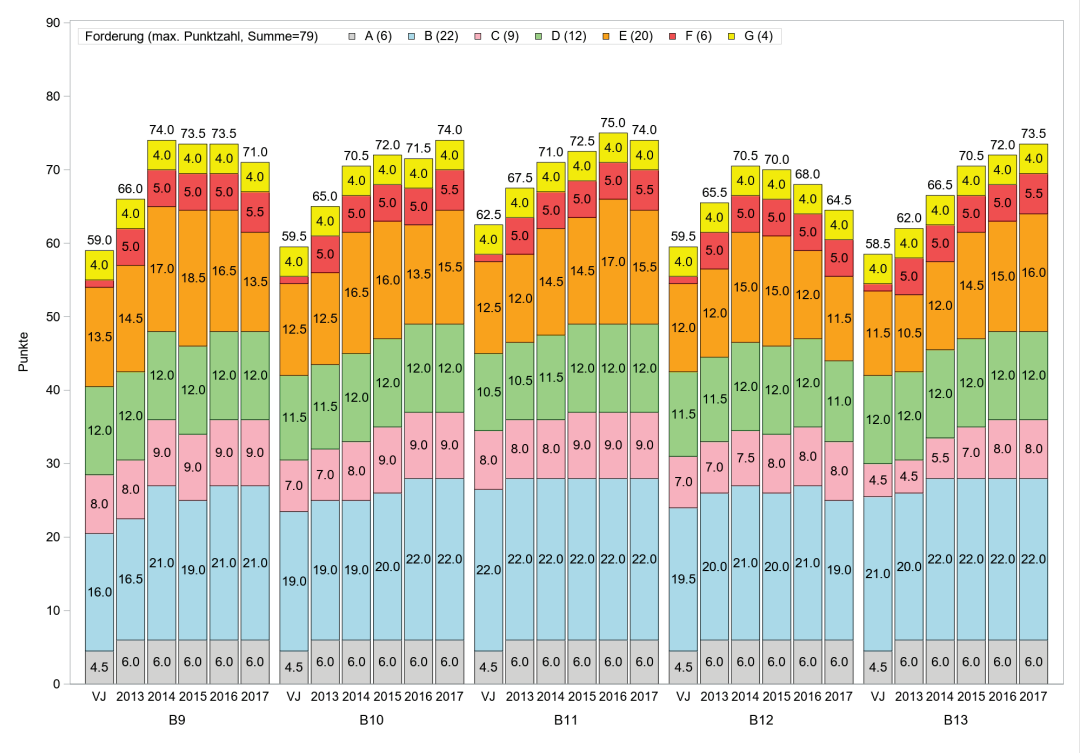


Anl. 24. Auswertung der Checklisten der DIPS B1-B5, Bundesland A, 2011-2018, VJ = Vorherjahr

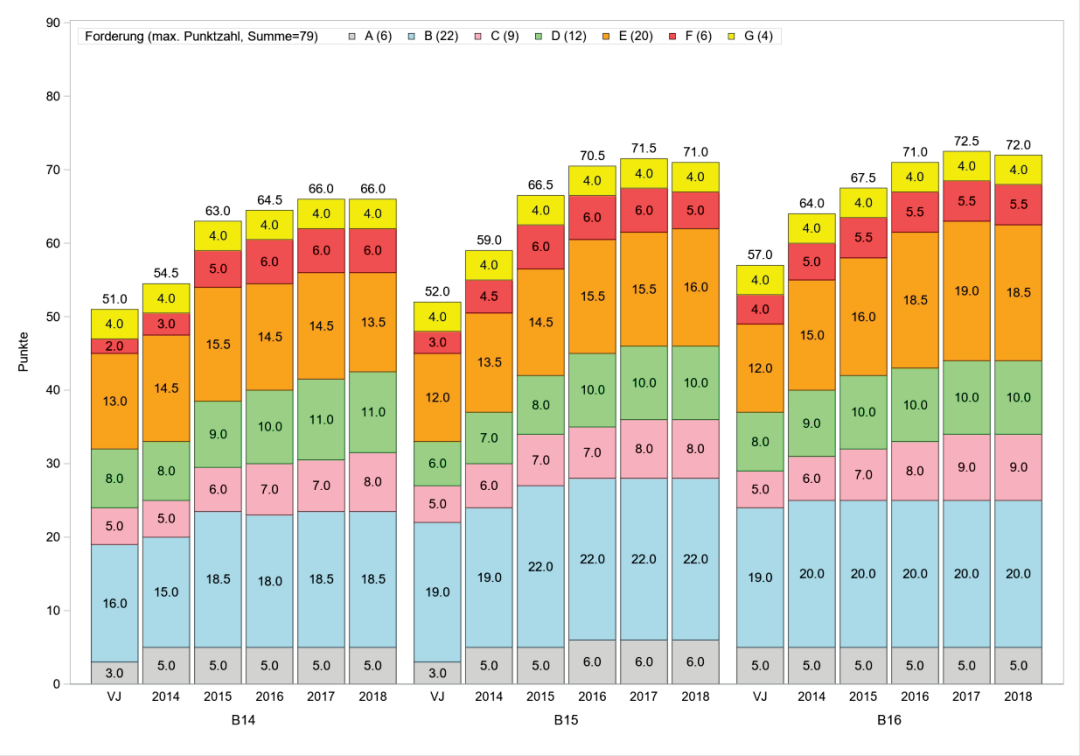


Anl. 25. Auswertung der Checklisten der DIPS B6-B8, Bundesland B, 2012-2017, VJ = Vorherjahr

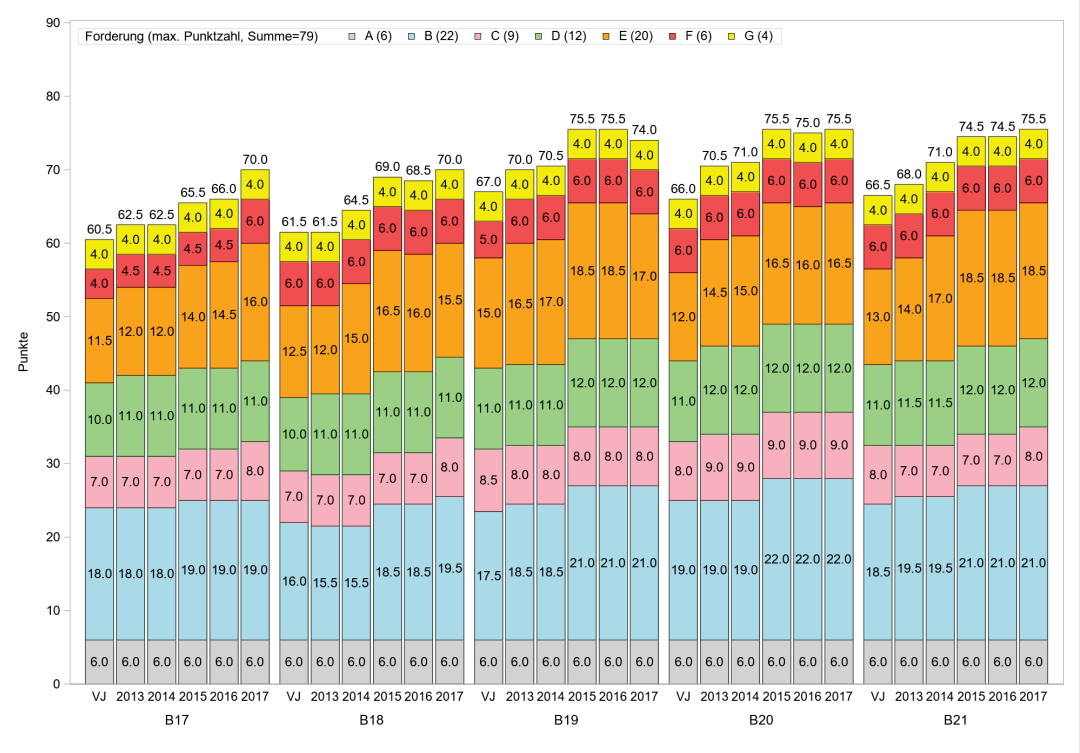
Anl. 26. Auswertung der Checklisten der DIPS B9-B13, Bundesland C, 2012-2017, VJ = Vorherjahr



Anl. 27. Auswertung der Checklisten der DIPS B14-B16, Bundesland D, 2013-2018, VJ = Vorherjahr

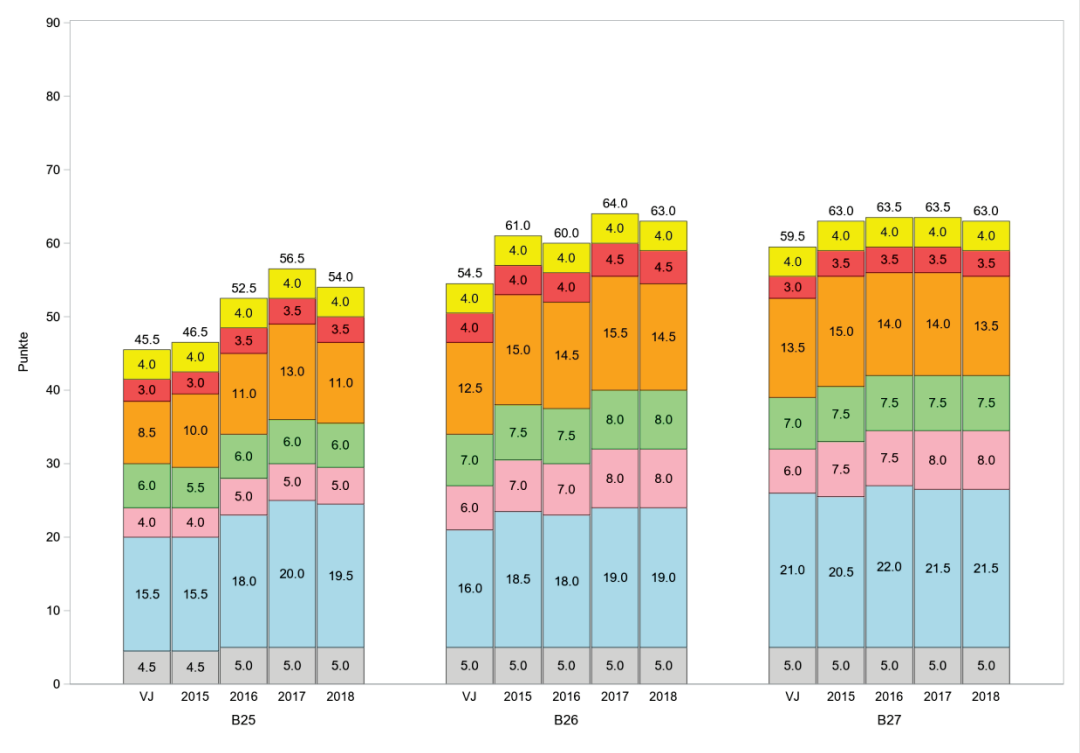


Anl. 28. Auswertung der Checklisten der DIPS B17-B21, Bundesland E, 2012-2017, VJ = Vorherjahr



Anl. 29. Auswertung der Checklisten der DIPS B22-B24, Bundesland F, 2013-2018, VJ = Vorherjahr

Anl. 30. Auswertung der Checklisten der DIPS B22-B24, Bundesland G, 2013-2018, VJ = Vorherjahr



13.2. Ökonomie

Anl. 31. Varianzanalyse mithilfe der SAS GLM Type 3 ANOVA-Prozedur zur Untersuchung der Effekte von Bodenbearbeitung, Betrieb, Bundesland, Jahr, Kultur und CEPI-Cluster auf die Pflanzenschutzkosten (PSK) (nach Kategorien) je Hektar und Anbauperiode

		Wachstumsregler		Insektizide		Fungizide		Herbizide	
Variable	FG	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F
Kultur	2	63,31	<.0001	97,39	<.0001	233,59	<.0001	131,99	<.0001
Bodenbear-beitung	1	15,14	0,0001	0,49	0,4854	4,56	0,0330	1,69	0,1937
Betrieb	20	10,48	<.0001	10,48	<.0001	11,66	<.0001	6,85	<.0001
Jahr	6	5,38	<.0001	2,11	0,0503	15,91	<.0001	3,13	0,0049
Bundesland *Jahr	21	4,55	<.0001	2,08	0,0031	3,53	<.0001	2,76	<.0001
Aussaat-KW* Kultur*Jahr	126	1,35	0,003	1,46	0,0016	2,79	<.0001	1,36	0,0086

Anl. 32. Statistischer Zusammenhang zwischen der Datenquelle (Demonstrationsflächen, Vergleichsbetriebsflächen) und den Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK) je Pflanzenschutzmittelkategorie

	I-Kosten			W-Kosten		F-Kosten		H-Kosten	
	FG	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F	F Wert	Pr > F
Quelle	2	36,52	<.0001	37,46	<.0001	111,38	<.0001	119,06	<.0001

Anl. 33. Minimum (Min), Mittelwert (MW) und Maximum (Max) für die Kosten der Beizung (€/ha), Saatstärke (kg/ha) und die Kosten für Saatgut (€/ha) für alle Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS) und Restflächen (Rest) (2012-2018) unterteilt nach Kulturen (Wintergerste und Winterweizen) (n=Anzahl Flächen)

Kultur	Quelle	n			Min	MW	Max
Wintergerste	DIPS	343	Kosten Beizung	€/ha	0	9,92	22,80
			Saatstärke	kg/ha	55,00	137,10	190,00
			Kosten Saatgut	€/ha	29,15	70,95	108,30
	Rest	58	Kosten Beizung	€/ha	7,80	12,83	21,71
			Saatstärke	kg/ha	103,09	139,21	195,00
			Kosten Saatgut	€/ha	49,65	74,21	104,81
Winterweizen	DIPS	397	Kosten Beizung	€/ha	0	10,49	46,88
			Saatstärke	kg/ha	103,09	146,44	190,00
			Kosten Saatgut	€/ha	42,76	74,85	112,20
	Rest	82	Kosten Beizung	€/ha	7,22	12,24	33,91
			Saatstärke	kg/ha	103,09	150,05	190,00
			Kosten Saatgut	€/ha	42,76	77,13	112,20

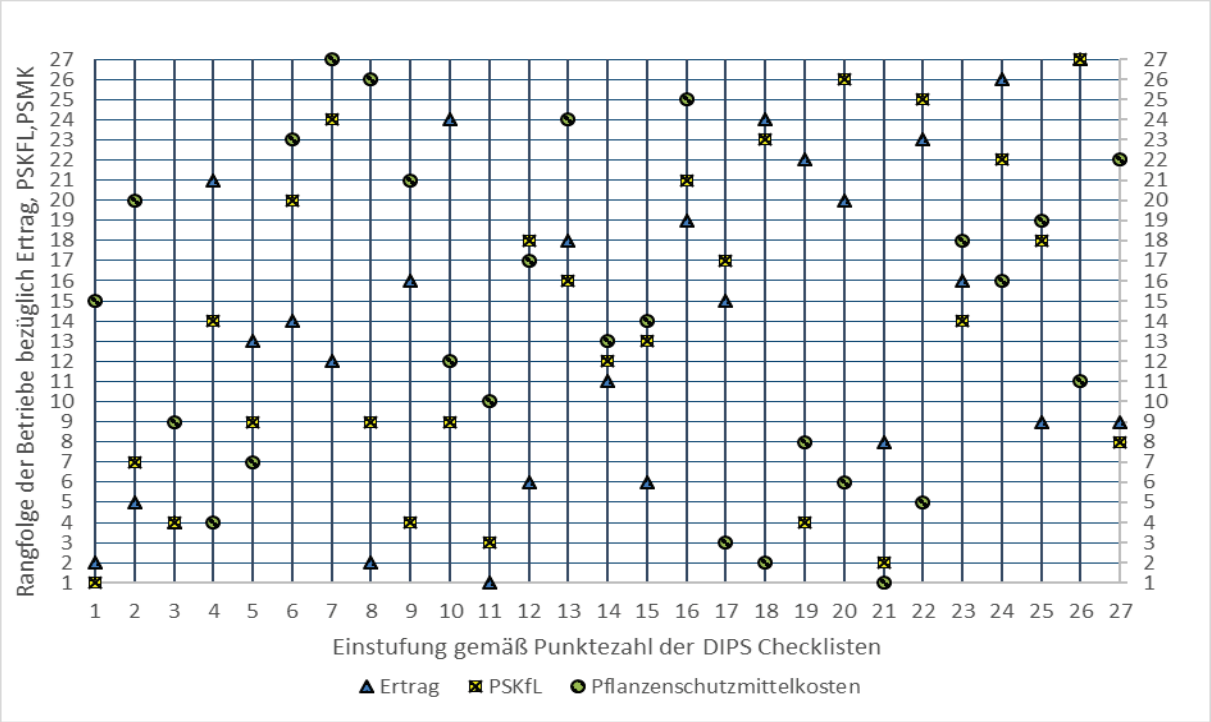
Anl. 34. Überfahrten Arbeitszeitbedarf (h/ha), Maschinenkosten (€/ha), Lohnkosten (€/ha) und Arbeitserledigungskosten (€/ha) je Hektar und Anbauperiode für die Demonstrationsflächen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz. Anzahl Flächen (n), Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (s)

			n	MW	s	Min	Max
Wintergerste	Überfahrten Gesamt	N/ha		3,9	1,1	1,0	8,0
	Arbeitszeitbedarf	h/ha		0,7	0,5	0,1	3,1
	Maschinenkosten		343	31,0	9,9	6,7	65,8
	Lohnkosten	€/ha		12,4	8,0	1,6	54,6
	Arbeitserledigungskosten			43,4	16,7	8,3	120,4
Winterraps	Überfahrten Gesamt	N/ha		5,4	1,6	1,9	11,7
	Arbeitszeitbedarf	h/ha		1,1	0,9	0,2	6,2
	Maschinenkosten		379	45,4	18,1	13,5	113,1
	Lohnkosten	€/ha		19,3	16,1	2,6	108,8
	Arbeitserledigungskosten			64,7	32,5	16,2	202,6
Winterweizen	Überfahrten Gesamt	N/ha		4,4	1,3	2,0	8,5
	Arbeitszeitbedarf	h/ha		0,9	0,7	0,2	3,6
	Maschinenkosten		397	36,2	13,7	12,2	100,0
	Lohnkosten	€/ha		15,4	11,8	2,6	72,1
	Arbeitserledigungskosten			51,6	24,2	14,8	157,3

Anl. 35. Varianzanalyse zur Bestimmung von Effekten der Gruppenvariablen Bundesland, Kultur, Jahr, Schlagkategorie und der Betriebsklasse auf den Bonituraufwand je Fläche

	FG	**Type III SS**	**Mean Square**	**F Wert**	**P > F**
Bundesland	6	1.585.111	264185	70.04	<.0001
Kultur	2	401.517	200758	53.22	<.0001
Jahr	6	197.970	32995	8.75	<.0001
Schlagkategorie	3	8282	2760	0.73	0.5331

Anl. 36. Einordnung der Demonstrationsbetriebe gemäß der DIPS-Checklisten in Abhängigkeit der Rangfolge der Demonstrationsbetriebe bezüglich der Variablen Ertrag, Pflanzenschutzkostenfreie Leistung (PSKFL) und der Pflanzenschutzmittelkosten (PSMK). Die Rangfolge der Variablen wurde aus dem Schnitt der Rangfolge der Variablen in den untersuchten Kulturen (Wintergerste, Winterraps und Winterweizen) berechnet. Beim Ertrag und der PSKFL steht „1" für den Betrieb mit dem höchsten Durchschnittswert und „27" für Betrieb mit dem niedrigsten Durchschnittswert. Bei den PSK steht „1" für den Betrieb mit den geringsten PSK und „27" für den Betrieb mit den höchsten PSK



Anl. 37. Anbauumfänge (AU), jährlich zu behandelnde Fläche(A)(ha/a) je Kultur (Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, sonst Getreide, Hackfrüchte, übrige Kulturen) (A) in Hektar Benötigte Feldarbeitszeit in Tagen (tFZ), Auslastungsschwelle (AS), sowie jährliche Auslastung (Nj) je Mechanisierungskategorie auf Basis der Demonstrationsbetrieben*

	AU	A (ha/a)	tFZ (d/a)	AU	A (ha/a)	tFZ (d/a)	AU	A (ha/a)	tFZ (d/a)
Betriebs-kategorie	**Winterweizen**			**Wintergerste**			**Winterraps**		
„<200 ha"	32 %	225	9,1	23 %	129	5,2	20 %	146	5,9
„200-1.000 ha"	35 %	548	12,5	16 %	223	5,1	14 %	288	6,6
„>1.000 ha"	36 %	3786	23,2	12 %	1224	7,5	21 %	2.913	17,9
	sonst. Getreide			**Hackfrüchte**			**übrige Kulturen**		
„<200 ha"	7 %	40	1,6	6 %	26	1,0	11 %	42	1,7
„200-1.000 ha"	6 %	83	1,9	19 %	238	5,4	8 %	67	1,5
„>1.000 ha"	6 %	496	3,0	16 %	1346	8,3	7 %	567	3,5

	Gesamte Ackerfläche				
	AU	**A (ha/a)**	**tFZ (d/a)**	**AS (ha)**	**NJ in % der As**
„<200 ha"	98 %	607	24,6	800	76 %
„200-1.000 ha"	98 %	1.448	33,0	2.400	60 %
„>1.000 ha"	98 %	10.332	63,4	8.000*	129 %

*Anzahl der Überfahrten je Kultur bei Winterweizen, Winterraps, Wintergerste auf Basis der DIPS-Daten, für die übrigen Kulturen auf Basis von KTBL Werten.

*Zwei Spritzen mit einer Kapazität von jeweils 5000 Litern

*Abschreibung auf 5 Jahre

„Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft“ erscheinen seit 1995 in zwangloser Folge

Seit 2008 werden sie unter neuem Namen weitergeführt:
„Berichte aus dem Julius Kühn-Institut“

Heft 196, 2018 SPISE 7, 7th European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe Athens, Greece, September 26-28, 2018. Bearbeitet von/ Compiled by: Paolo Balsari, Hans-Joachim Wehmann, 2018, 302 S.

Heft 197, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Vorkommen und Schadwirkung des *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV) in Winterweizen. Dr. Ute Kastirr, Dr. Angelika Ziegler, 2018, 34 S.

Heft 198, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Monitoring zum Vorkommen bodenbürtiger Viren in Weizen, Triticale und Roggen in den wichtigsten Getreideanbaugebieten Deutschlands. Dr. Ute Kastirr, Dr. Angelika Ziegler, Dr. Annette Niehl, 2018, 58 S.

Heft 199, 2018 NEPTUN-Gemüsebau 2017. Dietmar Roßberg, Martin Hommes, 2018, 42 S.

Heft 200, 2018 11th Young Scientists Meeting 2018, 14th – 16th November in Braunschweig, - Abstracts -, 86 S.

Heft 201, 2018 Schlussbericht zum Vorhaben Untersuchung von Interaktionen zwischen bodenbürtigen Zuckerrübenviren und deren Auswirkung auf die Rizomania. Dr. Ute Kastirr, Dr. Katja Richert-Pöggeler, 2018, 52 S.

Heft 202, 2018 Trial Report – Closed Transfer Systems (CTS). Matthias Kemmerling, Jens Karl Wegener, Dirk Rautmann, Jan-Philip Pohl, Eckhard Immenroth, Dieter von Hörsten, 2018, 52 S.

Heft 203, 2018 Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2018. Eckhard Koch, Annette Herz, Regina G. Kleespies, Annegret Schmitt, Dietrich Stephan, Johannes A. Jehle, 2018, 126 S.

Heft 204, 2019 2nd International Plant Spectroscopy Conference (IPSC) 2019. Hartwig Schulz, Catharina Blank, Christoph Böttcher, Benjamin Fürstenau, Andrea Krähmer, Torsten Meiners, David Riewe (Eds.), 137 S.

Heft 205, 2019 Auswertung der Anzahl Resistenzklassen von Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittelanwendungen - Evaluation of the number of resistance classes of active ingredients for crop protection applications. Frank Jeske, 45 S.

Heft 206, 2019 12th Young Scientists Meeting 2019, 6th – 8th November in Kleinmachnow - Abstracts -, 2019, 56 S.

Heft 207, 2019 Witterung und Ertrag, 2019, 50 S.

Heft 208, 2020 Report on the legal framework governing the use of nutrient rich side streams (NRSS) as biobased fertilisers (BBFs) EU legislation, 2020, 52 S.

Heft 209, 2020 „Indikatoren zur Früherkennung von Nitratfrachten im Ackerbau“ – Studie „Messprogramme der Bundesländer und angrenzender EU-Staaten (NL, DK) zum Abgleich des Frühindikatorensystems“. Burkhard Stever-Schoo, Anne Ostermann, Oliver Stock, Martin Kücke, Jörg-Michael Greef, 166 S.

Heft 210, 2021 Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2017 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2017. Silke Dachbrodt-Saaydeh, Jörg Sellmann, Jörn Strassemeyer, Jürgen Schwarz, Bettina Klocke, Sandra Krengel, Hella Kehlenbeck, 140 S.

Heft 211, 2021 Produktqualität und Konsumentenverhalten im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit und Krisen, 54. Jahrestagung DGQ, 23. März 2021, Georg-August-Universität Göttingen, (online-Veranstaltung) - Abstracts -, 42 S.

Heft 212, 2021 Schlussbericht zum Vorhaben: Aufbau, Selektion und Prüfung von Zuchtstämmen der Zitronenmelisse (Melissa officinalis) mit verbesserter Winterhärte, höherer Ertragsleistung und höherem Gehalt an ätherischem Öl (Phase II). Frank Marthe; Ute Kästner, 86 S.

Heft 213, 2021 13th Young Scientists Meeting Conference 2021, 11th – 13th October in Quedlinburg - Abstracts -, 50 S.

Heft 214, 2021 Schlussbericht zum Vorhaben ModEPSKlim – Modellgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel, Dr. Ute Koch, Dr. Regina G. Kleespies, 30 S.

Heft 215, 2021 Bericht zu möglichen Synergien der Nutzung neuer molekularbiologischer Techniken für eine nachhaltige Landwirtschaft, Dr. Ralf Wilhelm, 127 S.

Heft 216, 2021 BMEL-Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ Teilprojekt „Koordination“. Förderkennzeichen: 2810MD001, Abschlussbericht – DIPS Projektkoordination für den Berichtszeitraum 10/2011 - 12/2019. 322 S.

Heft 217, 2021 BMEL-Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ Teilprojekt „Koordination“. Förderkennzeichen: 2810MD001, Abschlussbericht – DIPS Projektkoordination für den Berichtszeitraum 10/2011 - 12/2019. 322 S.

JKI
Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen